

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE LÍQUIDO E DE MATERIAL DE REVESTIMENTO EXTERNO NA QUALIDADE DA IMAGEM RADIOGRÁFICA DE DUTOS OFFSHORE ATRAVÉS DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

E.M. de Souza^{1,2}; S.C.A. Correa³; J.P. Junior²; A.X da Silva²; R.T. Lopes²

¹[Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste]/UEZO
Avenida Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203. Campo Grande.
CEP 23070-200 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Tel +055 21 2332-7533
edmilsonsouza@uezo.rj.gov.br

²[Programa de Engenharia Nuclear]/COPPE

³[Comissão Nacional de Energia Nuclear]/CNEN

Abstract

A proposta deste estudo é avaliar, através do código de Monte Carlo MCNPX, os possíveis meios de minimizar a contribuição da radiação espalhada na imagem digital de dutos offshore. Como resultados serão discutidos a influencia da radiação espalhada na água circunvizinha ao duto e possíveis meios de minimização desta contribuição durante o ensaio radiográfico, e se a utilização de écrans contribui para minimização do espalhamento na obtenção de imagens radiográficas de dutos offshore.

Palavras Chave: Dutos Offshore, Imagem radiográfica, MCNPX.

INTRODUÇÃO

Diferentes métodos não destrutivos (END) têm sido aplicados na industria convencional, mas poucos têm sido adaptados para análise de problemas de corrosão em estruturas submersas. Um dos métodos que vem sendo considerado promissor para esta finalidade é a radiografia computadorizada com detectores *Image Plate* (1-4). Entretanto, o método radiográfico é altamente influenciado pela radiação espalhada produzida na interação da radiação com o tipo de material inspecionado e com o líquido localizado no interior do duto e na circunvizinhança do mesmo, que contribui para a diminuição da visibilidade de descontinuidades tais como trincas e corrosões na imagem radiográfica obtida. Considerando isto, a proposta deste trabalho é avaliar, através do código de Monte Carlo MCNPX (5) a influência do tipo de líquido localizado no interior dos dutos e em

sua circunvizinhança, do revestimento e do arranjo radiográfico na magnitude da radiação direta (que fornece os detalhes da imagem) e da espalhada gerada em ensaios radiográficos de dutos offshore, visando a detecção e o monitoramento de corrosão.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Fig.1 mostra o corpo de prova modelado para a simulação dos ensaios radiográficos. O corpo de prova consiste de um duto de aço com 254mm de diâmetro, 127mm de espessura de parede e 250mm de altura. Defeitos simulando trincas e perdas de espessura foram inseridos no duto, e suas dimensões podem ser observadas na Figura.

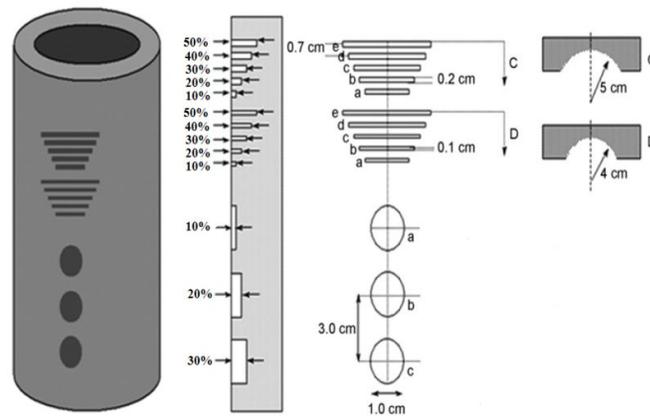


Figura 1- Configuração do duto modelado com trincas inseridas e corrosões.

Devido aos grandes diâmetros deste dutos, a inspeção radiográfica só é viável se realizada através da técnica de Parede Dupla, Vista Simples - PDVS (1). As simulações foram realizadas reproduzindo uma fonte de radiação gama de Iridio-192 (^{192}Ir). Uma camada de 5mm de poliuretano foi utilizada para promover a aderência entre o duto e o sistema de detecção. Durante as simulações foi considerado a presença de óleo no interior do duto, e água salgada no exterior. Diferentes arranjos radiográficos contendo materiais atenuadores foram analisados. O parâmetro estudado nas simulações foi a *energia absorvida* pelo detector *Image Plate* devido aos fótons espalhados e pelo fótons não colididos (radiação direta). A Fig.2 ilustra o arranjo experimental simulado neste trabalho.

