



**HENRIQUE CAMACHO ALVES**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

# Aplicação da Metodologia Seis Sigma num terminal portuário de contentores

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa

março, 2023





## Aplicação da Metodologia Seis Sigma num terminal portuário de contentores

### **HENRIQUE CAMACHO ALVES**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Orientadora:** Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,  
Professora Associada, Universidade NOVA de Lisboa

#### **Júri:**

**Presidente:** Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado,  
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade NOVA de Lisboa

**Arguentes:** Doutor Duarte Nuno Caldeira Cordeiro Dinis,  
Professor Auxiliar Convidado da Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

**Orientador:** Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,  
Professora Associada da Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

**Membros:** Engenheiro Luís Miguel Garcês Marques, Administrador  
Executivo da OPM, Sociedade Portuárias da Madeira

## **Aplicação da Metodologia Seis Sigma num terminal portuário de contentores**

Copyright © Henrique Camacho Alves, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## AGRADECIMENTOS

E assim termina mais um capítulo, o mais desafiante até hoje.

Quero agradecer à Professora Ana Sofia Matos pelo apoio não só durante a elaboração desta dissertação, mas também ao longo de todo o meu processo académico.

Ao Eng. Miguel Marques, a toda a equipa do escritório e a todos os estivadores muito obrigado por me terem acolhido e ajudado em todos os momentos da minha estadia no porto.

Ao Filipe Nóbrega um especial obrigado por todas as horas perdidas e dúvidas básicas esclarecidas sem qualquer hesitação.

E por fim, à minha família, de sangue e não só, por me ouvirem, apoiarem e chatearem quando mais precisei. Obrigado, Ana M., Ana R, Ema, Garida, Gui, Joana e, especialmente, Carminho.



“The best time to plant a tree is 20 years ago,  
the second-best time is now.” (Chinese popular proverb).



## RESUMO

Com o aumento do volume de carga e, em específico, contentores, a ser transportada por via marítima, os portos que a recebem têm sentido cada vez mais pressão para aumentar a sua eficiência e capacidade de gerir as necessidades dos clientes.

Através do Seis Sigma, e com o objetivo geral de melhorar a eficiência do terminal, este estudo focou-se nas atividades em parque. Mais especificamente, procurou-se reduzir o número de clientes a levantar viaturas em momentos inadequados e o tempo de permanência das trelas em parque. Para tal, recorreu-se ao ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) e, em cada fase deste ciclo, várias ferramentas e técnicas foram aplicadas, de acordo com as necessidades do projeto.

Após detalhar as componentes e intervenientes do processo, assim como identificar os problemas, caracterizou-se cada parte constituinte do projeto e de que forma estes o influenciam como um todo. Analisou-se o estado corrente das metas definidas, assim como outras métricas relevantes, como os tempos de baldeamentos da carga em parque e os tempos de descarga dos navios. Em seguida, encontraram-se as causas raiz para os problemas identificados e apresentaram-se melhorias para colmatá-las.

Das melhorias propostas, a primeira, um sistema de aviso para levantamento de viaturas, resultou numa redução do tempo desde a descarga das viaturas à sua saída de parque de 67% e também levou a algumas mudanças nos métodos de trabalho da empresa. A segunda melhoria, a reinterpretação do sistema de posições dos contentores em parque, não pôde ser implementada devido a restrições na possibilidade de alterações do sistema interno da empresa. A terceira e última melhoria, uma plataforma de previsão da hora de descarga, apesar do seu potencial para

aumentar significativamente o nível sigma associado à parte do processo que afetaria, durante a fase de testes, surgiram restrições à sua implementação total.

**Palavras chave:** Seis Sigma, DMAIC, Melhoria Contínua.

## ABSTRACT

With the increase in the volume of cargo, and specifically containers, being transported by sea, receiving ports have felt increasing pressure to increase their efficiency and ability to manage customer needs.

Through Six Sigma, and with the overall aim of improving terminal efficiency, this study focused on park activities. More specifically, we tried to reduce the number of customers picking up cars at inappropriate times and the time the leashes remain in the park. To this end, the DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) cycle was used, and, in each phase of this cycle, various tools and techniques were applied, according to the needs of the project.

After detailing the components and players in the process, as well as identifying the problems, each constituent part of the project was characterised and how they influence it as a whole. The current status of the defined goals was analyzed, as well as other relevant metrics, such as the load baling times in the yard and the unloading times of the ships. The root causes of the identified problems were then found, and improvements were proposed to address them.

Of the proposed improvements, the first, a warning system for picking up vehicles, resulted in a 67% reduction in the time from unloading the vehicles to leaving the depot and also led to some changes in the company's working methods. The second improvement, the reinterpretation of the system for the positions of the containers in the park, could not be implemented due to restrictions in the possibility of changes to the company's internal system. The third and final improvement, a platform for forecasting the unloading time, despite its potential to significantly increase the sigma level associated with the part of the process it would affect, during the testing phase, restrictions to its full implementation arose.

**Keywords:** Six Sigma, DMAIC, Continuous Improvement.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Enquadramento do tema .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.3	Metodologia Proposta .....	2
1.4	Estrutura da Dissertação .....	2
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA E METODOLOGIA PROPOSTA</b> .....	<b>5</b>
2.1	Logística portuária .....	5
2.2	Melhoria Contínua e Seis Sigma.....	7
2.3	Fase <i>Define</i> .....	12
2.3.1	Project Charter .....	13
2.3.2	SIPOC.....	14
2.3.3	Método AHP .....	14
2.4	Fase <i>Measure</i> .....	16
2.4.1	Fluxograma.....	18
2.4.2	Identificação de <i>Outliers</i> .....	19
2.4.3	Análise de Variância - <i>One-Way</i> ANOVA.....	20
2.4.4	SPC.....	23
2.4.5	Nível Sigma.....	25
2.5	Fase <i>Analyze</i> .....	26
2.5.1	Método dos “Porquês” .....	27

