

## **REVISION AND VALIDATION OF FILTERING TECHNIQUES FOR CASING WEAR PROFILES IN OIL WELLS**

**Antonio Paulo Amancio Ferro**

**Diego de Vasconcelos Gonçalves Ferreira**

**Lucas Pereira de Gouveia**

**Aline da Silva Ramos Barboza**

*antonio.ferro@lccv.ufal.br*

*diegovasconcelos@lccv.ufal.br*

*lucasgouveia@lccv.ufal.br*

*aline@lccv.ufal.br*

*Laboratório de Computação Científica e Visualização, Universidade Federal de Alagoas  
Campus A. C. Simões, Tabuleiro dos Martins, 57072-900, Maceió, Alagoas, Brasil*

**Joseir Gandra Percy**

*joseir@petrobras.com.br*

*Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras*

*Av. Horácio Macedo, 950 – Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-915, Rio de Janeiro – RJ, Brasil*

**Abstract.** Aimed to achieve a better petroleum well planning, engineers have to correlate several data about drilling parameters, geological formations and reservoir properties, as well as many other details collected from drilled wells databases. This information helps to generate well's trajectory and improve casing design. In the actual scenario of reaching deeper reservoirs and running complex well paths, a common problem is casing wear. This phenomenon mainly results in material removal from casing inner wall during well drilling process. Since this problem impacts well's integrity and safety, the improvement of casing design to consider accurate material loss is crucial. A regular procedure for casing wear inspection is to use a logging device, like the ultrasonic logging tool, to collect several discrete measures of inner radius and thickness variations. This data is used to determinate wear rate along well depth. Therefore, wear profiles obtained from drilled wells, could be used to express important information about wear intensity to future projects on planning phase. A problem that usually appears in attempt to analyze this profiles, is the spurious spikes constant presence that corresponds to unrealistic wear values, which are known as noise. The source of this meaningless data is mostly attached to the presence of numerous connections between pipes, due to the great casing string extension, and it is called casing collars. This study aims to use ultrasonic logging data to determine more representatives wear profiles ignoring positions of unrealistic wear measurements. A revision and validation of filtering methods is used to accomplish the wear profile improvement study. A Fast-Fourier Transform low-pass filtering is implemented. The filter's input is a raw profile with wear rate estimated for several measure depth and with intrinsic noise that could be misinterpreted as casing wear. It is discussed the effectiveness of the filtered profile when correlated to casing collars positions input obtained from logging. Therefore, a study is performed using a regular industry's procedure to demonstrate the potential of the methodology to improve a casing wear representation.

**Keywords:** Casing Wear, Filters, Logging, Fast-Fourier, Oil Wells

## 1 Introdução

O revestimento do poço de petróleo, constitui uma estrutura formada por tubulares de alta resistência que permite a drenagem do óleo dos reservatórios para a superfície. Para dimensionar o revestimento informações de poços executados, como danos à estrutura, são utilizadas para projetar de forma econômica utilizando dimensões otimizadas para os poços futuros. A preocupação acerca da integridade dos tubulares, surge das solicitações adversas durante a vida produtiva do poço bem como durante a própria operação de perfuração que pode comprometer a estrutura e levar ao colapso do poço.

O fenômeno de desgaste do revestimento consiste na perda de material durante o processo de perfuração e é descrito por Hall [1] como sendo aproximadamente proporcional ao ganho de ângulo na trajetória, conhecido como *dogleg*. Trajetórias complexas frequentemente induzem a maiores riscos de contato da coluna de perfuração com a parede do revestimento, o que ocasiona a remoção de material. Investigações acerca do desgaste desenvolvido em um poço executado são realizadas utilizando equipamentos como a ferramenta de perfilagem ultrassônica. A indústria utiliza instrumentos de perfilagem em etapas posteriores ao término da perfuração, com o desgaste já sofrido, para obter informações acerca das condições do revestimento. O equipamento ultrassônico afere a geometria do revestimento em uma seção qualquer obtendo dados de raio interno e espessura do tubular. A variação dimensional analisada em cada seção é utilizada para quantificar o desgaste sofrido e identificar regiões críticas em toda profundidade investigada do poço executado. O processo de determinação do desgaste é feito utilizando métodos computacionais para gerar geometria teórica afim de melhor aproximar as medidas tomadas pelo instrumento, assim como é explorado em Chandrasekhar et al [2]. Essa geometria teórica representa a geometria antes do desgaste.

