

Metodologia para Aplicação de Critério de Otimização Multi objetivo em Projeto de Sistemas de Produção de Unidades Offshore, desde as Fases Iniciais de Projeto até sua Operação.

Lima, E. N.; Benites, R. D.; Martins, M. R.

Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos (LabRisco) - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - Universidade de São Paulo - Av.: Prof. Mello Moraes, 2231 - Butantã - São Paulo - SP, 05508-030 - Brasil. Tel.: (11) 3091-5340 evertonlm88@gmail.com; ruben.benites@usp.br; mrmartin@usp.br

RESUMO

A indústria de petróleo e gás (O&G) demanda um alto nível de investimento inicial e despesas operacionais no ciclo de vida do ativo. Sua lucratividade depende da confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade (RAM) dos sistemas [1]. No projeto de um ativo, quanto antes houver a identificação e a definição de valor, melhor será a realização deste valor nas fases seguintes, aumentando sua probabilidade de sucesso, inclusive na fase de operação. A análise RAM estima a eficiência operacional de ativos, ainda em projeto, por meio de simulações de Monte-Carlo (SMC) de diagramas de blocos de confiabilidade (RBDs) associados em uma lógica que representa os fluxogramas de processo da planta. Os RBDs também contêm as informações sobre a operação e a manutenção de equipamentos em unidades semelhantes existentes. A RAM, porém, é uma atividade que consome tempo e recursos. Posteriormente à simulação do “caso base” do projeto serão necessárias análises de sensibilidade com possíveis outras alternativas de casos de projeto para fundamentar o processo decisório. O desenvolvimento de uma técnica para agilizar o projeto conceitual e antecipar uma “síntese” de alternativas otimizadas é necessário e é o objetivo deste artigo. Para a otimização de funções objetivo de projeto, como por exemplo, “Disponibilidade x Custos”, a metodologia associa a técnica de SMC, com o método NSGA-II (Algoritmo Genético de Classificação Não Dominado, Tipo II), produzindo curvas de Pareto com a ordenação das alternativas de projeto que ofereçam as melhores soluções “ótimas”, sem a necessidade de realizar as análises de sensibilidade. A metodologia está em desenvolvimento e um exemplo de caso de estudo é apresentado, como forma de ilustrar as vantagens apresentadas. Possibilidades para desenvolvimentos futuros são relacionadas ao final do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Os projetos de ativos industriais, como os necessários para o setor de O&G, são denominados “Megaprojetos”, pelo fato de terem custos de implantação superiores ao montante de um milhão de Dólares. De acordo com MERROW [2], nos anos 2000, cerca de 65% de um total de 300 “megaprojetos” na indústria de capital intensivo ao redor do mundo, incluindo o setor de O&G, falharam em atender aos seus objetivos de projeto. Para reduzir as incertezas de empreitadas como as necessárias para a produção de O&G em ambiente offshore, a indústria utiliza metodologias de projeto, que os dividem em fases, com portões de decisão entre elas. Tipicamente, o tempo de existência de um ativo industrial é dividido em: ciclo de vida do projeto, e ciclo de vida do ativo. O ciclo de projeto é dividido em fases, que compreendem a viabilidade, a concepção e a definição dos ativos. O ciclo de vida do projeto inclui também a fase conhecida como EPC (*Engineering, Procurement and Construction*). Com a instalação do ativo e o início da produção, começa o período chamado de ciclo de vida da unidade industrial.

Uma das metodologias aplicadas ao planejamento e controle de projetos de capital, é chamada FEL – *Front End Loading*, e o ciclo de vida dos ativos são chamadas de 1- *Opportunity Definition* (Viabilidade), 2- *Scope Development* (Projeto Conceitual), 3- *Project Definition* (Projeto Básico), 4- *Project Execution* (EPC), 5- *Operation* (Operação) e 6- *Abandonment* (Descomissionamento). A Figura 1, a seguir, representa as fases da metodologia e os portões de decisão sobrepostos sobre um gráfico que representa o fluxo de caixa típico de um reservatório de O&G, modificado de SUSLICK et al. [3]