2.6	Fase <i>Improve</i> .....	27
2.7	Fase <i>Control</i> .....	29
<b>3</b>	<b>CARATERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>31</b>
3.1	Navios .....	32
3.2	Equipamentos .....	35
3.3	Equipas.....	37
3.4	Organização do Parque .....	38
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>43</b>
4.1	Fase <i>Define</i> .....	43
4.1.1	Iniciar o Project Charter .....	44
4.1.2	SIPOC .....	45
4.1.3	Levantamento e <i>ranking</i> dos problemas .....	45
4.1.4	Concluir Project Charter .....	50
4.2	Fase <i>Measure</i> .....	51
4.2.1	Processo inicialmente.....	52
4.2.2	Estabelecer ponto de situação .....	55
4.2.2.1	Meta 1 - Clientes a levantar viaturas no momento inadequado.....	55
4.2.2.2	Meta 2 – Tempo de permanência das trelas em parque.....	57
4.2.3	Outras métricas.....	58
4.2.3.1	Baldeamentos.....	58
4.2.3.1	Tempos de descarga do navio .....	60
4.2.3.1.1	Contentores, Viaturas e Carga Convencional.....	63
4.2.3.1.2	Outra Carga.....	67
4.2.3.1.3	Parâmetros para cada navio.....	68
4.2.4	Revisão do Project Charter .....	70
4.3	Fase <i>Analyze</i> .....	70
4.3.1	Problema 1: Levantamento das Viaturas no momento inadequado .....	71

4.3.2	Problema 3: Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para a pilha).....	72
4.3.3	Problema 4: Tempo de espera dos camiões (descarga do navio).....	73
4.4	Fase <i>Improve</i> .....	74
4.4.1	Sistema de aviso para levantamento de viaturas .....	74
4.4.2	Reinterpretação do sistema de posições dos contentores em parque .....	76
4.4.3	Plataforma de previsão da hora de descarga.....	79
4.5	Fase <i>Control</i> .....	84
4.5.1	Sistema de aviso para levantamento de Viaturas .....	85
4.5.2	Reinterpretação do sistema de posições dos contentores em parque .....	86
4.5.3	Plataforma de previsão da hora de descarga.....	86
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>89</b>
5.1	Propostas para trabalhos futuros .....	90
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>95</b>
Anexo A	Tabela de conversão de DPMO para nível Sigma.....	95
Anexo B	Fatores para construção de Cartas de Controlo .....	96
Anexo C	Formulário de Entrevistas .....	97
Anexo D	Análise do tempo de descarga das componentes do navio A1.....	98
Anexo E	Análise do tempo de descarga das componentes do navio B1 .....	106
Anexo F	Análise do tempo de descarga das componentes do navio A2.....	114
Anexo G	Análise do tempo de descarga das componentes do navio B2 .....	126
Anexo H	Análise do tempo de descarga de Outra Carga .....	128
Anexo I	Análise do tempo de descarga do navio A1 .....	132
Anexo J	Análise do tempo de descarga do navio B1.....	135
Anexo K	Análise do tempo de descarga do navio A2 .....	138
Anexo L	Análise do tempo de descarga do navio B2.....	141



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ciclo DMAIC.....	10
Figura 2.2 - Exemplo SIPOC.....	14
Figura 2.3 - Símbolos base dos fluxogramas.....	18
Figura 3.1 - Tipos de Carga .....	31
Figura 3.2 - Mapa do parque.....	32
Figura 3.3 - Plano de atracação dos navios .....	32
Figura 3.4 - Porão de um navio.....	33
Figura 3.5 - Navio de contentores genérico .....	34
Figura 3.6 - <i>Bay</i> "20" do navio A1 .....	34
Figura 3.7 - Máquina de deslocação vertical ou grua .....	35
Figura 3.8 - Deslocação vertical de:.....	36
Figura 3.9 - Máquina de deslocação horizontal ou <i>Kalmar</i> .....	36
Figura 3.10 - Empilhadora .....	37
Figura 3.11 - Estrutura de equipa .....	38
Figura 3.12 - Posições 1, 2 e 3 (de baixo para cima) .....	39
Figura 3.13 - Posições 1º, 2º e 3º (de baixo para cima) .....	39
Figura 3.14 - <i>Layout</i> das zonas do parque .....	40
Figura 4.1 - Fase <i>Define</i> .....	44
Figura 4.2 - <i>Project Charter</i> inicial.....	44
Figura 4.3 - SIPOC .....	45
Figura 4.4 - Matriz de comparação de critérios para Escritório .....	47
Figura 4.5 - Matriz de comparação de critérios para Estivador .....	47
Figura 4.6 - Matriz de comparação dos critérios - Resumo .....	48
Figura 4.7 - Matriz de ponderação dos critérios.....	48
Figura 4.8 - Matriz de votação dos problemas para Estivador .....	48

Figura 4.9 - Matriz de votação dos problemas para Escritório .....	49
Figura 4.10 - Matriz resultante da votação dos problemas.....	49
Figura 4.11 - Matriz final dos problemas e <i>ranking</i> obtido .....	49
Figura 4.12 - <i>Project Charter</i> no final da fase <i>Define</i> .....	51
Figura 4.13 - Fase <i>Measure</i> .....	52
Figura 4.14 - Fluxograma do processamento dos vários tipos de carga .....	52
Figura 4.15 - Fluxograma do processamento de uma trela.....	54
Figura 4.16 - Processamento de viaturas antes da implementação de uma melhoria (Parte da Figura 4.14) .....	55
Figura 4.17 - Processamento de viaturas após a implementação de uma melhoria (Parte da Figura 4.14) .....	55
Figura 4.18 - Ilustração dos passos seguidos para caracterizar o tempo de processamento das viaturas .....	56
Figura 4.19 - Número de observações de tempos de permanência das trelas em parque em intervalos de 10 minutos .....	57
Figura 4.20 - Exemplo de situação de contentor numa pilha (1).....	58
Figura 4.21 - Exemplo de situação de contentor numa pilha (2).....	59
Figura 4.22 - Representação da distribuição de baldeamentos feitos dentro do mesmo lado da mesma pilha e fora .....	60
Figura 4.23 - Representação do tempo de descarga de uma carga e do que tal engloba.....	61
Figura 4.24 - Influências no tempo de descarga de uma carga .....	62
Figura 4.25 - <i>Box-Plot</i> dos dados dos tempos de descarga dos navios .....	66
Figura 4.26 - Fase <i>Analyze</i> .....	71
Figura 4.27 - Fase <i>Improve</i> .....	74
Figura 4.28 - Exemplo de preenchimento do Excel de registo de chaves das viaturas.....	74
Figura 4.29 - Exemplo email enviado aos transitários.....	75
Figura 4.30 - Sistema de posicionamento de contentores nas pilhas.....	77
Figura 4.31 - Novo sistema de posicionamento ideal dos contentores na pilha .....	78
Figura 4.32 - Novo sistema de posicionamento real dos contentores na pilha .....	79
Figura 4.33 – Figura de excel de apoio à plataforma de previsão da hora de descarga - tipos de carga .....	80
Figura 4.34 – Figura de excel de apoio à plataforma de previsão da hora de descarga - tempos de descarga de cada carga .....	81
Figura 4.35 - Tempo a acrescentar e subtrair à hora estimada de descarga de uma determinada <i>bay</i> .....	81

