



SPOLM 2007

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 08 e 09 novembro de 2007.

# **PRIMEIRAS DETECÇÕES DE ALVOS DE SUPERFÍCIE: APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ESTABELECIMENTO DOS PADRÕES DE CONFRONTAÇÃO DAS CLASSES DE NAVIOS**

**Grasiele Costa Menezes**

Centro de Apoio a Sistemas Operativos  
Ilha de Mocanguê Pequeno, s/n - BNRJ - Niterói - CEP: 24040-305  
zielimenezes@yahoo.com.br

**Armando Gonçalves Madeira Junior**

Centro de Apoio a Sistemas Operativos  
Ilha de Mocanguê Pequeno, s/n - BNRJ - Niterói - CEP: 24040-305  
madeira.mil@gmail.com

**Helio Rodrigues Valim**

Centro de Apoio a Sistemas Operativos  
Ilha de Mocanguê Pequeno, s/n - BNRJ - Niterói - CEP: 24040-305  
eng.valim@infolink.com.br

## **Resumo**

Este trabalho apresenta a análise estatística dos dados extraídos dos Exercícios Operativos (EXOP) relativos às distâncias das primeiras detecções RADAR de alvos de superfície de oportunidade registradas pelos diversos meios da Marinha do Brasil (MB), coletados nas comissões visando levantamento dos padrões de confrontação dos diversos meios da Esquadra. A análise dos dados é feita utilizando as ferramentas *boxplot*, que permite a identificação de valores atípicos, estatística descritiva e análise de variância, que permite verificar se os dados de navios de mesma classe podem ser considerados de uma mesma população.

Palavras-chave: boxplot, análise de variância

## **Abstract**

This work presents the analysis statistics of the extracted data of operations exercises relative to the distances of the first detentions RADAR of targets of surface of chance registered by the diverse ways of the Navy, collected in the commissions aiming at survey them confrontation standards them diverse ways of the squadron. The analysis of the data is made using the tools *boxplot*, allows the identification of atypical values, descriptive statistics and variance analysis, that allows to verify if the data of ships of same classroom can be considered of one same population.

Key-word: boxplot, variance analysis

## 1. INTRODUÇÃO

Os registros de primeiras detecções de alcance RADAR tem como propósito adestrar e aferir o desempenho do sistema operador-RADAR-repetidora na tarefa de vigilância contra ameaças de superfície; e subsidiar a coleta de dados para o estabelecimento de valores padrões de confrontação para cada Classe de Navio conforme o RADAR e o tamanho do alvo, visando ao planejamento de comissões da MB.

Os dados obtidos no Exercício Operativo (EXOP XZ-11) relativos às primeiras detecções de alvos de superfície de oportunidade registradas pelos diversos meios da MB têm sido inseridos em um banco de dados para posterior estabelecimento de padrões de detecção. Ressalta-se que a modelagem prevista não leva em consideração as condições de propagação, tendo sido utilizada a ferramenta *boxplot* para a identificação e eliminação de valores atípicos (*outliers*), de forma que estes não influenciem significativamente nas médias dos parâmetros (alcance de primeira detecção).

Na análise estatística foram utilizados a média e desvio padrão de forma a permitir o estabelecimento de padrões de detecção.

## 2. A METODOLOGIA BOXPLOT

A metodologia *boxplot* utilizada para identificação dos *outliers* baseia-se no fato que 99,3% da área de uma curva Normal<sup>1</sup> está delimitada entre os quartis inferior e superior. São considerados valores atípicos os registros que ficarem fora destes limites.

Segundo OLIVEIRA (2003) *Boxplot* é uma ferramenta que contempla as informações de cálculo da mediana, quartis, e pontos extremos. Os valores observados que não estiverem dentro da área delimitada pelos limites superior e inferior serão caracterizados como *outliers* e desconsiderados no cálculo da média e desvio padrão da primeira detecção RADAR.

A retirada do banco de dados dos valores atípicos é imprescindível para que os índices de medida de posição (média) e de dispersão (desvio padrão) não sejam afetados de forma exagerada, prejudicando a avaliação dos dados.

