

# 1 Introdução

O tema central desta dissertação é uma das abordagens mais recentes na área da manutenção e inspeção industrial, conhecida como manutenção e inspeção baseadas em risco ou MIBR. Essa abordagem centra-se no risco que uma determinada instalação ou componente representa para a Saúde, Segurança, Meio Ambiente (SMS) e para a economicidade das operações.

As ferramentas e métodos segundo a abordagem MIBR analisam o risco, levando em consideração a probabilidade de falha e as consequências da falha, que são combinadas em uma matriz, designada de matriz de risco.

A probabilidade de falha (PoF) é a frequência da ocorrência de um determinado acontecimento por ano, que pode ser avaliada qualitativamente ou quantitativamente. Já as consequências da falha (CoF) referem-se ao resultado de um acontecimento ou ocorrência sobre a Saúde, Segurança, Meio Ambiente (SMS) e economicidade das operações. Assim como a PoF, a CoF pode ser avaliada qualitativamente ou quantitativamente. Uma avaliação de risco pode ser efetuada segundo três enfoques distintos: qualitativo, sem quantitativo e quantitativo, conforme o nível de precisão desejado. No entanto, independentemente do nível de precisão desejado, uma avaliação MIBR deve seguir um procedimento estabelecido (Brigas, 2008).

A abordagem MIBR congrega muitos dos conceitos constantes de outra abordagem de engenharia de manutenção, denominada manutenção centrada em confiabilidade (MCC). Dentre os conceitos comuns, citam-se a análise “*Failure modes, effects and criticality analysis*” (FMECA) e a árvore de falhas. Em ambas as abordagens, diagramas lógicos para a identificação de falhas são empregados e equipes multidisciplinares para as avaliações de risco, manutenibilidade e confiabilidade são requeridas.

A análise das atividades de manutenção, segundo uma perspectiva histórica, mostra que a manutenção e a inspeção baseadas em risco (MIBR) vêm crescendo em importância desde o início da década de 90, em grande parte em função da

difusão de referenciais normativos relativos à inspeção baseada em risco, como, por exemplo, o documento ASME CRTD-20-1, publicado pela *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) em 1991.

Essa tendência reflete-se na evolução da produção científica mundial sobre o tema, no período de 1981 a 2011, conforme mostra Figura 1.1. Nesse gráfico, aponta-se a coincidência do início do aumento do número de publicações científicas com o lançamento do ASME CRTD-20-1 (ASME, 1991); e de publicações posteriores do *American Petroleum Institute* (API), a saber: API BD 581 (2000) e API 580 (2002).

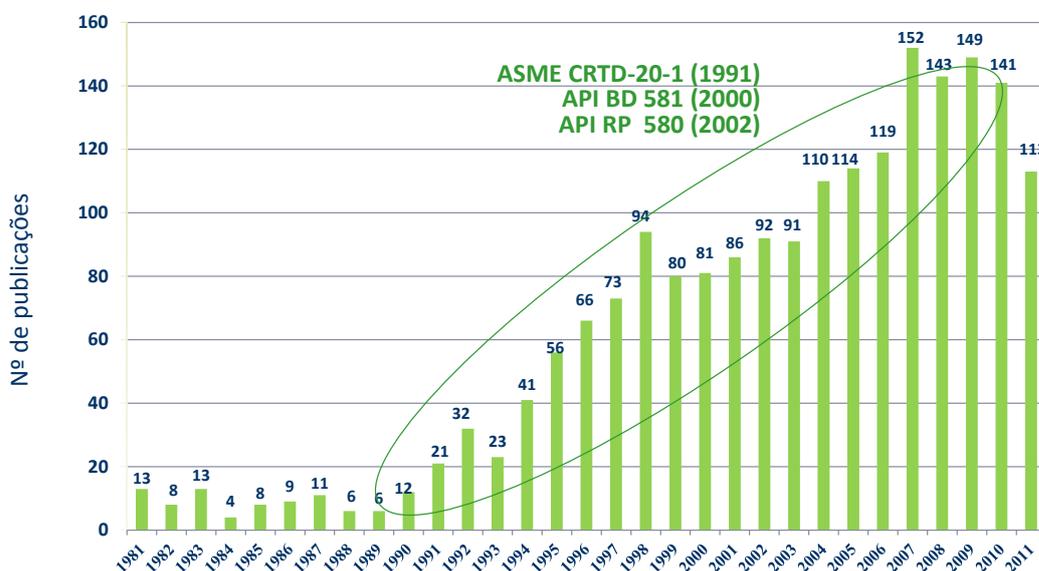


Figura 1.1 – Produção científica sobre o tema manutenção e inspeção baseadas em risco: 1981-2011

Fonte: Elaboração própria por consulta direta à base Web of Science. Acesso em: out.2012.