Figura 4.36 - Página de <i>upload</i> do Excel.....	82
Figura 4.37 – Figura de tabela com a ordem de descarga do navio .....	82
Figura 4.38 - Tabela com a grua a utilizar para descarregar cada <i>bay</i> do navio .....	83
Figura 4.39 - Procura de contentor .....	83
Figura 4.40 - Hora real de começo da descarga de cada <i>bay</i> .....	83
Figura 4.41 - Fase <i>Control</i> .....	85



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A.1 - Tabela de conversão de DPMO para Nível Sigma.....	95
Anexo B.1 - Tabela de fatores para a construção de Cartas de Controlo.....	96
Anexo C.1 - Formulário de entrevistas no âmbito do método AHP - avaliação de critérios.....	97
Anexo C.2 - Formulário de entrevistas no âmbito do método AHP - avaliação de problemas.....	97
Anexo D.1 - Independência - Equipas de Contentores do navio A1.....	98
Anexo D.2 - Homogeneidade - Equipas de Contentores do navio A1 .....	98
Anexo D.3 - Normalidade - Equipas de Contentores do navio A1 .....	99
Anexo D.4 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Contentores do navio A1.....	99
Anexo D.5 - Teste Kruskal-Wallis - Equipas de Contentores do navio A1 .....	99
Anexo D.6 - Independência - Recursos de Contentores do navio A1 .....	100
Anexo D.7 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio A1 .....	100
Anexo D.8 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio A1.....	101
Anexo D.9 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Contentores do navio A1 .....	101
Anexo D.10 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Contentores do navio A1.....	101
Anexo D.11 - Independência - Equipas de Viaturas do navio A1 .....	102
Anexo D.12 - Homogeneidade - Equipas de Viaturas do navio A1 .....	102
Anexo D.13 - Normalidade - Equipas de Viaturas do navio A1.....	103
Anexo D.14 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Viaturas do navio A1 .....	103
Anexo D.15 - Independência - Recursos de Viaturas do navio A1.....	104
Anexo D.16 - Homogeneidade - Recursos de Viaturas do navio A1.....	104
Anexo D.17 - Normalidade - Recursos de Viaturas do navio A1 .....	105
Anexo D.18 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Viaturas do navio A1.....	105
Anexo D.19 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Viaturas do navio A1 .....	105
Anexo E.1 - Independência - Equipas de Contentores do navio B1 .....	106
Anexo E.2 - Homogeneidade - Equipas de Contentores do navio B1.....	106

Anexo E.3 - Normalidade - Equipas de Contentores do navio B1.....	107
Anexo E.4 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Contentores do navio B1 .....	107
Anexo E.5 - Teste Kruskal-Wallis - Equipas de Contentores do navio B1.....	107
Anexo E.6 - Independência - Recursos de Contentores do navio B1.....	108
Anexo E.7 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio B1 .....	108
Anexo E.8 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio B1 .....	109
Anexo E.9 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Contentores do navio B1.....	109
Anexo E.10 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Contentores do navio B1 .....	109
Anexo E.11 - Independência - Equipas de Viaturas do navio B1.....	110
Anexo E.12 - Homogeneidade - Equipas de Viaturas do navio B1 .....	110
Anexo E.13 - Normalidade - Equipas de Viaturas do navio B1 .....	111
Anexo E.14 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Viaturas do navio B1.....	111
Anexo E.15 - Independência - Recursos de Viaturas do navio B1 .....	112
Anexo E.16 - Homogeneidade - Recursos de Viaturas do navio B1.....	112
Anexo E.17 - Normalidade - Recursos de Viaturas do navio B1.....	113
Anexo E.18 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Viaturas do navio B1 .....	113
Anexo E.19 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Viaturas do navio B1.....	113
Anexo F.1 - Independência - Equipas de Contentores do navio A2.....	114
Anexo F.2 - Homogeneidade - Equipas de Contentores do navio A2 .....	114
Anexo F.3 - Normalidade - Equipas de Contentores do navio A2 .....	115
Anexo F.4 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Contentores do navio A2.....	115
Anexo F.5 - Teste Kruskal-Wallis - Equipas de Contentores do navio A2 .....	115
Anexo F.6 - Independência - Recursos de Contentores do navio A2 .....	116
Anexo F.7 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio A2.....	116
Anexo F.8 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio A2.....	117
Anexo F.9 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Contentores do navio A2 .....	117
Anexo F.10 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Contentores do navio A2.....	117
Anexo F.11 - Independência - Equipas de Viaturas do navio A2 .....	118
Anexo F.12 - Homogeneidade - Equipas de Viaturas do navio A2.....	118
Anexo F.13 - Normalidade - Equipas de Viaturas do navio A2.....	119
Anexo F.14 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Viaturas do navio A2 .....	119
Anexo F.15 - Independência - Recursos de Viaturas do navio A2.....	120
Anexo F.16 - Homogeneidade - Recursos de Viaturas do navio A2 .....	120
Anexo F.17 - Normalidade - Recursos de Viaturas do navio A2 .....	121
Anexo F.18 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Viaturas do navio A2.....	121