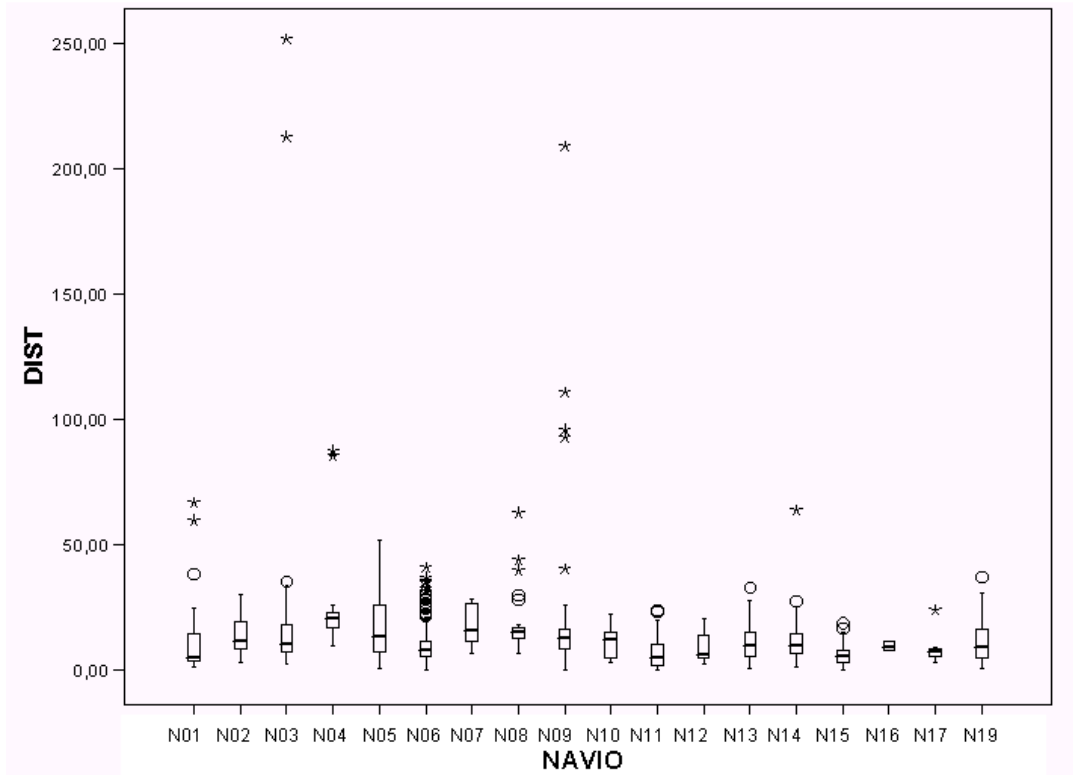
Os dados foram classificados de acordo com o tamanho do alvo, conforme descrito a seguir:

- Alvo Pequeno – Rebocador, Navio Patrulha e Pesqueiro;
- Alvo Médio – Fragata, Corveta, Contratorpedeiro Classe Pará e mercante de porte semelhante;
- Alvo Grande – Navio Aeródromo, Navio Desembarque de Doca e mercante de porte semelhante.