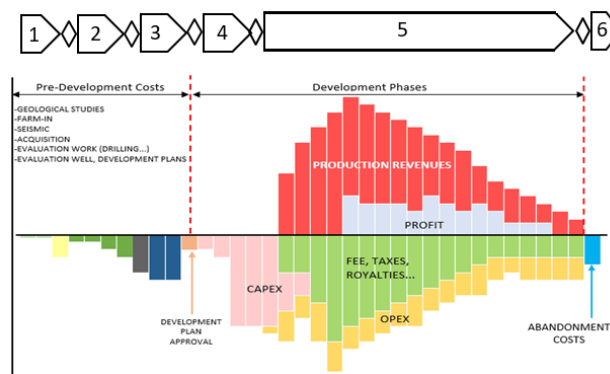


Fig. 1: Fases do ciclo de vida de um ativo industrial e do fluxo de caixa de uma reserva [2,3]

Conforme descrito em VAN DER WEIJDE [4], a aplicação de técnicas específicas de engenharia durante o projeto pode melhorar a identificação e a realização do valor. As técnicas são denominadas "Práticas de melhoria de valor (VIP)". O *Independent Project Analysis* (IPA) [2] recomenda a aplicação de um número selecionado de VIPs, de acordo com cada caso de design. Uma delas é a *Process Reliability Modeling*. Outro exemplo é a norma ISO 20815 [1] que sugere a aplicação de análise de risco e confiabilidade durante o projeto.

A RAM é feita pela simulação de modelos que representem lógica e funcionalmente os equipamentos, sistemas, e suas inter-relações na planta de processo. Para construir o modelo, são necessárias informações sobre o processo, as filosofias de operação e de manutenção dos equipamentos, o regime e as curvas de produção, o planejamento das manutenções, as equipes, as capacidades e limites dos equipamentos, restrições ambientais e requisitos de segurança, entre outras. A precisão dos resultados da simulação é diretamente relacionada à qualidade das informações de entrada, mas a disponibilidade das informações é inversamente proporcional ao desenvolvimento do projeto. Quanto mais cedo se aplica a RAM, menor a disponibilidade de documentos e informações. Uma representação simplificada de uma RAM é mostrada na Figura 2:

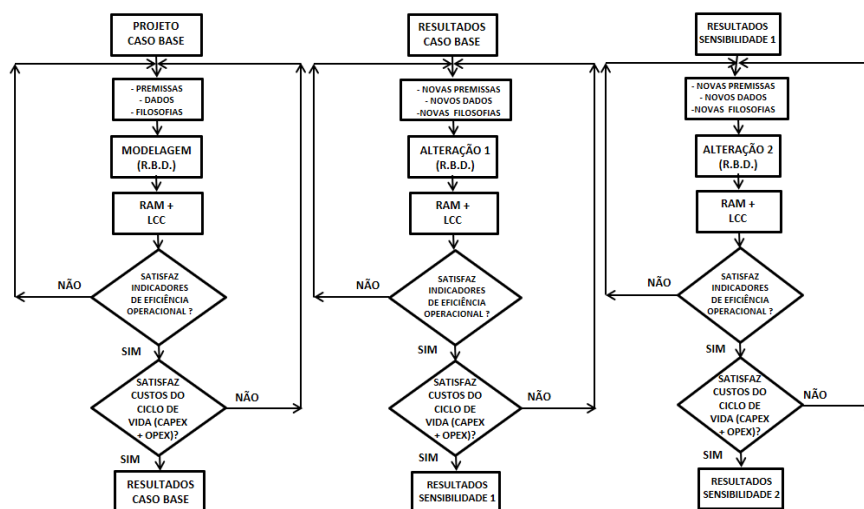


Fig. 2: Fluxograma simplificado de uma análise RAM do caso base, e de duas análises de sensibilidade.

O objetivo da metodologia proposta é a antecipação de soluções e uma simplificação deste processo, pela associação da RAM, feita pela SMC, com o método dos Algoritmos Genéticos.

2. DESCRIÇÃO

2.1 Algoritmo Genético (GA):

O algoritmo genético é um método geral de otimização estocástica introduzido por HOLLAND [5]. O GA foi utilizado por LEVITIN et al. [6] e TABOADA; ESPIRITU; COIT [7] para otimizar os sistemas gerais em

paralelo e em série. COIT e SMITH [8] implementaram o GA para maximizar a configuração do sistema $k-out-n:G$, considerando várias restrições. Mais recentemente, o trabalho desenvolvido no LABRISCO-USP por SCHLEDER, ARAÚJO e MARTINS [9], ZANFORLIN, SCHLEDER e MARTINS [10] e BENITES et al. [11] adicionaram mais métodos alternativos para otimizar as configurações de $k-out-n$. A Figura 3 representa o fluxograma do GA.

