

# 1 Introdução

## 1.1. Relevância e motivação do estudo

As baixas taxas de penetração e eficiência no processo de perfuração são importantes desafios da indústria petrolífera. Para superá-los é fundamental o entendimento da interação rocha-broca, abordando a complicada natureza desta interação nas condições específicas do fundo de um poço de exploração petrolífera.

Para analisar o processo de perfuração de rocha desde o ponto de vista da energia, Simon (1963) e Teale (1965) usaram o conceito de Energia Específica Mecânica ( $\epsilon$ ). A energia mecânica específica representa a quantidade de energia mecânica requerida para cortar um determinado volume de rocha. Nos experimentos realizados por estes pesquisadores foi observado que, em condições atmosféricas, a energia específica mecânica tem um valor muito próximo à resistência à compressão não confinada (UCS) da rocha. Pressier & Fear (1992) se perguntaram se a mesma comparação poderia ser feita, relacionando a resistência à compressão confinada (CCS) com a energia específica mecânica necessária em condições de pressão aplicada durante o corte. Não obstante, nos experimentos realizados os pesquisadores observaram que a energia específica mecânica medida durante a perfuração sob pressão era muito maior que a CCS da rocha sob a mesma pressão de confinamento. O panorama anterior sugere que o mecanismo de interação rocha-cortador sob condições de pressão tem um significativo efeito na taxa de penetração e na eficiência do processo de corte.

A simulação numérica é um adequado instrumento para a análise de condições particulares do corte de rocha na perfuração de um poço, evitando custosos investimentos de investigações experimentais de grande escala. Ao contrário do enfoque experimental, as simulações numéricas permitem estudar o efeito isolado da variação de um único aspecto do processo de corte, permitindo observar a influência deste parâmetro sobre os resultados, tais como forças, deslocamentos, etc.

Esta dissertação visa o desenvolvimento de um modelo numérico do processo de corte em rocha realizado pelos cortadores de uma broca tipo PDC (*Polycrystalline Diamond Compact*). Foi usado o programa de elementos finitos ABAQUS, no qual foram desenvolvidos modelos de corte de rocha e foram feitas diferentes análises de parâmetros que influenciam a energia específica gasta durante os processos de perfuração.

## **1.2. Objetivo e metodologia**

Através de simulações numéricas com o uso do método de elementos finitos, esta dissertação tem como objetivo avaliar o impacto dos parâmetros (profundidade e pressão confinante) que influenciam a quantidade de energia específica gasta durante o corte de rocha na perfuração de um poço para extração de petróleo.

Para atingir o objetivo acima proposto, foi realizada inicialmente uma revisão bibliográfica básica sobre os principais temas relacionados com o assunto. Foi revisado o estado da arte das diferentes abordagens do estudo do processo de corte em rocha: experimental, analítica e numérica. Também foi necessário descrever o modelo constitutivo do material e o modelo de dano isotrópico para validar o comportamento da rocha modelada e da interação rocha-cortador.

Em seguida foi realizada a elaboração de modelos numéricos através do uso do software de elementos finitos ABAQUS versão 6.10 e finalmente os resultados obtidos foram analisados comparando-se as variações feitas nos modelos e determinando sua semelhança com as observações experimentais e numéricas reportadas na revisão bibliográfica.

## **1.3. Organização da dissertação**

Com a finalidade de apresentar este trabalho, ele foi dividido em sete capítulos sinteticamente descritos a seguir.

O Capítulo 1 apresenta a importância e a motivação para o estudo do tema proposto, os objetivos e a metodologia a ser seguida para a realização destes objetivos. Este capítulo também contém o escopo geral da Dissertação.

O Capítulo 2 constitui-se de uma revisão bibliográfica básica onde são apresentadas as abordagens experimentais, analíticas e numéricas da análise

do processo de corte de rocha com um cortador único, com seus respectivos resultados.

No Capítulo 3 são revisados os principais fundamentos que devem ser levados em conta para a modelagem através do uso do método dos elementos finitos.

O Capítulo 4 apresenta uma descrição detalhada do modelo constitutivo de Drucker-Prager usado para modelar o comportamento da rocha submetida ao processo de corte. Para validar o comportamento da rocha modelada com o comportamento da rocha real foi simulado um ensaio triaxial com um modelo tridimensional.

No Capítulo 5 o modelo de dano é descrito detalhadamente através da apresentação de uma revisão teórica do significado físico dos mecanismos de dano. Também é descrita uma metodologia para obter os parâmetros que definem o mecanismo de dano em rochas e são apresentados os resultados da implementação deste mecanismo no comportamento da rocha modelada.

Nos capítulos 6 e 7 são apresentados modelos bidimensionais e tridimensionais, respectivamente, do processo de corte de rocha. Diversas comparações entre os modelos numéricos foram desenvolvidas e comparadas com resultados experimentais reportados na literatura. As variações estudadas envolvem: refinamento das malhas de elementos, e cortes em diferentes profundidades e pressões de confinamentos.

E, por último, as contribuições geradas com desenvolvimento desta dissertação e sugestões de trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 8.