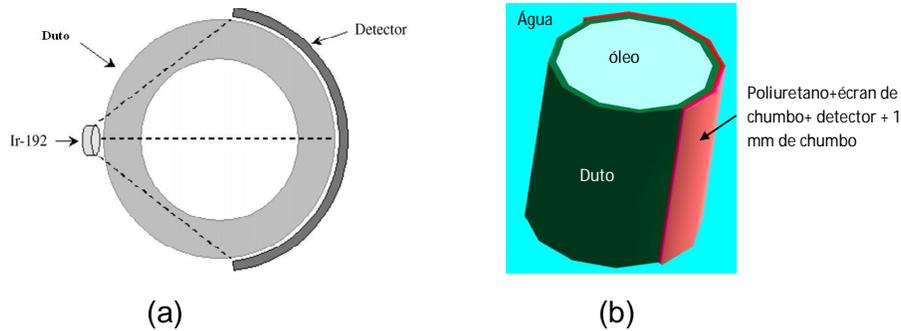


Figura 2 - Arranjo radiográfico: (a) Técnica PDVS. (b) Configuração completa.

Para a modelagem dos ensaios radiográficos utilizou-se uma metodologia de simulação de imagens desenvolvida por *Souza and Correa et al* (6). Esta metodologia utiliza o comando radiografia do código MCNPX, e considera a composição do detector *Image Plate* BaFBr, bem como o ruído eletrônico da imagem radiográfica digital (6-8).

RESULTADOS E DISCUÇÕES

A Tab.1 mostra a comparação relativa entre a contribuição da componente direta (radiação não atenuada) e da componente espalhada da radiação que alcançam o detector imagem, para diferentes materiais dentro e fora do duto. A Tab.2 mostra o efeito da presença de diferentes espessuras de chumbo atrás do detector (blindagem de retroespalhamento) nas contribuições direta e espalhada da radiação em um sistema típico offshore (óleo no interior do duto e água do mar fora).

Material dentro e fora do tubo		Direta	Espalhada
Dentro	Fora	(%)	(%)
Ar	Ar	38,00	62,00
Óleo	Ar	18,40	81,60
Óleo	Água salgada	08,65	91,35

Tabela1- Contribuição *relativa* da radiação espalhada e da radiação direta (radiação não atenuada) que alcança o detector imagem.

Blindagens (chumbo) (cm)	Direta (%)	Espalhada (%)
0,50	12,25	87,75
0,75	12,72	87,28
1,00	12,94	87,06
1,25	13,04	86,96
1,50	13,09	86,91

Tabela 2 - Contribuição *relativa* da radiação espalhada e da radiação direta (radiação não atenuada) que alcança o detector imagem na presença de diferentes espessuras de chumbo para blindagem de retroespalhamento.

Observa-se através da Tab.1 que a presença de óleo no interior do duto provoca um aumento de 20% da contribuição relativa da radiação espalhada no detector, tornando-se mais acentuado quando da presença da água salgada no exterior (30%). A presença destes elementos em conjunto com o aço provocam a diminuição da energia média do feixe incidente, aumentando a seção de choque de espalhamento destes fótons na água circunvizinha ao duto, provocando assim seu retroespalhamento em direção ao detector. Entretanto, a presença de blindagens de fótons retroespalhados provoca um aumento de até 30% da contribuição relativa da radiação direta, como mostra a Tab.2 para uma espessura típica de 1mm de chumbo de blindagem. A Fig.3 compara a magnitude da energia depositada no detector para o arranjo radiográfico com o duto revestido com 5mm de polipropileno de alta densidade, e sem revestimento.

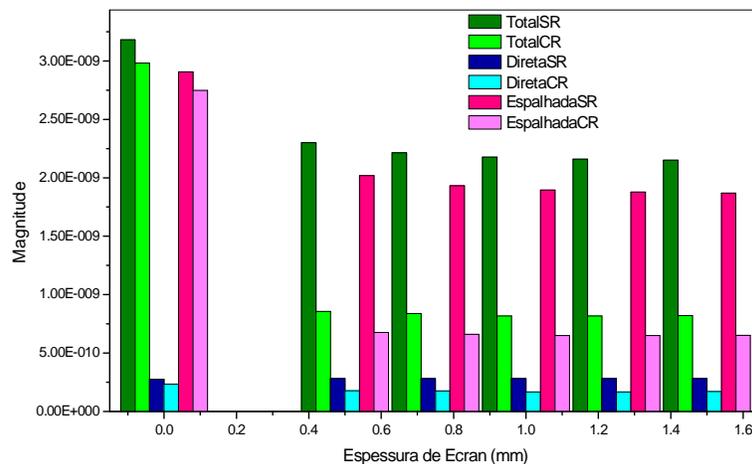


Figura 3 - Energia depositada no detector para o duto revestido com 5mm de polipropileno de alta densidade, e para o duto sem revestimento. Foi considerado óleo no interior e água no exterior. A sigla SR significa sem revestimento, e CR com revestimento.

Observa-se que a presença do revestimento contribui para a diminuição da quantidade de radiação que alcança o detector, sugerindo assim a necessidade do aumento do tempo de exposição. Com o aumento do tempo de exposição há também o aumento da probabilidade de a radiação interagir com o material que compõe o revestimento, projetando assim a imagem do material de revestimento na imagem radiográfica. Devido a isso, o revestimento é geralmente retirado em procedimentos experimentais (1).