Neste trabalho, é utilizada a metodologia de quantificação de desgaste explorada em Chandrasekhar et al. [2] para aplicar filtros e analisar o perfil do desgaste ao longo do poço. O maior desgaste determinado em cada seção medida é usado para gerar o perfil. O perfil gerado, portanto, é o resultado dos maiores desgastes em cada seção obtida a partir de ferramenta numérica de quantificação. A sensibilidade da ferramenta ultrassônica demanda cuidado na análise dos resultados, uma vez que, o perfil apresenta picos sinalizando a presença de valores não representativos do desgaste real do poço. Esse ruído presente no perfil pode decorrer principalmente de medidas tomadas em região de conexão entre tubulares, os chamados colares de revestimento, ou mesmo devido a problemas como centralização do equipamento.

Para tratar o chamado perfil bruto, o perfil formado pelos desgastes máximos em cada seção medida ao longo do poço contendo ruídos, implementa-se filtros para suavizar o perfil além de aplicar metodologia de identificação de pontos da perfilagem atribuídos às conexões. As estratégias empregadas pretendem contribuir para a geração de uma informação mais fiel da situação real do revestimento de um poço executado.

## 2 Caracterização dos dados de perfilagem

As medidas geométricas do tubular são obtidas pela perfilagem ultrassônica de forma indireta a partir da medição do tempo de trânsito das ondas refletidas nas faces internas e levando em conta os efeitos de ressonância na parede do revestimento. O transdutor acoplado na ferramenta de perfilagem permite a emissão das ondas e pares de centralizadores são responsáveis por manter o instrumento devidamente centralizado dentro do poço. Como detalhado por Seitinger [3] este equipamento possui incertezas na medição que decorrem de problemas de excentricidade que são evidenciados em regiões de *dogleg* acentuado e em caso que a ferramenta passe pela região das conexões. É procedimento corriqueiro da indústria utilizar equipamento para correlação de profundidade com objetivo de fornecer dados para identificação das conexões dos tubulares. O equipamento utilizado na técnica de CCL (*Casing Collar Locator*) é comumente utilizado para este fim.

### 2.1 Perfil CCL e lógica de identificação de conexões

A técnica do CCL consiste em usar equipamento composto de imãs e uma bobina agrupados de

forma a sinalizar com uma voltagem de baixa frequência, a variação de campo magnético devido ao aumento de massa na região de uma junta como detalhado em Chierici [4].

O instrumento ultrassônico ao passar em uma região de conexão de tubulares tem dificuldade em registrar dados que sejam coerentes com as dimensões efetivas de uma seção de revestimento, fato este que pode induzir a geração futura de valores não realísticos de desgaste. Dessa forma, a utilização de dados de CCL em conjunto com os dados obtido do instrumento ultrassônico é importante para verificar pontos que não representam desgaste.

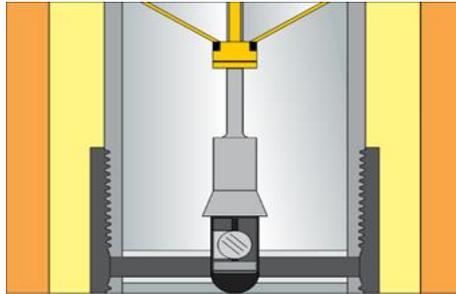


Figura 1. Instrumento de perfilagem em região de junta de revestimento. Fonte: Autor (2019).