Anexo F.19 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Viaturas do navio A2 .....	121
Anexo F.20 - Independência - Equipas de Carga Convencional do navio A2 .....	122
Anexo F.21 - Homogeneidade - Equipas de Carga Convencional do navio A2 .....	122
Anexo F.22 - Normalidade - Equipas de Carga Convencional do navio A2.....	123
Anexo F.23 - <i>One-Way</i> ANOVA - Equipas de Carga Convencional do navio A2 .....	123
Anexo F.24 - Independência - Recursos de Carga Convencional do navio A2.....	124
Anexo F.25 - Homogeneidade - Recursos de Carga Convencional do navio A2 .....	124
Anexo F.26 - Normalidade - Recursos de Carga Convencional do navio A2 .....	125
Anexo F.27 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Carga Convencional do navio A2.....	125
Anexo G.1 - Independência - Recursos de Contentores do navio B2.....	126
Anexo G.2 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio B2.....	126
Anexo G.3 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio B2 .....	127
Anexo G.4 - <i>One-Way</i> ANOVA - Recursos de Contentores do navio B2.....	127
Anexo G.1 - Independência - Outra Carga .....	128
Anexo H.2 - Homogeneidade - Outra Carga.....	128
Anexo H.3 - Normalidade - Outra Carga.....	129
Anexo H.4 - <i>One-Way</i> ANOVA - Outra Carga .....	129
Anexo H.5 - Teste Kruskal-Wallis - Outra Carga.....	129
Anexo H.6 - Normalidade - Dados originais de Outra Carga.....	130
Anexo H.7 - Transformação Box-Cox - Outra Carga.....	130
Anexo H.8 - Normalidade - Outra Carga após transformação Box-Cox .....	131
Anexo I.1 - Normalidade - Contentores do navio A1.....	132
Anexo I.2 - Transformação Box-Cox - Contentores do navio A1.....	132
Anexo I.3 - Normalidade - Contentores do navio A1 após transformação Box-Cox .....	133
Anexo I.4 - Normalidade - Viaturas do navio A1 .....	133
Anexo I.5 - Transformação Box-Cox - Viaturas do navio A1 .....	134
Anexo I.6 - Normalidade - Viaturas do navio A1 após transformação Box-Cox.....	134
Anexo J.1 - Normalidade - Contentores do navio B1 .....	135
Anexo J.2 - Transformação Box-Cox - Contentores do navio B1 .....	135
Anexo J.3 - Normalidade - Contentores do navio B1 após transformação Box-Cox.....	136
Anexo J.4 - Normalidade - Viaturas do navio B1.....	136
Anexo J.5 - Transformação Box-Cox - Viaturas do navio B1 .....	137
Anexo J.6 - Normalidade - Viaturas do navio B1 após transformação Box-Cox .....	137
Anexo K.1 - Normalidade - Viaturas do navio A2.....	138
Anexo K.2 - Transformação Box-Cox - Viaturas do navio A2.....	138

Anexo K.3 - Normalidade - Viaturas do navio A2 após transformação Box-Cox.....	139
Anexo K.4 - Normalidade - Carga Convencional do navio A2.....	139
Anexo K.5 - Transformação Box-Cox - Carga Convencional do navio A2.....	140
Anexo L.1 - Normalidade - Contentores do navio B2 .....	141
Anexo L.2 - Transformação Box-Cox - Contentores do navio B2 .....	141
Anexo L.3 - Normalidade - Contentores do navio B2 após transformação Box-Cox.....	142

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Escala de Saaty.....	15
Tabela 2.2 - <i>Random Indexes</i> de consistência.....	16
Tabela 2.3 - Tabela ANOVA, um fator a vários níveis .....	21
Tabela 4.1 - Tempos médios associados ao levantamento das viaturas .....	57
Tabela 4.2 - Média, em segundos, dos tempos dos baldeamentos observados .....	59
Tabela 4.3 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio A1 .....	64
Tabela 4.4 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio B1 .....	65
Tabela 4.5 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio A2 .....	65
Tabela 4.6 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio B2 .....	66
Tabela 4.7 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para Outra Carga.....	67
Tabela 4.8 - Parâmetros de Outra Carga .....	68
Tabela 4.9 - Parâmetros obtidos para os vários navios e tipos de carga.....	68
Tabela 4.10 - Médias dos tempos de descarga obtidos em várias fases do procedimento seguido (em minutos e segundos) .....	69
Tabela 4.11 - Médias dos tempos de descarga obtidos em várias fases do procedimento seguido (em descargas por hora) .....	70
Tabela 4.12 – Tabela excel de apoio à plataforma de previsão da hora de descarga - tempos de descarga de cada bay .....	81



## GLOSSÁRIO

<b>Bay</b>	Porção de um navio com 1 contentor de altura, 2 TEUs de comprimento, abrangendo a largura total do navio.
<b>Baldeamento</b>	Movimentação de carga dentro do parque ou navio
<b>Kalmar</b>	Máquina de deslocação de carga em parque
<b>Trela</b>	Atrelado onde, engatado a um camião, se coloca a carga para ser movimentada

**Nota:** Estes termos podem ser regionalismos do local onde foi desenvolvido o trabalho e, portanto, podem não ser os mesmos em contextos iguais noutros locais.



# INTRODUÇÃO

Neste capítulo, procura-se enquadrar o tema deste estudo, assim como os seus objetivos, metodologia proposta e estrutura seguida.

## 1.1 Enquadramento do tema

Com o aumento do volume de contentores para transportar carga por via marítima, os portos que a recebem têm vindo a sentir a necessidade de expandir também a sua capacidade de resposta (Baştuğ et al., 2022). Em simultâneo, atualmente, muita ênfase é posta na satisfação do cliente, na eficiência dos processos com que este interage (Bhonsle, 2022a).

O Seis Sigma tem vindo a provar ser uma metodologia extremamente robusta a aumentar a eficiência dos processos a que é aplicada (Vermaelen and Kovach, 2022). No caso dos setores de serviços, visa aumentar a satisfação dos clientes, é naturalmente uma escolha por parte dos terminais marítimos para dar resposta às suas necessidades crescentes (Sunder M et al., 2018).

Uma ferramenta crucial na implementação do Seis Sigma é o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Este ciclo promove a aplicação de vários métodos estatísticos, para, de forma estruturada e medida, permitir atingir os objetivos traçados aquando do começo de um projeto Seis Sigma (Kwak and Anbari, 2006).

## **1.2 Objetivos**

Este estudo de caso baseia-se na avaliação de um terminal de contentores e dos seus processos constituintes. Procurou-se estudar o terminal, com o objetivo de aumentar a sua eficiência global, analisando-o de acordo com a metodologia Seis Sigma e o ciclo DMAIC.

Para tal, irão aplicar-se diversas ferramentas e estratégias com o objetivo de reduzir o tempo de recolha das viaturas descarregadas e melhorar o congestionamento causado pelas trelas em parque e diminuir o seu tempo de permanência no mesmo.

Essencialmente, após a identificação dos problemas, das suas causas raiz e do desenvolvimento de ações de melhoria, espera-se aumentar o nível de eficiência nas operações do terminal em várias frentes.

## **1.3 Metodologia Proposta**

Depois de definido o tema e âmbito desta dissertação, procedeu-se à pesquisa de artigos e livros que a enquadrem na bibliografia encontrada. Para tal, fez-se recurso de vários motores de pesquisa académica como o Science Direct e Springer, assim como sites de referência, como os das normas ISO.

Procurou-se, em seguida, descrever o objeto de estudo, um terminal de contentores e detalhar as ferramentas utilizadas nas várias fases do ciclo DMAIC. Posteriormente, aplicaram-se essas ferramentas e retiraram-se conclusões sobre o estudo, assim como se deixaram sugestões para trabalhos futuros.

