

**ESCOLA NAVAL**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS**



**Exploração de Dados de Sensores com Aplicação de Cartas  
de Controlo Univariadas**

**Ana Rita Rodrigues Oliveira**

**MESTRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NAVAIS  
(ENGENHARIA NAVAL - RAMO DE MECÂNICA)**

2014



# ESCOLA NAVAL

## DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

### TESE DE MESTRADO EM CIÊNCIAS MILITARES NAVAIS

#### **Exploração de Dados de Sensores com Aplicação de Cartas de Controlo Univariadas**

O Mestrando,  
*(assinado no original)*

---

ASPOF EN-MEC Rodrigues

Oliveira

O Orientador  
*(assinado no original)*

---

CTEN EN-MEC Suzana da Silva

Lampreia

# Agradecimentos

Para que esta dissertação chegasse a bom porto foi necessário o apoio e ajuda de algumas pessoas, às quais gostaria de agradecer nas próximas linhas.

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à minha mãe pela incansável paciência e alegria que sempre demonstra, ao meu pai pela força sempre me deu e às irmãs por todo o apoio, paciência e alegria que me deram ao longo destes últimos anos, fizeram de mim o que sou hoje.

Agradeço à Marinha Portuguesa e em especial à Escola Naval, a formação e as experiências que me foram proporcionadas.

Faço questão de agradecer toda a exemplar orientação e dedicação concedidas pela Sr.<sup>a</sup> Eng.<sup>a</sup> Capitão-tenente Suzana Lampreia. A sua disponibilidade incondicional e diversos contributos assumiram grande importância na realização desta dissertação.

Agradeço também, de uma forma especial a toda a câmara de oficiais do N.R.P. *Jacinto Cândido*, por toda a disponibilidade e apoio prestados, na elaboração do presente trabalho.

Agradeço à Esquadilha de Submarinos, em especial ao NRP *Arpão* pela abertura e disponibilidade com que aceitaram todas as questões que surgiram durante a realização desta dissertação.

Agradeço a toda a minha família e amigos, pela paciência, apoio e alegrias que me deram.

Por fim, gostaria de agradecer ao João, pelo teu apoio incondicional e paciência inesgotável, agradeço-te por teres estado ao meu lado sempre que precisei.

# Resumo

A evolução que se tem vindo a assistir a nível económico leva a que, cada vez mais, pessoas e organizações sejam obrigadas a fazer mais com menos.

A Marinha Portuguesa não é exceção e na área de manutenção, que é uma das áreas mais dispendiosas, tem visto o seu orçamento ser reduzido gradualmente, levando por vezes à prática de uma gestão de manutenção pouco equilibrada.

A utilização de uma manutenção baseada na condição dos equipamentos ajuda o utilizador a compreender quais as variações que estão presentes no equipamento e as causas desses sintomas, possibilitando ainda a realização de estudos mais detalhados do comportamento dos equipamentos.

As cartas de controlo, mais especificamente, são ferramentas poderosas na manutenção, que permitem facilmente detetar variações e avarias existentes no sistema. A sua utilização baseia-se em alguns pressupostos analisados neste estudo como a independência e Normalidade dos dados. Caso se verifique a falha de um dos pressupostos a utilização das cartas pode levar a conclusões erradas.

Nesta dissertação foram utilizadas as cartas de Somas Acumuladas Modificadas e as cartas da Média Exponencialmente Amortecida Modificadas para a avaliação da condição do equipamento e estudar as respostas à degradação, utilizando dados gerados através da variação da média. As regras de intervenção de manutenção foram estabelecidas de acordo com a análise das cartas, tendo em vista o objetivo definido, maximizar a deteção de variações no sistema por se tratar de um equipamento crítico, ainda que existisse a hipótese de serem falsos avisos.

A metodologia apresentada foi desenvolvida na Escola Naval, com o objetivo de implementar a utilização de métodos de monitorização contínua de equipamentos na Marinha Portuguesa por forma a melhorar o apoio às decisões de manutenção.

# Abstract

The evolution that has been witnessing economically means that, increasingly, people and organizations are forced to do more with less.

The Portuguese Navy is no exception and in the maintenance area, which is one of the most expensive areas, has seen its budget be reduced gradually, sometimes leading to the practice of unbalanced maintenance management.

The use of a condition-based maintenance of equipment helps the user understand which variations are present in the equipment and the causes of these symptoms, even allowing for the realization of more detailed studies of the behavior of the equipment.

The control charts, more specifically, are powerful tools of maintenance, allowing an easily detection of variations and existing faults in the system. Its use is based on certain assumptions that are analyzed in this study as the independence and normality of the data. If one of the assumptions is not verified the use the charts can lead to wrong conclusions.

In this dissertation the Modified Cumulative Sums control charts and Modified Exponentially-Weighted Moving Average control charts are used for assessing equipment condition and were used to study the responses to degradation, using data generated by varying the average. The maintenance intervention rules were established according to the analysis of the charts, considering the defined objective, the maximization of the detection of variations in the system since it is critical equipment, though there were chances of being false warnings.

The presented methodology was developed at the Naval School, with the aim of implementing the use of methods of continuous monitoring equipment in the Portuguese Navy in order to improve decision support for maintenance.