A metodologia utilizada para localização dos pontos de conexões dos tubulares pode integrar a ferramenta numérica de quantificação de desgaste como parte da rotina computacional de forma que quando os dados de CCL estão disponíveis, é possível fazer a leitura completa e descarte dos pontos obtidos de perfilagem ultrassônica correlatos. Tendo em vista a análise de um poço completo, onde milhares de seções tem desgaste quantificado, pode-se reduzir o tempo computacional evitando a quantificação em pontos estratégicos como mencionado por Chandrasekhar et al [2]. A metodologia consiste em usar valor limite para os picos registrados pelo instrumento no perfil CCL. Esse valor é determinado em análise das informações geradas do equipamento. A metodologia de identificação consiste nas considerações a seguir:

**Observação 1: Valores que ultrapassam limite.** Sendo o valor absoluto lido do perfil do CCL dado por  $\text{abs}(\text{CCL}_i)$ , qualquer valor tal que  $\text{abs}(\text{CCL}_i) > \text{CCL\_CUTOFF}$ , onde  $\text{CCL\_CUTOFF}$  é o limite utilizado de acordo com o equipamento, não deve ter quantificação de desgaste nesta seção.

**Observação 2: Valores enclausurados entre limites.** Em muitos casos, os valores lidos do CCL apresentam oscilações de tal forma que pontos com valores menores que o  $\text{CCL\_CUTOFF}$  possuem pontos adjacentes maiores que o  $\text{CCL\_CUTOFF}$ . Esse ponto enclausurado deve ser desconsiderado pois ainda é atrelado a região da conexão.

### 3 Filtro passa-baixa com a transformada de Fourier

Os dados de raio interno obtidos do instrumento possuem maior relação ruído-sinal do que os dados de espessura. Por isso, os dados de espessura são preferencialmente utilizados quando disponível. É implementado a transformada rápida de Fourier como filtro passa-baixa para processamento em conjunto com a metodologia de identificação de juntas, pois esta trata do processamento e filtragem de ruído aleatório enquanto a identificação das juntas o ruído não aleatório.

O algoritmo da transformada rápida de Fourier foi desenvolvido para resolver de forma eficiente o problema da transformada discreta de Fourier (DFT), utilizada para transformação de domínio de tempo em domínio de frequência transformando o sinal em uma composição de ondas senoidais. O algoritmo para transformada rápida de Fourier é descrito em Cooley e Tuckey [5]. O filtro passa-baixa funciona utilizando frequência limite de corte para remover frequências acima desse valor. Os ruídos aleatórios são caracterizados por frequências altas presentes nos dados, a utilização apropriada de valor de corte é responsável por remover em grande quantidade estes ruídos.

## 4 Resultados e discussão

Os dados utilizados neste trabalho são obtidos da perfilagem em poço offshore. Os dados de desgaste são medidos a partir dos dados de raio interno, que possui maior ruído em relação aos dados de espessura. Na figura 2 são apresentados o perfil CCL e o perfil bruto. É possível identificar os picos em (a) que justamente são relacionados a passagem do equipamento CCL por conexões. Em (b) o perfil bruto apresenta picos. Picos podem ser devidos a desgaste acentuado, problemas na captação de dados ou mesmo de conexões. Nota-se, entretanto, que valores anômalos com ordem de grandeza elevada podem surgir e não podem ser considerados como desgaste. Em (b) tem-se picos acima de 30% de desgaste, o que não é crível. A remoção desses pontos é necessária para melhorar os resultados para aplicação posterior do filtro.