## **1.4 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está dividida em 5 capítulos, seguidos das referências bibliográficas utilizadas e dos anexos.

No primeiro capítulo é feito o enquadramento do tema escolhido, assim como os objetivos do mesmo e um sumário da metodologia utilizada.

No segundo capítulo, são abordados os temas presentes no estudo, procurando dar um contexto bibliográfico ao trabalho. São também detalhadas as fases do ciclo DMAIC e exploradas com mais detalhe as ferramentas utilizadas neste estudo.

No terceiro capítulo, é realizada a caracterização do terminal de contentores em estudo, assim como, se apresentam as suas várias componentes.

No quarto capítulo, é abordado o caso de estudo seguindo a estrutura do ciclo DMAIC.

No quinto capítulo, são expostas as conclusões gerais do estudo e são deixadas sugestões para trabalhos futuros.



# REVISÃO DE LITERATURA E METODOLOGIA PROPOSTA

Neste capítulo, procura-se enquadrar o estudo realizado na bibliografia encontrada, relativa aos tópicos de logística portuária, Melhoria contínua e Seis Sigma, assim como detalha as ferramentas disponíveis e as utilizadas em cada fase do ciclo DMAIC.

## 2.1 Logística portuária

Uma das forças motriz por de trás da expansão do transporte marítimo e dos portos que o suportam é, e sempre foi, a globalização (Notteboom, 2006). E devido à globalização dos mercados, o transporte marítimo de bens tem vindo a aumentar na última década e, mesmo com as restrições causadas pela pandemia do COVID-19 em 2020, o mercado está em recuperação e continua em crescimento, embora mais lento do que previsto, devido à guerra na Ucrânia (UNCTAD, 2022).

Parte deste crescimento deve-se à mudança na abordagem à produção, que as empresas têm vindo a adotar, com foco em sistemas *pull* e *Just-In-Time Production*. Assim, o número de produtos expedidos e frequência dessa expedição tem vindo a aumentar e consequentemente, o número de contentores a transportar (Notteboom, 2006). Em 2021, mais de 80% do volume do mercado global foi transportado a bordo de navios (UNCTAD, 2022).

A carga contentorizada representou cerca de 30% de toda a carga transportada, por via marítima, em 2021 (UNCTAD, 2022). Estes contentores são medidos em TEUs (*Twenty-Foot Equivalent Units*)

e seguem normas ISO para a sua construção (ISO 1161:2016), dimensionamento (ISO 668:2020) e marcação (ISO 6346:2022). Um contentor de 1 TEU equivale a um contentor de 20 pés e um de 2 TEUs equivale a 40 pés. A designação “TEU” é utilizada internacionalmente para quantificar capacidades de portos e navios.

O conceito de contentorizar a carga, permite que seja criado um standard transversal a toda a cadeia de abastecimento, ou seja, um contentor pode ser transportado desde a sua origem ao seu destino, através de navios, comboios ou camiões, sem que haja a necessidade de reorganizar ou alterar a disposição da carga que transporta. Neste sentido, contentores estão particularmente aptos para serem integrados numa cadeia de abastecimento global (Lee and Song, 2017).

Com o aumento da procura por transporte de contentores, as empresas de transporte marítimo, têm vindo a contruir navios cada vez maiores (Lena, 2023). Os portos, para conseguirem manter a competitividade no mercado, têm que se adaptar e expandir, para poder albergar estes navios, o que coloca pressão acrescida nas suas operações (Notteboom, 2006).

Face ao aumento do volume de negócio, as empresas que gerem os portos, sentem uma acrescida pressão para tornar os seus processos mais eficientes, não só para responder ao volume de contentores com que lidam, mas também para diminuir os tempos de espera do crescente número de navios a operar (Bhonsle, 2022b; Cullinane and Song, 2006).

No entanto, o problema que os portos enfrentam quanto ao aumento da eficiência das suas operações é que estes são, essencialmente, prestadores de serviços aos navios, aos clientes finais da carga e às empresas de transporte terrestre em simultâneo e, por isso, é possível que os seus serviços sejam vistos como satisfatórios para um interveniente e insatisfatórios para outro (Cullinane and Wang, 2006).

Uma tendência relativamente recente nos portos, tem sido a automação de operações (Carlo et al., 2014). Esta automação refere-se geralmente a atividades de transporte de contentores, desde a sua descarga dos navios, até serem colocados nos camiões ou comboios para expedição do terminal. Embora a tecnologia necessária para automatizar estas atividades tenha um custo financeiro inicial muito elevado, o retorno em eficiência da operação é suficientemente elevado para o justificar.

Com recurso a simulações e modelos matemáticos complexos, tem sido possível melhorar o planeamento de atividades nos terminais de contentores e a disposição da carga nos mesmos

(Bichou, 2006; Rashidi and Tsang, 2013). Mais recentemente, com acesso a novas tecnologias na área da Inteligência Artificial e Redes Neurais, alguns portos têm explorado formas de otimizar a utilização de recursos nas suas operações, encurtar ao máximo rotas dentro dos terminais e integrar o mais eficientemente possível todos os nódulos da cadeia de abastecimento dos contentores (Weerasinghe et al., 2023).

Em Castelein et al. (2020), os autores exploram outro problema que os portos enfrentam atualmente, o rápido crescimento do mercado de contentores refrigerados (*reefers*). Estes contentores, integrados numa cadeia de frio desde a sua origem, necessitam de cuidados especiais com o seu manuseamento, visto que transportam desde produtos alimentares frescos até produtos farmacêuticos e equipamento sensível. Os *reefers*, muitas vezes, necessitam de locais específicos num terminal de contentores e a bordo de navios, com acesso a eletricidade, o que restringe a liberdade de operações em todos os passos do processo.

As empresas que gerem os portos, apesar dos problemas que enfrentam, têm vindo a focar-se cada vez mais no cliente, e portanto, a qualidade dos seus serviços tem sofrido cada vez mais escrutínio (Bhonsle, 2022a). Com vista a melhorar a sua prestação, as empresas têm recorrido cada vez mais a metodologias de melhoria contínua como o Seis Sigma (Praharsi et al., 2021).

## 2.2 Melhoria Contínua e Seis Sigma

Melhoria contínua, uma cultura de evolução constante, que envolve todas as partes de uma organização a trabalhar em conjunto para evoluir incrementalmente, culminando em grandes avanços em eficiência, tipicamente sem um grande investimento financeiro, tem sido um recente foco de organizações em várias indústrias, pelos seus resultados (Bhuiyan and Baghel, 2005).