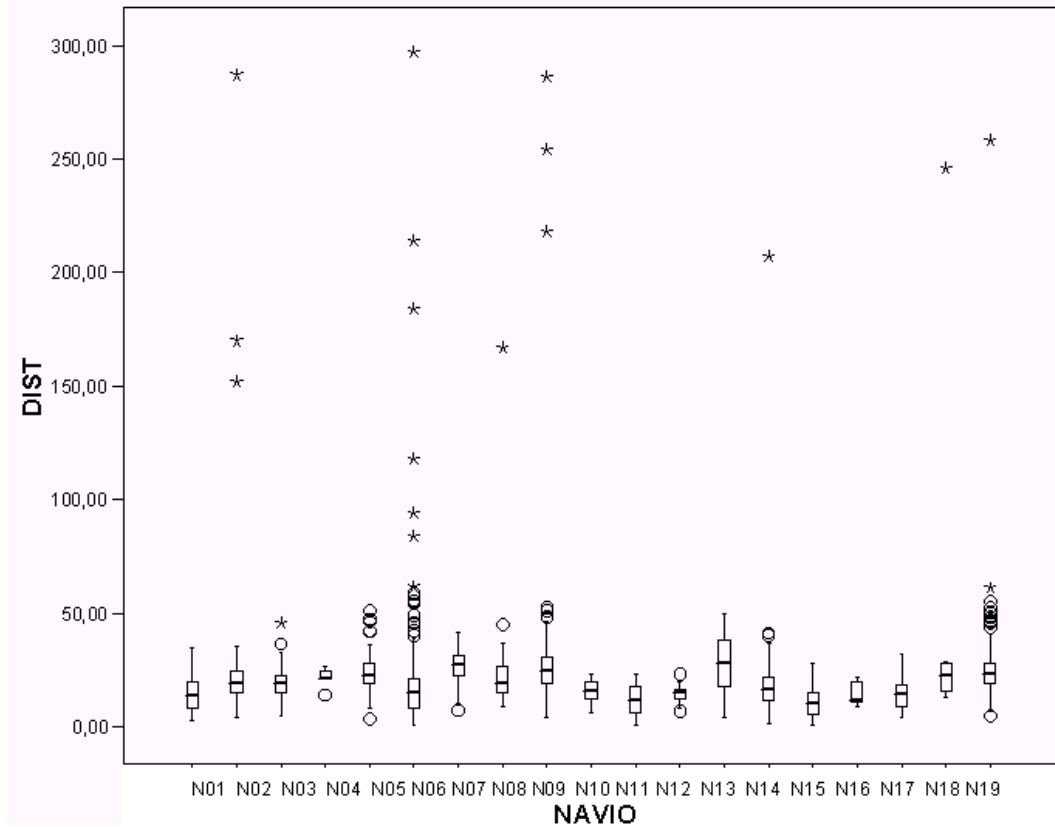
---

<sup>1</sup> A distribuição normal é a mais importante distribuição estatística. A curva Normal apresenta-se em formato de sino, unimodal, simétrica em relação a sua média.

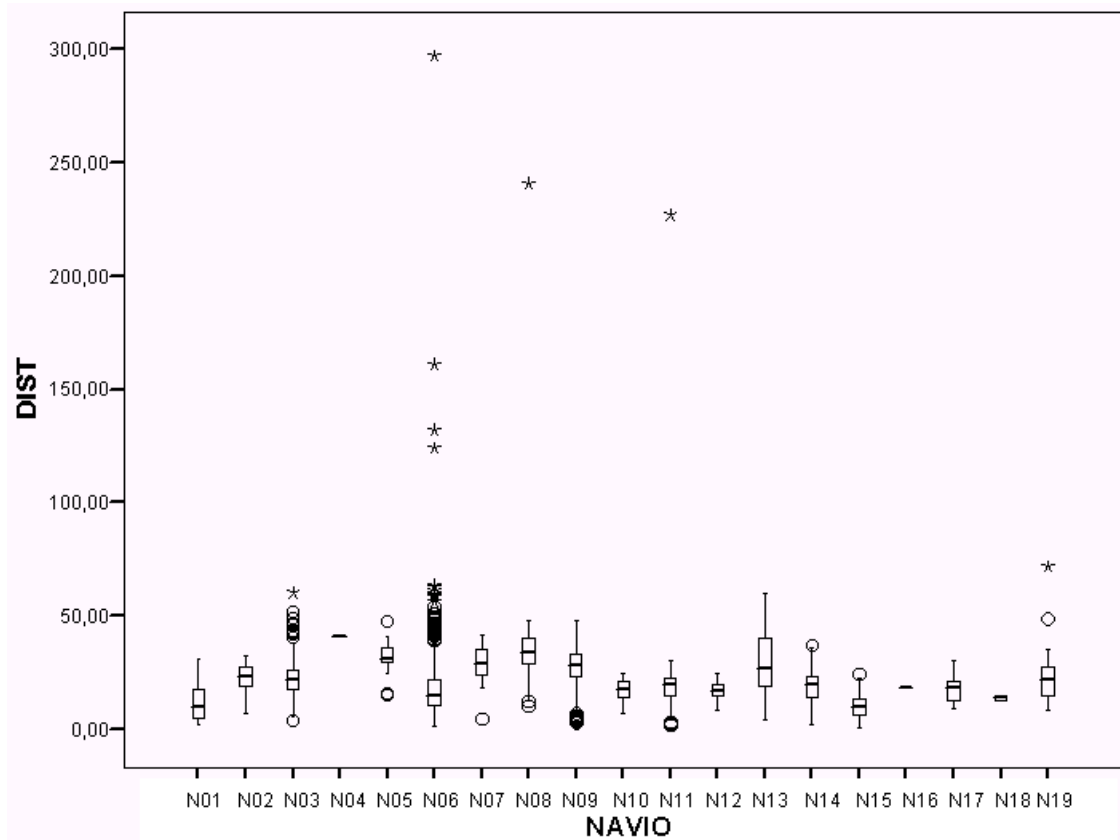
As figuras 1, 2 e 3 apresentam os gráficos com o resultado da aplicação da ferramenta *Boxplot* para cada tamanho de alvo. Os pontos indicados com asteriscos são os *outliers*.