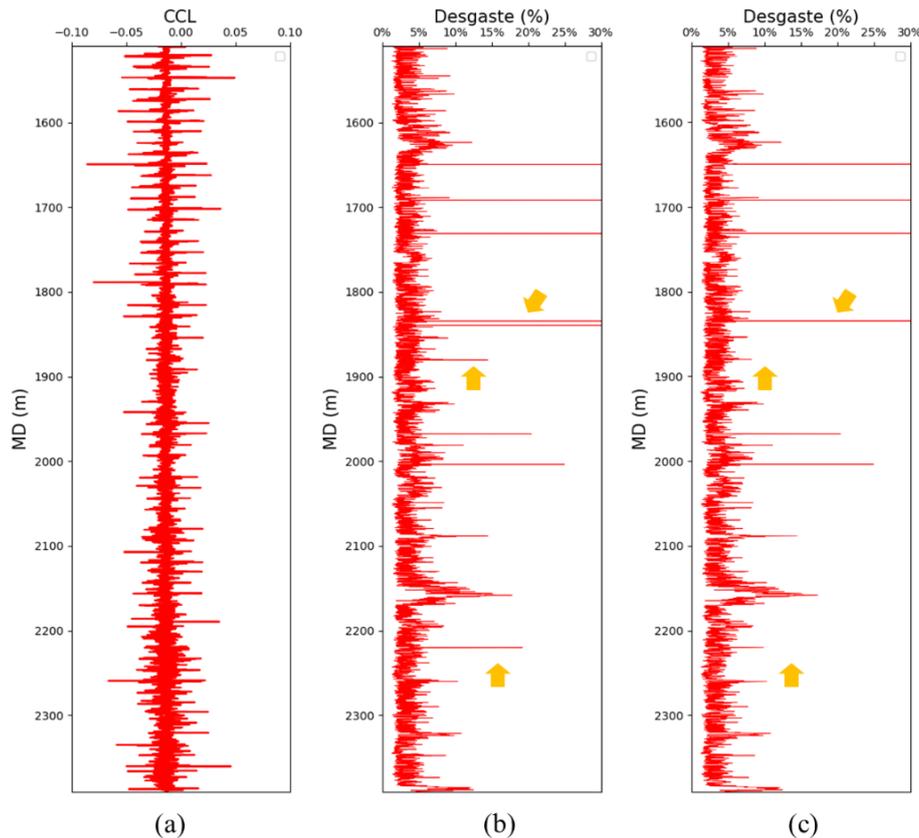


Figura 2. Perfil CCL (a) perfil bruto (b) e perfil bruto com conexões removidas (c). Fonte: Autor (2019).

Para tratar de forma apropriada os dados, deve-se remover os ruídos não aleatórios, como as conexões, para em seguida aplicar os filtros. Dessa forma, na figura 2 é apresentada comparação entre os perfis (b) e (c) em relação à remoção dos pontos de conexões. Percebe-se que alguns pontos são removidos (indicado pelas setas), porém picos com valores anômalos podem permanecer. Esses pontos fazem sentido ao considerar a possibilidade da ocorrência de problemas na aquisição de dados e, nesse caso, podem requerer a utilização conjunta de um filtro de truncamento para possibilitar a eliminação desses pontos.

Na figura 03, é apresentado o uso do filtro passa-baixa desenvolvido para tratamento dos ruídos aleatórios. Entre os perfis filtrados da figura 03, é possível perceber que o filtro passa-baixa com frequências menores perdem fidelidade em relação ao perfil bruto como é possível perceber em (a). Em (b) o filtro com frequência de corte de 450 apresenta resultado mais satisfatório justamente por remover em frequências maiores atingindo os ruídos. Nota-se, porém, que para valores muito altos de frequência de corte (c) o filtro torna-se pouco eficiente para a atenuação dos ruídos. Em geral, valores de frequência de corte entre 250 e 500 apresentam resultados satisfatórios.