Em Caffyn (1999) o autor refere que “A Melhoria Contínua desenvolve-se ao longo do tempo, desde as primeiras tentativas hesitantes e a adoção consciente de novas formas de fazer as coisas até ao ponto em que a melhoria incremental se torna parte integrante da vida organizacional.”. Atualmente, melhoria contínua é uma prática indispensável para que as organizações sobrevivam e evoluam, o que, por vezes, leva as organizações, que se empenham de forma consistente e sustentada, a terem que repensar e redesenhar os seus métodos de trabalho (Shokri et al., 2016; Skalli et al., 2023).

Para uma implementação bem-sucedida de melhoria contínua numa organização, a sua cultura tem de se adaptar, para interpretar erros como oportunidades de melhoria e formalizar processos de resolução de problemas. De forma a facilitar uma cultura de inovação e mais eficiente, as empresas devem investir na formação de pessoas, em ferramentas e técnicas de melhoria (Lizarelli et al., 2021). Na política de qualidade da Rolls-Royce, encontrou-se um exemplo atual deste empoderamento dos trabalhadores para incentivar melhorias: “Falamos, quer trabalhem num escritório, numa fábrica, ou em qualquer outro local se sentirmos que não estamos a cumprir os nossos compromissos e requisitos de qualidade.” (Rolls-Royce, 2023).

Um conceito muito poderoso para implementar uma prática de melhoria contínua é o Seis Sigma. Utilizando ferramentas e técnicas estatísticas e não estatísticas, Seis Sigma foca-se e procura reduzir a variabilidade dos processos, com o objetivo de aumentar a satisfação dos clientes e maximizar os resultados (Michael, 2008; Skalli et al., 2023; Taghizadegan, 2006).

O Seis Sigma foi implementado com enorme sucesso pela Motorola em 1987, com o impulso inicial da sua gestão de topo. Confrontada com os resultados obtidos, a indústria apercebeu-se da importância do Seis Sigma e descreveu-o como sendo uma mudança de paradigma, necessária para a sobrevivência das empresas no século XXI (Sung H. Park, 2003). Mais recentemente, várias indústrias têm se apoiado no Seis Sigma, pois este tem demonstrado ser uma metodologia que resulta em enormes benefícios para as organizações (Lin et al., 2013).

Seis Sigma pode ser visto de duas principais perspetivas, a estatística e a de gestão (Kwak and Anbari, 2006). Do ponto de vista estatístico, *Define-se* um processo como tendo nível 6 sigma se este apresentar menos do que 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) ou uma taxa de sucesso de 99,9997% (Montgomery, 2009). Para as chefias das organizações, Seis Sigma é visto como um método para aumentar a rentabilidade e eficiência das suas operações de forma a alcançar as necessidades dos clientes (Caulcutt, 2001).

Em Antony e Banuelas (2002) e Kwak e Anbari (2006), os autores identificam vários fatores chave para uma implementação bem sucedida, de um projeto Seis Sigma:

1. Envolvimento e compromisso da gestão de topo;
2. Adaptação da cultura da organização;
3. Suporte estrutural à gestão dos projetos;

4. Formação e informação fornecida a todos os trabalhadores envolvidos no projeto Seis Sigma;
5. Gestão eficiente e meticulosa dos projetos;
6. Priorização e seleção dos projetos, com revisões regulares das necessidades do mesmo;
7. Compreensão da metodologia Seis Sigma e das suas ferramentas e técnicas;
8. Alinhar os projetos Seis Sigma à estratégia de negócio da organização;
9. Alinhar os projetos Seis Sigma às necessidades dos clientes;
10. Alinhar os projetos Seis Sigma às capacidades dos trabalhadores da organização;
11. Alinhar os projetos Seis Sigma à capacidade de resposta dos fornecedores.

A existência de uma estrutura bem definida é também vista como um fator determinante para a implementação e manutenção de um projeto Seis Sigma. Para tal, Anbari (2004) descreve um sistema “*Belt*” ou Cinturão, semelhante ao encontrado em artes marciais. Esta estrutura é constituída por membros treinados em Seis Sigma e que ocupam posições desde o topo da empresa até aos operadores. A sua constituição é tipicamente:

- *Champion*: Este elemento faz parte da gestão de topo da empresa e é o que coordena a totalidade do programa Seis Sigma a ser implementado. É também quem avalia, seleciona e acompanha os projetos.
- *Sponsor*: Age como facilitador da realização do projeto Seis Sigma. Identifica potenciais projetos a implementar e acompanha e apoia o seu desenvolvimento.
- *Master Black Belt*: Alguém tipicamente externo à organização que atua como o tutor técnico dos *Black Belts* e analisa e identifica as necessidades dos mesmos. Oferece também apoio ao *Sponsor* na identificação de potenciais projetos.
- *Black Belt*: Lidera o projeto Seis Sigma e trabalha exclusivamente num só projeto. É o membro com a responsabilidade de desenvolver, atualizar e gerir todos os planos do projeto Seis Sigma.
- *Green Belt*: Auxilia o *Black Belt* no desenvolvimento do projeto em que esteja inserido. Pode ser responsável e liderar uma determinada área de atuação dentro do projeto Seis Sigma.
- *Membros da equipa*: Estão encarregues de implementar as medidas planeadas ao longo do projeto Seis Sigma e de acordo com o ciclo DMAIC.

A estrutura e dimensão da equipa não é fixa e depende das necessidades da organização em geral e do projeto em específico.

É de realçar que, Kwak e Anbari (2006) apontam também obstáculos à implementação de projetos Seis Sigma, como problemas estratégicos na manutenção a longo prazo dos benefícios do Seis Sigma, problemas na cultura das organizações que não permitem o avanço dos projetos e problemas na formação de todos os membros envolvidos na implementação do Seis Sigma nas suas organizações.

Parte da razão pela qual o Seis Sigma é uma ferramenta frequentemente utilizada em contextos de melhoria contínua está relacionado com o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) (Figura 2.1) quando o objetivo é a melhoria de um processo existente e com o ciclo DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*) quando se trata do desenvolvimento de um novo processo (Daniyan et al., 2022; Sung H. Park, 2003).