A gestão do risco é tema de elevada importância nos mais diversos setores, como energia, produção de alimentos, saúde, financeiro e industrial, em geral, destacando-se a gestão operacional de risco, denominada em inglês de *Operational Risk Management* (ORM). A gestão operacional de risco é um processo decisório para avaliar sistematicamente possíveis cursos de ação, identificando riscos e benefícios, e determinar qual a melhor solução para uma determinada situação. Outro exemplo é o *Hazard and Operability* (HAZOP), que tem por objetivo identificar perigos e problemas de operacionalidade de um complexo industrial.

No contexto socioprodutivo no qual a presente dissertação se insere, as operações de navios petroleiros, está sempre em busca de menores preços, melhores serviços, operações mais ágeis, confiáveis, seguras e, acima de tudo, de preservação do meio ambiente. Nesse cenário competitivo, o tempo inoperante de uma embarcação pode afetar o desempenho das operadoras, impactando negativamente seus resultados financeiros e até mesmo prejudicando o relacionamento com seus clientes e sua imagem. Uma vez que a retirada de operação das embarcações é inevitável, quer pelo atendimento à legislação, que exige a parada a cada cinco anos, quer pela necessidade de reparos não programados, a estratégia de manutenção a ser adotada pelas operadoras, visando à minimização do tempo inoperante da embarcação, passa a ser crítica (Transpetro, 2002).

Para fins da presente dissertação, define-se docagem de uma embarcação petroleira o período compreendido entre sua retirada de operação, sua entrega a um estaleiro para execução dos reparos e o retorno à operação. Caracteriza-se a docagem de um navio petroleiro como atividade temporária e única, com alto grau de incerteza e complexidade. Pode ser considerada temporária, porque a embarcação é retirada de sua operação rotineira e enviada a um estaleiro para ser reformada segundo um planejamento detalhado de duração dos serviços de manutenção, definição de escopo, estimativa de custos e especificação da qualidade dos serviços. Também pode ser caracterizada como única, pois cada docagem é diferente das demais, em função da diversidade de navios, de estaleiros, de épocas e de especificações e quantificações de serviços.

O intervalo ótimo de inspeção é determinado em função da exposição ao risco de um ou mais componentes de uma instalação marítima, visando evitar riscos inaceitáveis de alguns deles ou até mesmo excesso de inspeção na maioria deles.

Nessa perspectiva, a MIBR vem ao encontro da necessidade de se explorar recursos limitados e tem por objetivo direcionar as atividades de manutenção àqueles componentes com riscos de falhas realmente significativos. Em geral, apenas cerca de 20% dos componentes das instalações contribuem para cerca de 80% dos riscos incorridos. Na prática, isso significa dizer que é necessário concentrar esforços nos componentes críticos, ou seja, em 10 a 20% de todos os

componentes. Com isso, busca-se eliminar a maior parte dos riscos para se alcançar dois objetivos aparentemente incompatíveis: a diminuição de custos e o aumento da confiabilidade, segurança e disponibilidade (Apeland e Aven, 2000; Jovanovic, 2002; Chang et al., 2005; Brigas, 2008).

A presente dissertação se insere no contexto das atividades de manutenção e reparo de instalações marítimas *offshore* realizadas pela Petrobras, mais especificamente pela sua unidade de Serviços de Instalações Marítimas - SIMA. A principal vantagem da MIBR em atividades de docagem de instalações marítimas é sua capacidade de gerenciar racionalmente os recursos de inspeção e manutenção do casco das unidades, o que propicia ganhos em conhecimento de engenharia, relativo à estrutura da instalação marítima.

A pesquisa aqui relatada visa contribuir para o avanço do conhecimento sobre ferramentas e métodos de manutenção e inspeção baseadas em risco (MIBR), ao propor para aperfeiçoamento de processos de tomada de decisão referentes à manutenção de balsas para serviço *offshore* de uma grande empresa brasileira do setor de petróleo e gás natural. Ilustra-se a aplicabilidade do método com um estudo de caso, focalizando o processo de tomada de decisão sobre a substituição ou reparo das chapas do convés principal da balsa de serviço BS-3, da Petrobras.