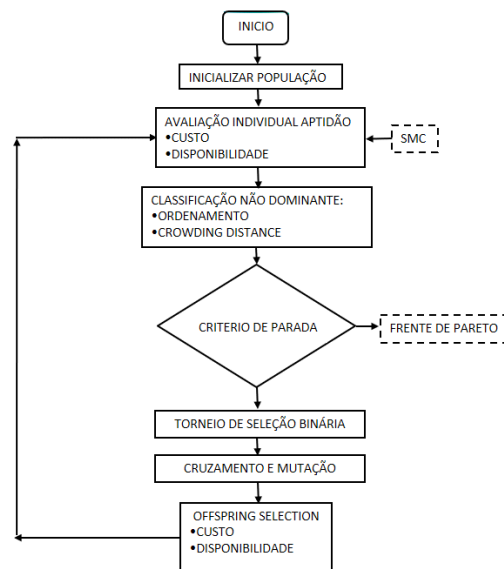


Fig.3 – Representação simplificada do fluxograma do método dos Algoritmos Genéticos

Uma representação de sistema codificado como GA pode ser observada na Figura 4:

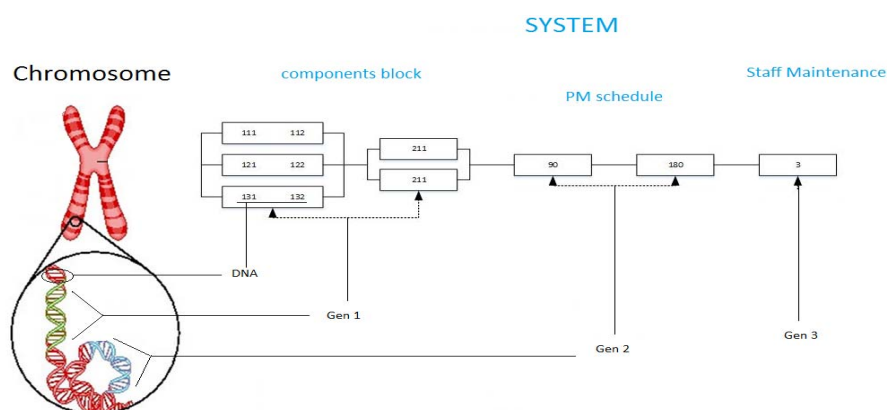


Fig.4 – Representação da codificação do RBD pelo método dos Algoritmos Genéticos

3. RESULTADOS OBTIDOS

A metodologia em desenvolvimento foi aplicada em um sistema de injeção de água em poços, de uma planta de processo offshore, durante a fase de projeto. O sistema é composto por equipamentos estáticos e dinâmicos, como bombas centrífugas e motores elétricos. O objetivo é otimizar a configuração do arranjo de bombas principais e bombas tipo *booster* que compõem o sistema.

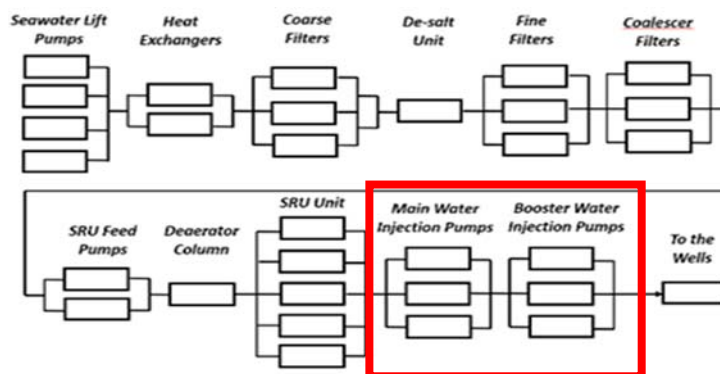


Fig.5 – Representação esquemática dos RBDs do Sistema de Injeção de Água em Poços.