**FIGURA 1: BOXPLOT DAS DISTÂNCIAS DE DETECÇÃO COM O TAMANHO DE ALVO PEQUENO**



**FIGURA 2: BOXPLOT DAS DISTÂNCIAS DE DETECÇÃO COM O TAMANHO DE ALVO MÉDIO**



**FIGURA 3: BOXPLOT DAS DISTÂNCIAS DE DETECÇÃO COM O TAMANHO DE ALVO GRANDE**

Através das figuras dos *boxplot* apresentados acima observa-se que o navio N06 apresentou *outliers* em todos os três tamanhos de alvo, o que demonstra uma grande inconsistência dos dados deste navio. O N03 e o N08 também apresentaram *outliers* para os três tamanhos de alvo, porém em um número reduzido de ocorrências.

As figuras dos *boxplot* permitiu identificar facilmente o comportamento dos dados de cada navio e verificar também o desempenho dos navios, em conjunto, conforme o tamanho do alvo.

### 3. RESULTADOS DOS MEIOS EXECUTORES

**TABELA 1 - MÉDIA E DESVIO PADRÃO DOS ALCANCES DE PRIMEIRA DETECÇÃO (MN)**

Navio	Radar	Alvos Pequenos			Alvos Médios			Alvos Grandes		
		Total	Média	Desvio Padrão	Total	Média	Desvio Padrão	Total	Média	Desvio Padrão
N01	SENSOR 1	95	<b>8,29</b>	6,08	71	<b>15,77</b>	7,36	40	<b>11,53</b>	8,17
	SENSOR 2	10	<b>10,24</b>	6,55	70	<b>13,15</b>	7,65	6	<b>10,53</b>	8,4
N02	SENSOR 3	31	<b>14,28</b>	7,27	178	<b>19,3</b>	6,37	66	<b>22,31</b>	6,02
	SENSOR 4	2	<b>11,4</b>	7,29	46	<b>20,43</b>	6,41	7	<b>25,99</b>	5,17
N03	SENSOR 3	10	<b>8,84</b>	6,71	17	<b>18,83</b>	4,62	30	<b>21,48</b>	6,84
	SENSOR 4	299	<b>12,77</b>	7,06	353	<b>18,52</b>	5,47	214	<b>21,49</b>	5,39
N04	SENSOR 3	1	<b>10</b>	–	2	<b>17,45</b>	8,29	–	–	–
	SENSOR 4	10	<b>19,88</b>	3,68	3	<b>24,13</b>	6,79	1	<b>41,1</b>	–
N05	SENSOR 3	41	<b>15,45</b>	11,13	82	<b>21,81</b>	6,4	26	<b>34,35</b>	6,01
	SENSOR 4	4	<b>18,7</b>	21,83	12	<b>23,47</b>	2,49	14	<b>31,99</b>	18,48
N06	SENSOR 3	203	<b>7,64</b>	3,8	313	<b>14</b>	7,82	271	<b>14,93</b>	7,08
	SENSOR 4	61	<b>9,72</b>	5,35	109	<b>18,16</b>	8,78	75	<b>26,54</b>	16,42
N07	SENSOR 5	19	<b>17,84</b>	7,96	33	<b>26,34</b>	6,58	26	<b>28,69</b>	7,9
	SENSOR 6	–	–	–	2	<b>10,25</b>	4,31	–	–	–
N08	SENSOR 5	1	<b>9</b>	–	47	<b>13,93</b>	1,64	7	<b>19,8</b>	2,32
	SENSOR 6	23	<b>14,1</b>	2,87	75	<b>24,76</b>	5,79	86	<b>33,71</b>	7,95
N09	SENSOR 5	14	<b>7,45</b>	5,01	21	<b>14,22</b>	5,38	8	<b>9,95</b>	4,87
	SENSOR 6	108	<b>13,31</b>	4,94	272	<b>25,47</b>	7,83	209	<b>29,63</b>	7,65
N10	SENSOR 7	7	<b>11,07</b>	7,13	28	<b>16,14</b>	4,61	49	<b>17,07</b>	4,82
N11	SENSOR 8	63	<b>6,79</b>	6,01	66	<b>11,91</b>	6,7	111	<b>18,65</b>	5,18
N12	SENSOR 9	33	<b>9,16</b>	5,77	65	<b>14,45</b>	2,69	92	<b>17,29</b>	3,72
N13	SENSOR 10	72	<b>10,61</b>	6,37	137	<b>27,6</b>	11,96	66	<b>29,28</b>	13,45
N14	SENSOR 11	30	<b>7,78</b>	2,97	58	<b>18,02</b>	10,25	40	<b>17,94</b>	8,46
	SENSOR 12	78	<b>12,11</b>	6,03	150	<b>16,25</b>	6,23	63	<b>19,46</b>	4,6