Figura 2.1 - Ciclo DMAIC

O ciclo DMAIC concentra-se em, primeiramente, caracterizar detalhadamente o processo e definir o seu nível sigma e, em seguida, otimizar o processo, atualizar o nível sigma e controlá-lo (Taghizadegan, 2006). Este ciclo é fulcral para a implementação de um projeto Seis Sigma e é composto por cinco fases:

- *Define*: Caracterizar detalhadamente o processo de forma a ser possível estabelecer uma imagem clara e completa do mesmo.
- *Measure*: Recolher e interpretar dados de forma a identificar e quantificar o estado base do processo. Definir e validar as metas para o projeto.
- *Analyze*: Examinar os dados recolhidos e procurar as causas raiz para os problemas identificados. Ordenar e escolher os problemas a abordar.
- *Improve*: Melhorar o processo de forma a colmatar as causas identificadas. Nesta fase deve-se identificar, testar e implementar soluções.
- *Control*: Controlar o processo de forma a prevenir o reaparecimento de problemas. Esta fase é preventiva por natureza e concede longevidade às melhorias que o projeto Seis Sigma possa introduzir.

Para cada uma das fases do ciclo DMAIC identificadas, existem ferramentas estatísticas e analíticas que podem ser utilizadas. No entanto, e como Sehgal e Kaushish (2015) demonstra com vários exemplos, o ciclo DMAIC e o Seis Sigma em geral, devem ser adaptados à indústria, organização e processo em que vão ser implementados. Ou seja, as ferramentas devem ser utilizadas de acordo com as necessidades do projeto sempre com o objetivo final de aumentar a qualidade do processo e a satisfação do cliente (Adina-Petruța and Roxana, 2014).

Em Kwak e Anbari (2006), os autores identificam alguns setores positivamente afetados pela integração do Seis Sigma (Costa et al., 2018; Flores et al., 2009; Gutierrez-Gutierrez et al., 2016; Powell et al., 2017). Entre eles, no setor da manufatura, um objetivo de longa data que o Seis Sigma procura atingir é o de aumentar a produtividade, sem sacrificar a qualidade dos produtos (Daniyan et al., 2022). No entanto, o Seis Sigma tem vindo a ser utilizado em setores dirigidos a serviços (Antony, 2006; Chakrabarty and Chuan Tan, 2007; Srinivasan et al., 2016; Sunder M et al., 2018).

Um setor que tem aproveitado as vantagens que o Seis Sigma apresenta é o da saúde. Com o aparecimento de novas tecnologias, como simulação, automação e *machine learning*, este setor necessita de inovar (Samanta et al., 2023; Tlapa et al., 2022), de forma semelhante aos terminais portuários. Outra semelhança referida em Leggat et al. (2015) e em Niñerola et al. (2015), passa pela implementação do Seis Sigma com o objetivo de aumentar eficiência e manter uma margem competitiva sobre outras empresas, no caso dos portos, de forma geral e no setor da saúde em países com sistemas de saúde mais debilitados.

Com o foco em satisfazer o cliente, é fulcral compreender as suas necessidades. Para tal, o modelo de Kano, tipicamente utilizado aquando da criação de novos produtos, para avaliar as necessidades dos clientes (Park and Jeon, 2022), pode ser utilizado no contexto da avaliação da progressão das preferências dos clientes ao longo do tempo e auxiliar as organizações a implementar um projeto Seis Sigma da melhor forma possível. Segundo Sauerwein (1996), os três tipos de necessidades que influenciam a satisfação do cliente são tipicamente:

- Requisitos *Must-be*: Se estes não forem satisfeitos, o cliente ficará extremamente insatisfeito. Por outro lado, visto que o cliente vê estes requisitos como garantidos, quando satisfeitos, não contribuem para o aumento da satisfação do cliente.
- Requisitos Unidimensionais: O cumprimento destes requisitos resulta em satisfação proporcional do cliente. Estes são tipicamente pedidos explicitamente pelo cliente.

- **Requisitos Atrativos:** Se estes forem cumpridos, o cliente ficará exponencialmente satisfeito, no entanto, não existe expectativa do cliente para que sejam cumpridos e, portanto, não resultam em insatisfação quando não respeitados.

Em certos casos, uma alternativa mais eficiente à aplicação do ciclo DMAIC é a implementação do ciclo DMADV, tipicamente associado à criação de novos projetos. Este ciclo faz parte da metodologia de *Design for Six Sigma* que procura revolucionar os processos a que é aplicada, de forma a maximizar a eficiência e resultados de um dado processo (Kwak and Anbari, 2006).

Em suma, o Seis Sigma tem revolucionado vários setores e aumentado a rentabilidade e eficiência de inúmeros processos. Com o apoio de todos os membros das organizações e com uma estrutura muito bem definida, tem a capacidade de fazer com que o nível de satisfação do cliente aumente drasticamente, sem sacrificar a qualidade.

Como referido, na implementação do Seis Sigma nas organizações, é frequentemente utilizado o ciclo DMAIC. De seguida, serão detalhados os objetivos e ferramentas aplicadas em cada fase do ciclo DMAIC, ciclo chave para o desenvolvimento deste estudo.

## 2.3 Fase *Define*

A primeira fase do ciclo DMAIC procura determinar que problemas ou processos necessitam da intervenção do Seis Sigma. Nesta fase, devem ser identificados os intervenientes, tanto a montante como a jusante do processo, de forma a que possa ser avaliado o interesse e possível retorno que estes possam receber (Montgomery, 2009).

Os principais objetivos da fase *Define* são (CSSC, 2018a; Montgomery, 2009; Pete Pande and Larry Holpp, 2002):

- Desenvolver o *Project Charter*;
- Identificar e validar o projeto a desenvolver;
- Identificar e delinear os intervenientes e as suas necessidades;
- Definir objetivos/metapas.

Nesta fase, existem várias ferramentas que podem ser utilizadas, como por exemplo (Werkema, 2012):

- Project Charter;
- Gráficos sequenciais;
- Cartas de controlo;
- SIPOC;
- Fluxogramas;
- Métodos de decisão multicritério;
- Value Stream Mapping.

De seguida, encontram-se descritas algumas destas ferramentas, as utilizadas neste estudo tendo em conta o que se pretendia obter do desenvolvimento da fase *Define*. O *Project Charter* foi utilizado como ferramenta de planeamento e controlo do estado de implementação do projeto, o SIPOC resultou de uma análise macro do processo em estudo e o método AHP auxiliou na escolha dos problemas a aprofundar.

### 2.3.1 Project Charter

O *Project Charter* é um documento que deve ser elaborado e aprovado pelas chefias no início do projeto Seis Sigma e é o *output* final da fase *Define* (Montgomery, 2009). Neste documento deve constar:

- O nome do projeto;
- Constituição da equipa e seus papéis;
- As razões para a elaboração do projeto;
- Possíveis restrições à elaboração do projeto;
- Duração prevista para cada fase do projeto;
- Objetivos/metapas do projeto.