### **1.1. Definição do problema de pesquisa**

Na indústria de petróleo e gás, requisitos de segurança, meio ambiente e saúde (SMS) estão cada vez mais rigorosos, além da crescente preocupação com a proteção ambiental, depois de vazamentos *offshore* ocorridos em período recente.

Na Petrobras, tornou-se notória a necessidade de exercer um maior controle sobre a manutenção das instalações marítimas e normas internas com esse foco foram publicadas pela empresa nos últimos anos. Novos métodos de predição e de tomada de decisão em manutenção de instalações marítimas *offshore*, adotados pela indústria de petróleo e gás, classificam-se na área de manutenção e inspeção baseadas em risco.

Nesse contexto, o problema de pesquisa a ser investigado norteia-se pela seguinte questão: “Que melhorias poderão ser introduzidas na atual sistemática de

inspeção e manutenção da estrutura do convés principal de balsas de serviço *offshore* de uma grande empresa petrolífera?”.

No seu desenvolvimento, a dissertação busca responder também as seguintes questões:

- Qual a importância da manutenção e inspeção baseadas em risco (MBIR) para a confiabilidade e economicidade dos serviços de instalações marítimas de grandes empresas petrolíferas?
- Que referenciais normativos e regras de sociedades classificadoras balizarão o estudo de caso da balsa de serviço BS-3 da Petrobras?
- Qual o potencial de melhorias da atual sistemática de inspeção e manutenção da estrutura do convés principal da balsa de serviço BS-3?
- Que parâmetros relevantes deverão ser incluídos em um método de tomada de decisão baseado em IBR a ser proposto para a Petrobras?
- Quais as principais vantagens e benefícios potenciais da adoção desse novo método pela empresa, em relação à prática atual?

## 1.2.

### **Objetivos: geral e específicos**

Com base no exposto, o objetivo geral desta dissertação é propor um método baseado em MIBR para aperfeiçoamento do processo de tomada de decisão referente à manutenção de balsas de serviço *offshore* de uma grande empresa brasileira do setor de petróleo e gás natural, ilustrando-se pelo caso da balsa de serviço BS-3. Em termos específicos, a dissertação busca:

- Discutir a importância da manutenção e inspeção baseadas em risco (MBIR) para os serviços de instalações marítimas de grandes empresas petrolíferas;
- Levantar os principais referenciais normativos aplicáveis e regras de sociedades classificadoras, como balizadores para o estudo de caso da balsa de serviço BS-3;
- Identificar o potencial de melhorias que poderão ser introduzidas na atual sistemática de inspeção e manutenção da estrutura do convés principal da balsa de serviço BS-3;
- Definir parâmetros relevantes a serem incluídos em um método de tomada de decisão baseado em IBR a ser proposto para a Petrobras;
- Apresentar as vantagens e benefícios potenciais da adoção desse novo método pela empresa, em relação à prática atual.

### 1.3. Motivação

Com a crescente importância da abordagem mais atual e estratégica de manutenção e inspeção, que é a MIBR, e a difusão, em nível mundial, de novas ferramentas e métodos de tomada de decisão baseados nessa abordagem, acredita-se que a pesquisa aqui relatada venha contribuir para o avanço do conhecimento sobre métodos de tomada de decisão para substituição ou reparo de chapas de convés de instalações *offshore* da indústria de petróleo e gás natural.

De um modo geral, observa-se nos projetos de docagem uma diferença entre os objetivos planejados e os alcançados e a necessidade de aperfeiçoamento dos processos de tomada de decisão referente à manutenção preventiva. A motivação para a utilização de conceitos e ferramentas de MIBR, visando à maior eficácia dos projetos de docagem levou à escolha de um caso de manutenção de balsas de serviço *offshore* de uma grande empresa brasileira do setor de petróleo e gás natural.

Preconiza-se que a aplicação futura do novo método de tomada de decisão baseado em MIBR, objeto da presente dissertação, resultará em benefícios relativos à economicidade das operações de balsas de serviço *offshore* e à conformidade com os requisitos de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS), como será discutido ao longo do estudo de caso, no capítulo 4.

O novo método configura-se como uma potencial inovação organizacional na unidade de Serviços de Instalações Marítimas (SIMA), da Petrobras, quando se compara o método proposto com o convencional que vem sendo adotado pela empresa.