N15	SENSOR 13	18	<b>3,76</b>	2,41	66	<b>11,39</b>	7,06	67	<b>10,16</b>	5,38
	SENSOR 14	9	<b>7,31</b>	1,82	3	<b>8,8</b>	3,12	5	<b>9,9</b>	2,78
N16	SENSOR 15	19	<b>9,61</b>	1,37	64	<b>13,98</b>	4,44	–	–	–
	SENSOR 16	–	–	–	–	–	–	7	<b>18</b>	4,39
N17	SENSOR 17	11	<b>6,76</b>	2,19	44	<b>14,57</b>	6,73	13	<b>17,69</b>	5,93
	SENSOR 18	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N18	SENSOR 17	–	–	–	6	<b>20,48</b>	6,75	2	<b>13,8</b>	1,84
	SENSOR 18	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N19	SENSOR 17	38	<b>10,86</b>	6,94	199	<b>22,95</b>	6,46	29	<b>20,57</b>	8,92
	SENSOR 18	–	–	–	5	<b>16,36</b>	5,65	–	–	–

Fonte: Banco de Dados do EXOP XZ-11

Observa-se que a tabela 1 possui células com ausência de dados e, bem como células com dados estatisticamente irrelevantes (número de amostras filtradas inferior a 30 detecções), fatos estes que impossibilitam a análise completa .

Algumas unidades apresentaram alcances de alvos grandes menores que os de alvos médios, portanto inconsistentes. É possível que a causa desta distorção esteja relacionada a incorreta classificação de tamanhos de alvos.

Nota-se que a tabela apresenta valores de desvio padrão altos para algumas unidades, mesmo após a utilização do *boxplot*.

### 3.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Para uma análise consolidada dos navios por classe foi utilizado o método da Análise de Variância. Trata-se de um teste estatístico amplamente empregado que visa verificar se existe uma diferença significativa entre as médias das unidades de mesma classe.

A análise da variância pode ser considerada uma das mais eficientes técnicas disponíveis para o tratamento estatístico de dados. Ela é utilizada para comparar as médias dos grupos.

Em análise de variância, a variação total na mensuração dos resultados é subdividida em variações atribuídas a diferenças *entre* os grupos e variações devidas ao acaso ou atribuídas a variações inerentes *dentro* do grupo.

O símbolo  $n$  é utilizado para indicar o número de grupos. Admitindo-se que os  $n$  grupos que representam as populações seguem uma distribuição normal, e possuem iguais variâncias, a hipótese nula de nenhuma diferença nas médias aritméticas das populações:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

é testada em relação à hipótese alternativa de que nem todas as  $n$  médias aritméticas das populações são iguais:

$$H_1: \text{Nem todas as } \mu_j \text{ são iguais (onde } j = 1, 2, \dots, n)$$

Para realizar um teste de análise de variância de igualdade entre médias, a variação total (SQT) nas medidas é subdividida em duas partes: aquela devida às diferenças entre os grupos (SQE), e aquela devida à inerente variação dentro dos grupos (SQD).