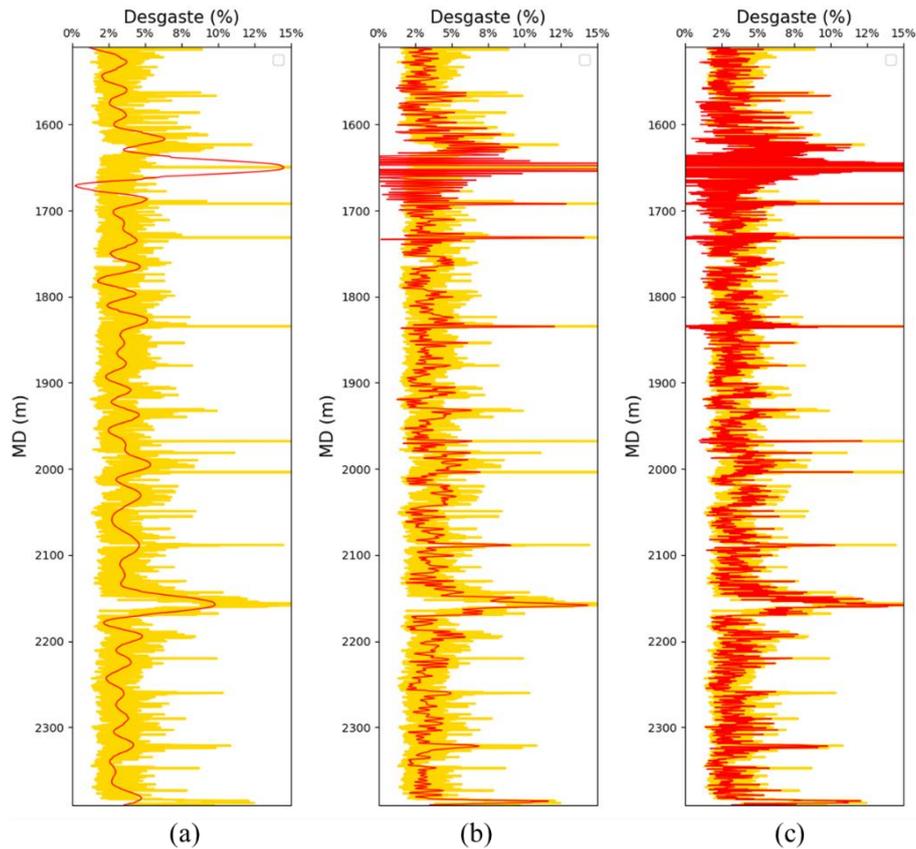


Figura 3. Perfil filtrado em vermelho e o perfil bruto em amarelo comparados para diferentes frequências de corte. Em (a) frequência de 50 em (b) de 450 e em (c) de 1500. Fonte: Autor (2019).

## 5 Conclusão

Neste trabalho verifica-se a importância de estudos para melhorar a identificação da taxa de desgaste em revestimentos de poços de petróleo. Os dados de perfilagem utilizados pela indústria para a quantificar essa taxa podem gerar valores de desgaste não representativos durante análises por métodos numéricos, o que requer o processamento posterior utilizando filtros. Os filtros utilizados se mostram efetivos pois removeram pontos que não representavam desgaste de revestimento, utilizando a lógica das conexões e atenuou-se os ruídos aleatórios utilizando a transformada de Fourier.

## Agradecimentos

Agradecimentos à PETROBRÁS pelo suporte financeiro e contribuição técnica.

## Referências

- [1] Hall, R.W. et al, February 1994, Recent Advances in Casing Wear Technology, Presented at IADC/SPE Drilling Conference, Dallas, Texas, USA. SPE-27532-MS.
- [2] Chandrasekhar et al. 2019. Casing Wear Estimation Without a Baseline Log – A Distorted Ellipse Methodology. Offshore Technology Conference held in Houston, Texas, USA. OTC-29390-MS.
- [3] Seitinger, P. M., 2010. Casing Wear Analysis : An analysis of the parameters causing casing wear in Troll field and possible solutions. Mining University of Leoben. Austria.
- [4] Chierici. G. L., 1994. Principles of petroleum reservoir engineering, Vol. 1, Springer, New York .
- [5] Cooley, J. W.; Tuckey, J. W. 1965. An Algorithm for machine calculation of complex fourier series.