Vislumram-se, portanto, inúmeras oportunidades para publicação dos resultados da pesquisa, tanto em nível internacional, quanto nacional.

Finalmente, ressalta-se a contribuição acadêmica do Programa PósMQI para a melhoria da tomada de decisão de manutenção e inspeção em um caso real da indústria, na perspectiva da aplicação futura do método aqui proposto.

## 1.4. Metodologia

A Figura 1.2 apresenta a sequência da pesquisa em suas três grandes fases.

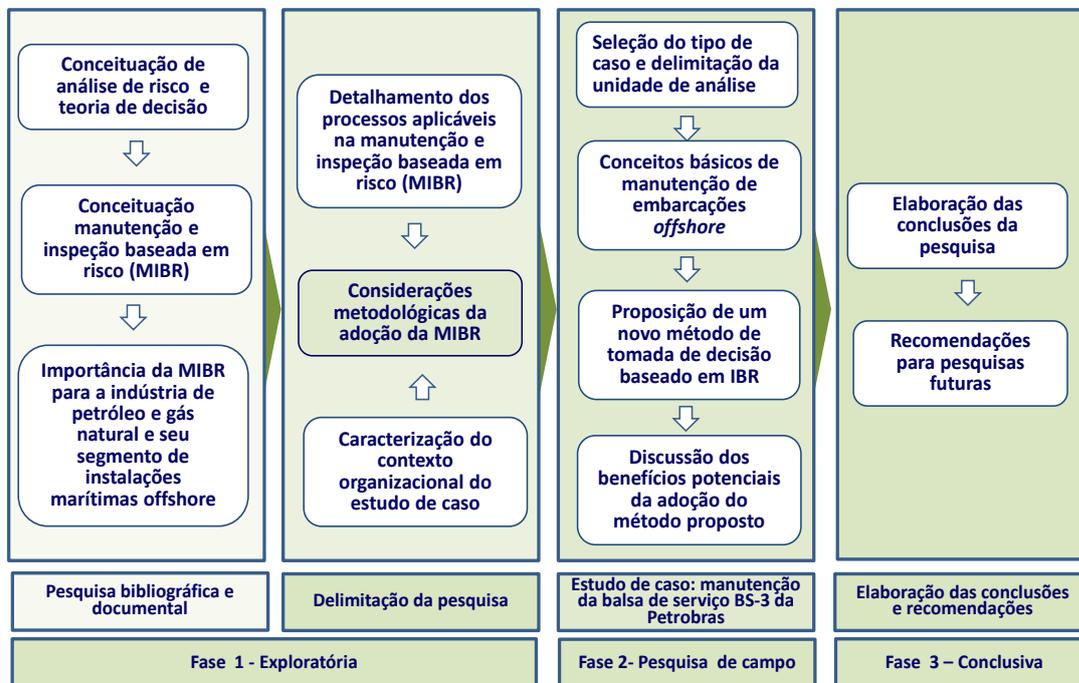


Figura 1.2 - Desenho da pesquisa, seus componentes e métodos  
Fonte: Elaboração própria.

Conforme as taxonomias propostas por Vergara (2002; 2005) e Gil (1991, 1999), a pesquisa pode ser considerada descritiva, metodológica e aplicada, quanto aos fins. Já quanto aos métodos de investigação, foram utilizados pesquisa bibliográfica em bases de dados internacionais e nacionais, pesquisa documental e a estratégia de estudo de caso, como proposta por Yin (2005).

O desenho da pesquisa mostra para cada fase as sequências lógicas que foram seguidas e os métodos utilizados ao longo da pesquisa, conforme descrição nas próximas seções.

### 1.4.1. Fase 1: pesquisa exploratória e descritiva

A pesquisa bibliográfica e documental, nessa primeira fase, teve por objetivo levantar trabalhos conceituais sobre os temas centrais da pesquisa – “análise de risco e teoria de decisão” e “manutenção e inspeção baseadas em risco”, para em seguida identificar estudos e documentos sobre normativos sobre MIBR, bem como métodos e ferramentas aplicáveis ao estudo de caso da balsa BS-3, da

Petrobras. Para tal, acessaram-se bases de dados internacionais, de ampla cobertura, como a *Web of Science* e a *Scopus*, cobrindo o período de 1981 a 2011. A partir dos resultados da busca (1.967 publicações na *Web of Science* e 2.022 na *Scopus*), foi possível identificar os autores e trabalhos mais citados no campo da MIBR.