A Tab.3 ilustra o efeito da presença de ecrans de chumbo em frente ao detector, e a Fig.4 analisa a influencia dos ecrans na magnitude da energia absorvida. Foi considerada nas simulações uma blindagem de retroespalhamento de 1mm.

Espessuras de ecran (mm)	Direta (%)	Espalhada (%)
Sem blindagens	08,65	91,35
Sem ecran	12,94	87,06
0,1	13,62	86,38
0,2	14,49	85,51
0,3	15,10	84,90
0,4	15,82	84,18
0,5	16,57	83,43

Tabela 3 - Efeito da utilização de écrans de chumbo na contribuição relativa das componentes direta e espalhada da radiação.

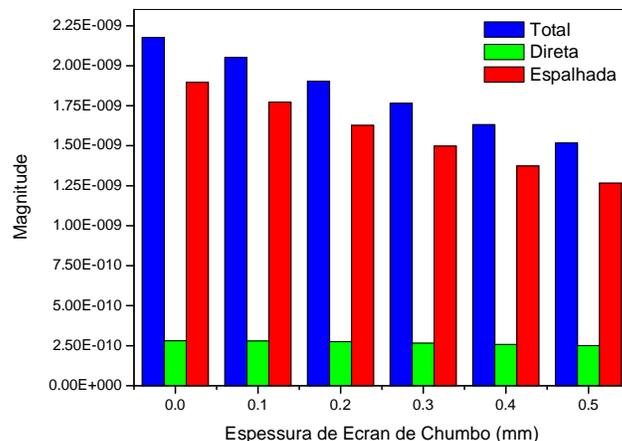


Figura 4 - Efeito da utilização de ecrans de chumbo na magnitude da energia absorvida no detector.

Observa-se através da Tab.3 que a presença de ecrans de chumbo diminui a contribuição da radiação espalhada no detector, intensificando a radiação direta. Isto

ocorre devido ao fato de o ecran de chumbo facilmente absorver a radiação espalhada que emerge do tubo, enquanto deixa passar a radiação direta. Apesar disso, a radiação espalhada que consegue alcançar o detector tem baixa energia, auxiliando sua absorção, o que não ocorre com parte da radiação direta do Irídio, cujo espectro possui energia média na faixa de 370 keV. Embora a presença do ecran favoreça a absorção da radiação direta pelo detector, este diminui substancialmente a quantidade de radiação que alcança o detector, sugerindo assim a necessidade de um maior tempo de exposição durante os procedimentos, como pode ser observado na Figura 4.

A Fig.5 ilustra o transporte da radiação durante o ensaio radiográfico.

