

1 Introdução

1.1

Telemetria sem fio de fundo de poço

O propósito de um sistema de telemetria é coletar dados de um local cuja posição é de difícil acesso e transportá-los aonde devem ser analisados [3]. São considerados um subconjunto especial de sistemas de telecomunicações, e podem ser utilizados, simultaneamente, para controle e aquisição de dados. Esta dissertação, no entanto, não entra neste mérito.

Os poços de óleo da atualidade são extremamente complexos e demandam manutenção extremamente cara [4]. Técnicas de perfuração modernas podem alcançar alguns quilômetros de profundidade e os custos de uma plataforma flutuante em mar aberto passam a cifra de bilhões de reais. Sendo assim, determinar as condições internas do poço torna-se uma tarefa crítica: indicadores como temperatura, pressão, salinidade e outros precisam ser constantemente monitorados [5].

Telemetria confiável através de cabos é muito complicada de se obter, devido às condições extremas do ambiente interno de um poço de extração de óleo. Por exemplo, existe uma abrasão contínua por areia e sujeira carregada pelo fluxo de fluidos. Por este motivo, os cabos são periodicamente destruídos, necessitando a troca dos mesmos. Tal troca atrapalha o processo de extração e, além disso, aumenta seu custo devido à quantidade enorme de cabos necessários ao longo da vida útil de um único poço.

A alternativa mais óbvia ao cabeamento é a adoção de telemetria sem fio. Todavia, a quantidade de energia elétrica necessária para alimentar a comunicação sem fio é imprática: são necessários cabos de alimentação, já que o uso de baterias levaria a uma manutenção frequente, pois as mesmas precisam ser recarregadas [4]. Fica óbvio, então, que o objetivo (e maior desafio) é a confecção de um sistema sem o uso de fios e baterias, ou seja, os sensores de fundo de poço devem ser alimentados e comunicar-se com a base sem o uso de cabos.

Para que isto seja possível, é crucial que os sensores sejam extremamente

eficientes, no sentido de necessitarem pouquíssima potência, de modo a tornar viável a alimentação remota. Algo em torno de 0,01mW ou menos seria fundamental para viabilizar a alimentação através de energia eletromagnética. Sensores baseados em nanotecnologia [6] atingem tais requisitos, sendo estes, portanto, uma alternativa excelente para a comunicação e alimentação sem fio.

Algumas abordagens são possíveis para a telemetria sem fio. Uma possibilidade seria a utilização de técnicas de transmissão de sinal via campo magnético [7]. Neste método, deve-se utilizar uma bobina capaz de induzir corrente alternada através do tubo de produção, com intensidade suficiente para carregar energia e o próprio sinal entre o sensor e a base [8]. Através de uma segunda bobina, posicionada no local do sensor, passa a ser possível recuperar o sinal e a potência necessária para alimentar e produzir comunicação bilateral.

Entretanto, a técnica exhibe um ponto fraco: o tubo de produção não é um núcleo de transformador, isto é, não fora projetado de modo a minimizar as perdas de fluxo magnético. Sua característica oca confere muita perda por correntes parasitas de Foucault concomitantemente às perdas por histerese, cuja causa jaz na impropriedade do material do tubo de produção para fins magnéticos [9]. Por isso, para distâncias elevadas, da ordem de 3000m ou mais, o método acaba sendo inviável.

Outra possível abordagem seria analisar o poço de petróleo sob a ótica de uma estrutura de propagação coaxial, formada por um tubo condutor perfeito no centro (o tubo de produção) e uma casca cilíndrica, coaxial com o tubo, também condutora perfeita. Com isso, é possível fazer a análise como num cabo coaxial, sendo, portanto, existente propagação em modo transversal eletromagnético [10]. Tal abordagem, contudo, fora estudada sem levar em consideração fluidos com condutividade considerável, bem como possíveis incertezas causadas por variações de temperatura e de parâmetros elétricos do fluido que preenche o poço.

Para qualquer que seja a tática adotada, existem diversos complicadores que não foram analisados originalmente. Existe demasiada variação dos parâmetros constituintes do fluido no interior do poço [1], o que dificulta o projeto, independentemente da técnica abordada. Tais parâmetros são influenciados pela frequência de propagação, pela temperatura do fluido e pela concentração de sais, água e óleo em sua composição. Dessa forma, precisa-se analisar a influência destas incertezas na qualidade da solução adotada, de modo a prever sua aplicabilidade.

Este trabalho utilizará, então, técnicas de apoio a decisão para estudar o problema da telemetria sem fio de fundo de poço. Será analisada a possibi-

lidade de indução de modo transverso eletromagnético através do poço, conforme explicado anteriormente. Com auxílio de simulação Monte-Carlo [11], será avaliado como cada incerteza influencia na performance do sistema de comunicação adotado. Através de algoritmos genéticos [12], será resolvido um problema de otimização, cujo foco é otimizar o posicionamento de uma base de recepção de sinal no topo do poço.

Adicionalmente, será analisada a presença de modos superiores no meio de propagação, isto é, modos transversos elétricos e transversos magnéticos. Por fim, um estudo sob incertezas do posicionamento de sensores é feito, de modo a instruir o leitor a respeito da captação de energia por parte dos sensores.

1.2

Organização do trabalho

O trabalho está organizado como se segue.

A fim de desenvolver modelos que justifiquem a propagação de sinal eletromagnético através do poço, o capítulo 2 dedica-se ao estudo formal, sob a ótica do eletromagnetismo clássico, utilizando Equações de Maxwell. É feita uma rápida introdução ao leitor dos conceitos fundamentais de ondas eletromagnéticas e, com eles, desenvolve-se um modelo que será utilizado pelo resto do trabalho. Além disso, a seção também descreve superficialmente como funciona o modelo de simulação computacional adotado.

O próximo capítulo resume as técnicas de apoio às decisões adotadas. Uma explicação rápida dos alicerces de simulação Monte-Carlo e algoritmos genéticos de otimização é revelada, a fim de familiarizar o leitor aos principais termos utilizados no restante do trabalho.

Por fim, o capítulo 4 define os resultados e aplicações de cada uma das técnicas e modelos já referidos. O capítulo é escrito de forma sequencial e didática, de modo que o leitor possa ver a ordem que os problemas foram surgindo ao longo desta pesquisa de mestrado, bem como a forma em que foram sendo abordados e subjugados.

As conclusões e propostas para trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 5.