A construção do referencial teórico e a revisão de estudos recentes sobre MIBR, em âmbito internacional e nacional, fundamentaram a proposição de um novo método para aperfeiçoamento do processo de tomada de decisão referente à manutenção da balsa de serviço BS-3. Ainda na primeira fase, caracterizou-se o contexto operacional no qual se insere esta pesquisa, como ponto de partida para o planejamento e definição do protocolo do estudo de caso – objeto da fase 2.

#### **1.4.2.**

#### **Fase 2: pesquisa aplicada**

Após a revisão bibliográfica e documental que norteou a definição das questões e objetivos da pesquisa, iniciou-se a fase da pesquisa aplicada (fase 2). Nessa fase, a partir da compreensão dos problemas e riscos associados ao atual procedimento de apoio à tomada de decisão de substituir ou reparar chapas do convés da balsa BS-3, buscou-se conhecer os principais referenciais normativos para balizar a proposição de um método alternativo, mais confiável.

Dentre os referenciais analisados, foram escolhidos, para fins da proposição pretendida, os seguintes: (i) dois documentos do *American Petroleum Institute* – API RP 580 – “*Recommended Practice for Risk-Based Inspection*” (API, 2002) e API RP 581 – “*Risk-Based Inspection Technology*” (API, 2008); (ii) o documento ASME CRTD 20 “*Risk-based Inspection Development of Guidelines* (1991)”; (iii) normas internas da Petrobras, como, por exemplo, a Norma N-2784 – *Confiabilidade e Análise de Riscos* (Petrobras, 2005), que por sua vez se apoiam nos referenciais citados, dentre outros; e (iv) regras da sociedade classificadora *American Bureau of Shipping* (ABS) aplicáveis ao caso.

O desenvolvimento do estudo de caso focalizando focaliza um processo de apoio à tomada de decisão referente à substituição ou reparo de chapas do convés principal da balsa de serviço BS-3, da Petrobras, compreendeu seis etapas que descrevem seu delineamento: (i) definição da proposição e questões do estudo de caso; (ii) seleção do tipo de estudo de caso; (iii) delimitação e caracterização da

unidade de análise e seu contexto operacional; (iv) coleta e análise de dados de medição por ultrassom de espessuras de chapas do convés da balsa BS-3; (v) proposição de um novo método de tomada de decisão baseado em MIBR; (vi) elaboração das considerações finais sobre o estudo de caso.

### **1.4.3.**

#### **Fase 3: conclusivo-propositiva**

Nesta fase, elaboraram-se as conclusões da pesquisa, ressaltando-se que a proposta de método apresentada nesta dissertação constitui somente o ponto de partida para um estudo mais aprofundado, que deverá ser objeto da implementação de um procedimento piloto para estimar a relação custo/benefício da sua adoção como sistemática de referência.

O estudo de caso da BS-3 da Petrobras apenas se inicia com a proposta desse método alternativo ao atual, no que se refere à decisão de substituir ou reparar chapas do convés da balsa de serviço em foco. Isso porque somente a implementação poderá trazer respostas sobre a real contribuição da proposta para a empresa.

Adicionalmente, encaminharam-se propostas de estudos futuros, como desdobramentos naturais da presente pesquisa.

### **1.5.**

#### **Estrutura da dissertação**

São cinco capítulos, compreendendo esta introdução.

Um segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre análise de risco e teoria de decisão, buscando destacar as diferenças entre os conceitos de risco, incerteza e percepção de risco. Apresenta e discute a importância da análise de risco e sua relação com novos métodos e processos de tomada de decisão apoiados por esse tipo de análise.

O próximo capítulo focaliza o tema central da dissertação que é a manutenção e inspeção baseadas em risco (MIBR), segundo uma perspectiva histórica. A partir da descrição da abordagem, suas principais ferramentas e referenciais normativos, traçam-se considerações metodológicas para a adoção da MBIR em sistemas complexos, como é o caso das instalações marítimas *offshore*.

O quarto capítulo apresenta o estudo de caso, conforme o protocolo descrito anteriormente na seção 1.4. Tem como elemento central um novo procedimento de análise dos resultados de medição das espessuras das chapas da estrutura do convés principal da balsa de serviço BS-3. Esse procedimento alinha-se aos preceitos da MIBR apresentados no capítulo 3.

Finalmente, o quinto capítulo reúne as conclusões da pesquisa e recomendações para a unidade de Serviços de Instalações Marítimas (SIMA) da Petrobras e para estudos futuros.