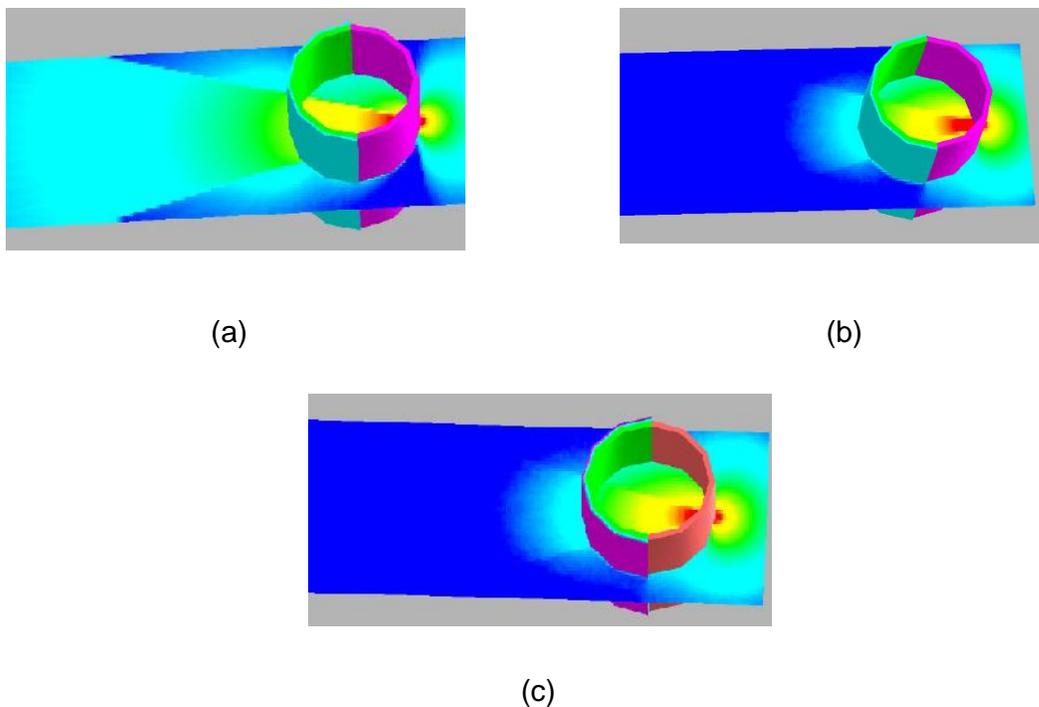


Figura 5 - Distribuição da radiação no corpo de prova estudado. Em (a) o duto contendo ar no seu interior e em seu exterior. Em (b) o duto contendo óleo em seu interior e água salgada no exterior e em (c) o mesmo arranjo que em (b), contendo uma blindagem de retroespalhamento de 1mm atrás do detector. As cores amarelo, verde a azul claro correspondem respectivamente à valores decrescentes de energia da radiação espalhada.

Observa-se através da Fig.5 (a) que a radiação espalhada que atravessa o duto possui alta energia (cor verde), não sendo retroespalhada em direção ao detector. Por outro lado, a Fig.5 (b) mostra que a presença do óleo e da água

salgada no arranjo radiográfico favorecem a produção de radiação espalhada de baixa energia (cor azul claro), aumentando a probabilidade desta interagir com a água circunvizinha ao duto e conseqüentemente retroespalhar em direção ao detector, mostrando a importância da utilização da blindagem de retroespalhamento (Fig.5 (c)).

CONCLUSÕES

O arranjo radiográfico utilizado em ensaios não destrutivos de dutos offshore é um sistema complexo onde materiais com diferentes coeficientes de atenuação para radiação gama estão presentes. Os resultados mostraram que qualquer variação na densidade e espessura dos materiais conduzem a variações na intensidade e na energia do feixe de radiação transmitido, e conseqüentemente à variações na resposta do detector. Os resultados também mostram que a modelagem computacional é uma ferramenta poderosa no estudo da influência do arranjo radiográfico na resposta dos detectores de imagem, otimizando os procedimentos experimentais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

BIBLIOGRAFIA

1. IAEA, *Development of protocols for corrosion and deposits evaluation in pipes by radiography—IAEA-TECDOC-1445*, International Atomic Energy Agency, Wien, Austria, 2005.
2. SILVA, C.L.; PETRAGLIA, A.; PETRAGLIA, M. R., Sistema de Visão para Inspeção Submarina de Tubulações e Equipamentos de Petróleo em Águas Profundas. *IBP32598*, Instituto Brasileiro do Petróleo—IBP, **anais**, Rio de Janeiro, Brazil, 1998.

3. VEITH, E.; BUCHERIE, J.; LECHIEN, J.L. et al. Inspection of offshore flexible risers with electromagnetic and radiographic techniques. ***Insight*, v. 43, p.404–408, 2001.**
4. SHINOHARA, A.H.; ACIOLI, E.; KHOURY, H.J. Avaliação da Técnica de Radiografia Digital em Gamagrafia. in: COTEQ: Conferência Sobre Tecnologia de Equipamentos, 6, **anais**, Brasil, 2002.
5. PELOWITZ, D.B., **MCNPXTM User's Manual. Version 2.5.0. LA-CP-05-0369**, Los Alamos National Laboratory Report, Los Alamos, USA, 2005.
6. SOUZA, E. M.; CORREA, S.C.A.; SILVA, A.X.; OLIVEIRA, D.F.; LOPES, R.T. Methodology for digital radiography simulation using the Monte Carlo code MCNPX for industrial applications. ***Appl. Radiat. Isot.*, v66, p. 587–592, 2008.**
7. CORREA, S.C.A.; SOUZA, E. M.; SILVA, A.X.; LOPES, R.T., YORIAZ, H. Dose–image quality study in digital chest radiography using Monte Carlo simulation, ***Appl. Radiat. Isot.* v.66, p. 1213–1217, 2008.**
8. CORREA, S.C.A.; SOUZA, E. M.; SILVA, A.X.; CASSIANO, D.H.; LOPES, R.T. Computed radiography simulation using the Monte Carlo code MCNPX, ***Appl. Radiat. Isot.*, v.68, p. 1662–1670, 2010.**

ANALYSIS OF LÍQUID AND COATING INFLUENCE IN THE QUALITY OF RADIOGRAPHIC DIGITAL IMAGES OF OFFSHORE PIPELINE USING COMPUTER MODELLING

The aim of this study is to analyze the contribution of uncollided and scattered radiation in digital radiographic images of offshore pipelines, through computational modeling. The influence of scattered radiation in the liquid inside and outside the pipelines, the radiographic setup and the possible ways to minimize the scattered radiation will be discussed.

Key-words: Offshore Pipeline, Radiographic image, MCNPX.