#### VARIAÇÃO TOTAL

$$SQT = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \text{Média geral})^2$$

Onde:

$$\text{Média geral} = \frac{\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}}{n}$$

$X_{ij}$  =  $i$  – ésimas observação no grupo ou nível  $j$

$n_j$  = número de observações no grupo  $j$

$n$  = número total de observações em todos os grupos combinados (ou seja,  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_c$ )

$c$  = número de grupos ou níveis do fator de interesse

#### VARIAÇÃO ENTRE OS GRUPO

$$SQE = \sum_{j=1}^c n_j (\text{Média } j - \text{Média geral})^2$$

Onde:

$\text{Média } j$  = média aritmética da amostra do grupo  $j$

## VARIAÇÃO DENTRO DO GRUPO

$$SQD = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \text{Média}_j)^2$$

Onde:

$X_{ij}$  =  $i$  – ésima observação no grupo ou nível  $j$

$\text{Média}_j$  = Média aritmética da amostra do grupo  $j$

## OBTENDO OS QUADRADOS DA MÉDIA ARITMÉTICA

$$MQE = \frac{SQE}{c - 1}$$

$$MQD = \frac{SQD}{n - c}$$

$$MQT = \frac{SQT}{n - 1}$$

O nome do procedimento da análise de variância deriva do fato de ser obtido através da análise de variâncias. Se a hipótese nula for verdadeira, e não existirem diferenças reais nas médias dos  $c$  grupos, todos os três termos de quadrados das médias MQE, MQD e MQT – que representam, eles próprios, variâncias – fornecem estimativas da variância,  $\sigma^2$ , inerentes aos dados. Portanto para testar a hipótese nula:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

Em relação à hipótese alternativa:

$$H_1 : \text{Nem todas as } \mu_j \text{ são iguais (onde } j = 1, 2, \dots, n)$$

## A ESTATÍSTICA DO TESTE F

$$F = \frac{MQE}{MQD}$$

A regra de decisão agora é:

Rejeitar  $H_0$  se  $F > F_s$

Caso contrário, não Rejeitar  $H_0$ .

Foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

$H_0$  = as médias das amostras estimam a média populacional, porque não há diferenças significativas entre elas e;

$H_a$  = as médias das amostras não estimam a média populacional, porque são diferentes entre si.

A hipótese nula sempre será rejeitada quando “f” calculado for maior que o tabelado, assumindo que as médias das amostras diferem significativamente entre si.

Para os navios que são os únicos representantes de classe e para as classes em que apenas um navio contribuiu com dados do EXOP XZ-11, não se aplica o teste acima, e a análise se restringiu apenas a média e desvio padrão. Neste sentido, apenas foram analisados as seguintes classes: C02, C03 e C09 (somente para o SENSOR 17).

O teste foi considerado satisfatório para o RADAR SENSOR 03 da C02 e para o SENSOR 17 da C09, para os demais radares, o teste foi considerado insatisfatório.