Para uma população inicial de 40 indivíduos, a Figura 6 ilustra a Frente de Pareto com as gerações inicial (Gen0), na cor verde, e as duas melhores soluções da geração 9, representada na cor azul:

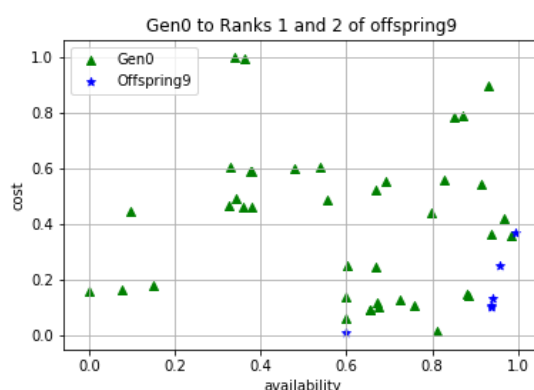


Fig.6 – Representação da codificação do RBD pelo método dos Algoritmos Genéticos

4. DISCUSSÃO

O gráfico mostra a evolução das soluções obtidas para obter opções de altos níveis de disponibilidade a custos mais baixos para as configurações. A 9ª geração oferece um conjunto de opções mais próximas da disponibilidade máxima e do custo mínimo que correspondem à maior parte da otimização de design necessária. A configuração que obteve o melhor resultado é de 3 x 50% para as bombas principal e *booster*, com um intervalo PM de 360 dias para as bombas principais e 180 para o *booster*, com uma disponibilidade de 99,78% a um custo de 1339 unidades. A próxima configuração melhor posicionada, com uma disponibilidade de 99,38% e custo de 1279 unidades, é de 3 x 50% para as bombas principais e de 4 x 33,34% para a *booster*, com um intervalo de PM de 270 dias para as bombas principais e *booster*.

5. CONCLUSÃO

O principal objetivo do trabalho é a proposta de uma metodologia para melhorar a identificação do valor do projeto nas fases iniciais dos sistemas de engenharia, pela combinação de técnicas matemáticas conhecidas, de forma inovadora. Com essa metodologia, a equipe de projeto pode contar com uma ferramenta rápida para fornecer as melhores alternativas ótimas de configurações da planta e com pontualidade para apoiar o processo de tomada de decisão. Estão sendo desenvolvidas melhorias para considerar a inclusão de dados quantitativos de unidades semelhantes, OFRs e a opinião de especialistas com base nas informações pseudo-espaciais de sistemas similares precedentes como as entradas de dados de confiabilidade e manutenção, com inferência bayesiana na metodologia.

6. REFERÊNCIAS:

- [1] ISO-20815. Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Production assurance and reliability management. 2018.
- [2] MERROW, E. W.; *Industrial Megaprojects: Concepts, Strategies, and Practices for Success*. Wiley. 2011.
- [3] SUSLICK, S.B. & SCHIOZER, DENIS & RODRIGUEZ, M.R.; “Uncertainty and risk analysis in petroleum exploration and production”. *Terra*. 2009.
- [4] VAN DER WEIJDE Van der Weijde, G.; *Front-End Loading in the Oil and Gas Industry - Towards a Fit Front-End Development Phase*. Master Science Thesis. Delft University of Technology – The Netherlands. 2008.
- [5] HOLLAND, J. H.; *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. MIT Press. Massachusetts, USA, 1975.
- [6] LEVITIN et al. Levitin, G. et al.; “Redundancy Optimization For Series-Parallel Multi-State Systems”. *IEEE Transactions on Reliability*, [s. l.], v. 47. 1998.
- [7] TABOADA; ESPIRITU; COIT MOMS- GA: “A Multi-Objective Multi-State Genetic Algorithm for System Reliability Optimization Design Problems”. *IEEE Transactions on Reliability*. 57. 182 - 191. 2008.
- [8] COIT e SMITH Coit, D. W.; Smith, A. E.; “Reliability Optimization Of Series-Parallel Systems Using A Genetic Algorithm”. *IEEE Transactions on Reliability*, [s. l.], v. 45, n. 2, p. 254–260, 263. 1996.
- [9] SCHLEDER, ARAÚJO e MARTINS Schleder, A. M.; Araújo, P. C. and Martins, M. R; “Multicriteria Optimization For System Configuration Using Monte Carlo Simulation And RAM Analysis.” *International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering - OMAE 2016*, Pusan. Korea. 2016.
- [10] ZANFORLIN, SCHLEDER e MARTINS Zanfronin, A. B. G.; Schleder, A. M. and Martins, M. R.; “Identification And Optimization Of Most Relevant Variables When Creating A Maintenance Strategy Of An Offshore Wind Farm”. *International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering - OMAE 2017*. Trondheim. Norway
- [11] BENITES et al Benites, R. D.; Martins, M. R.; Ferreira, E. A. B. & Lima, E. N.; “Otimização Multicritério De Configurações De Sistemas Mecânicos Utilizando Análise RAM “– ABRISCO Congress. Rio de Janeiro, Brazil. 2017.