**TABELA 2 - MÉDIA E INTERVALO DE CONFIANÇA (IC) POR CLASSE DE NAVIO E TAMANHO DO ALVO**

Classe	Radar	Alvos Pequenos			Alvos Médios			Alvos Grandes		
		Total	Média	Desvio Padrão	Nº Obs	Média	Desvio Padrão	Nº Obs	Média	Desvio Padrão
C01	SENSOR 1	95	<b>8,29</b>	6,08	71	<b>15,77</b>	7,36	40	<b>11,53</b>	8,17
	SENSOR 2	10	<b>10,24</b>	6,55	70	<b>13,15</b>	7,65	6	<b>10,53</b>	8,4
C02	SENSOR 3	296	<b>9,71</b>	6,21	595	<b>16,88</b>	7,86	403	<b>18,16</b>	8,86
	SENSOR 4	380	<b>12,71</b>	7,15	518	<b>18,62</b>	6,09	311	<b>22,4</b>	8,29
C03	SENSOR 5	34	<b>13,3</b>	8,45	101	<b>18,04</b>	7,39	41	<b>23,51</b>	10,03
	SENSOR 6	131	<b>13,45</b>	4,65	349	<b>25,23</b>	7,51	295	<b>30,82</b>	7,95
C04	SENSOR 7	7	<b>11,07</b>	7,13	28	<b>16,14</b>	4,61	49	<b>17,07</b>	4,82
C05	SENSOR 8	63	<b>6,79</b>	6,01	66	<b>11,91</b>	6,7	111	<b>18,65</b>	5,18
C06	SENSOR 9	33	<b>9,16</b>	5,77	65	<b>14,45</b>	2,69	92	<b>17,29</b>	3,72
C07	SENSOR 10	72	<b>10,61</b>	6,37	137	<b>27,6</b>	11,96	66	<b>29,28</b>	13,45
C08	SENSOR 11	30	<b>7,78</b>	2,97	58	<b>18,02</b>	10,25	40	<b>17,94</b>	8,46
	SENSOR 12	78	<b>12,11</b>	6,03	150	<b>16,25</b>	6,23	63	<b>19,46</b>	4,6
	SENSOR 13	18	<b>3,76</b>	2,41	66	<b>11,39</b>	7,06	67	<b>10,16</b>	5,38
	SENSOR 14	9	<b>7,31</b>	1,82	3	<b>8,8</b>	3,12	5	<b>9,9</b>	2,78
C09	SENSOR 17	49	<b>9,79</b>	6,00	250	<b>21,34</b>	7,3	44	<b>19,41</b>	7,09
	SENSOR 18	–	–	–	5	<b>16,36</b>	5,65	–	–	–
C10	SENSOR 15	19	<b>9,61</b>	1,37	64	<b>13,98</b>	4,44	–	–	–
	SENSOR 16	–	–	–	–	–	–	7	<b>18</b>	4,39

Fonte: Banco de Dados do EXOP XZ-11

#### 4. CONCLUSÃO

Os dados de primeiras detecções RADAR conforme o tamanho de alvo após a utilização da ferramenta estatística *boxplot* continuaram apresentando inconsistência devido ao pequeno tamanho de amostra para algumas unidades e a falta de critério na avaliação do tamanho do alvo para outras, desta forma os resultados obtidos de média e desvio padrão de algumas unidades não foram considerados satisfatórios;

O fato acima influencia diretamente na análise de variância, visto que é necessário que todos os dados a serem analisados nesta ferramenta tenham igual qualidade estatística;

Desta forma, as informações constantes das tabelas 1 e 2 traduzem apenas uma idéia de desempenho dos radares das classes e navios, por ter sido reprovado no teste estatístico ou por número insuficiente de amostras. Portanto, não recomenda-se a sua utilização como padrões de utilização;

Para o aprimoramento dos dados consolidados analisados acima, necessita-se:

- A maximização na coleta de dados por parte dos meios, de forma que a amostra seja estatisticamente relevante;
- A classificação adequada das espécies de alvos (pequeno, médio e grande);
- A coleta de dados de todos os radares dos meios que realizam o EXOP;

A finalidade deste trabalho foi a de aplicar a ferramenta estatística da análise de variância com a finalidade de validar a utilização de todos os valores de uma classe de navios para obtenção da média da mesma visando fornecer padrões de confrontação para auxílio nas comissões da MB. Para uma melhor análise dos dados é fundamental uma melhor qualidade no registro das informações de primeira detecção de alvos de superfície.

## **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BUSSAB, W. B. & MORETTIN, P. A. Estatística básica. Saraiva, São Paulo, 2002..

CRESPO, A. A., Estatística fácil. Saraiva, São Paulo, 1995.

LEVINE, D. M. ; BERENSON, M. L. ; STEPHAN, D. Estatística: teoria e aplicações. LTC, Rio de Janeiro, 2000.

LOPES, P. A. Probabilidades Estatística: conceitos modelos aplicações em excel. Reichmann & Affonso, Rio de Janeiro, 1999.

MOORE, D. A estatística básica e sua prática. LTC, Rio de Janeiro, 2000.

OLIVEIRA, C. A. “Análise da Distribuição e Identificação de “Outliers” de um conjunto de dados de primeira detecção RADAR utilizando a ferramenta “Boxplot”, Pesquisa Naval: Suplemento Especial Revista Marítima Brasileira, n° 16 pp 269-275, 2003.