Sempre que a equipa necessitar de alterar os objetivos do projeto, em qualquer momento do seu desenvolvimento, o *Project Charter* deve ser revisto e aprovado, não só para manter o documento o mais atualizado possível, mas também para garantir que a equipa se mantém alinhada com os objetivos definidos.

### 2.3.2 SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta de mapeamento do processo de alto nível, ou seja, oferece uma visão macro do projeto em estudo (Montgomery, 2009). SIPOC é um acrónimo que significa *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*.

Na Figura 2.2 é possível observar um exemplo de um diagrama SIPOC. Este começa por indicar os fornecedores, que são as pessoas, processos ou organizações que fornecem *inputs* ao processo. Estes *inputs* são então explorados no processo, em formato de fluxograma, que retorna os *outputs*. Por fim, os clientes, recetores dos *outputs* do processo, que podem ser pessoas, organizações ou outros processos internos ou externos (CSSC, 2018a).

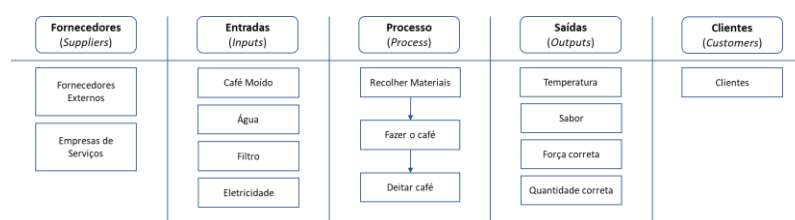


Figura 2.2 - Exemplo SIPOC  
Adaptado de (Montgomery, 2009)

### 2.3.3 Método AHP

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Saaty nos anos 70, é uma técnica de decisão multicritério que permite que se tomem decisões na presença de várias alternativas, colocando o problema numa estrutura hierárquica e priorizando as alternativas expostas (Barone and Franco, 2012).

Tendo o decisor definido os critérios que vai utilizar para avaliar o problema, este vai compará-los em pares, com recurso à escala de Saaty (Tabela 2.1). Esta escala permite a tradução de comparações subjetivas para valores que possam ser estudados de forma objetiva (Barone and Franco, 2012).

Tabela 2.1 - Escala de Saaty

Adaptado de (Barone and Franco, 2012)

Grau de importância relativa ( $a_{ij}$ )	Definição
1	Igual importância entre as duas alternativas
3	Alternativa $i$ moderadamente mais importante do que a alternativa $j$
5	Alternativa $i$ mais importante do que a alternativa $j$
7	Alternativa $i$ muito mais importante que a alternativa $j$
9	Alternativa $i$ absolutamente mais importante a que alternativa $j$
2, 4, 6, 8	Quando a avaliação se encontra entre dois dos valores anteriores

Em seguida, colocam-se os valores de comparação do critério  $i$  em relação ao  $j$  obtidos numa matriz ( $n \times n$ ), a matriz de comparação dos critérios, em que  $n$  é o número de critérios. Os valores de comparação inversa deverão ser  $1/a_{ij}$ .

Posteriormente, deverão ser realizados os seguintes cálculos:

- Somar cada coluna da matriz de comparação;
- Dividir cada valor da matriz pela soma da respetiva coluna, obtendo-se uma nova matriz, a matriz de ponderação;
- Calcular a média de cada linha da matriz de ponderação. Estas médias compõem o vetor que indica a importância relativa de cada critério.

Para garantir a consistência da matriz de comparação obtida, deve-se:

- Multiplicar cada valor da matriz de comparação, pelo valor respetivo do vetor de importância relativa dos critérios;
- Somar os valores das linhas da matriz obtida para formar o vetor das somas ponderadas;
- Dividir os elementos do vetor de somas ponderadas pelo respetivo valor do vetor prioridade;
- Calcular a média dos valores anteriormente determinados ( $\lambda_{máx}$ );
- Calcular o índice de consistência (CI) de acordo com a Equação (2.1)

$$CI = \frac{\lambda_{máx} - n}{n - 1} \quad (2.1)$$

- Calcular o rácio de consistência (CR), de acordo com a Equação (2.2), em que RI (*Random Index*) é determinado pelos dados da Tabela 2.2.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.2)$$

Tabela 2.2 - *Random Indexes* de consistência

Adaptado de (Barone and Franco, 2012)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Se o rácio de consistência for inferior a 0,1, considera-se que a matriz é consistente.

Em seguida, deve prosseguir-se de forma análoga em relação às alternativas. Por fim, deve ser multiplicado o vetor de importância relativa dos critérios pelo vetor de importância relativa das alternativas, obtendo uma lista ordenada das alternativas disponíveis (Barone and Franco, 2012).

## 2.4 Fase *Measure*

Na segunda etapa do ciclo DMAIC, procura-se medir, detalhar e quantificar o estado atual do problema analisado. Só assim será possível recolher toda a informação necessária para a identificação das causas raiz dos problemas e elaboração de melhorias em fases posteriores do ciclo.

A recolha e análise de dados servirá também para criar um ponto de comparação com o estado do processo, após a implementação de melhorias e dará uma oportunidade de consideração sobre as escolhas feitas ao longo do projeto Seis Sigma.

Caso já existam dados disponíveis, é necessária uma análise crítica dos mesmos, sobre a forma como foram recolhidos e se são confiáveis. Pode ser necessária uma nova recolha de dados, tanto para mitigar possíveis erros, como para possibilitar a medição de novas métricas não previstas anteriormente.

Em determinadas situações, os resultados obtidos durante esta fase põem em causa as metas definidas na fase *Define*. No final da fase *Measure*, é aconselhada a revisão do *Project Charter* e das metas estabelecidas (Montgomery, 2009).

Os principais objetivos da fase *Measure* são (CSSC, 2018a; Montgomery, 2009; Pete Pande and Larry Holpp, 2002):

- Verificar e validar dados já existentes;
- Determinar o nível Sigma do processo;
- Rever o *Project Charter* e ajustar as metas definidas.

Nesta fase, existem várias ferramentas que podem ser utilizadas, como por exemplo (Werkema, 2012):

- Avaliação do sistema de medição;
- Fluxogramas;
- Diagrama de Pareto;
- Gráficos Sequenciais;
- Cartas de Controlo;
- Análise de Séries Temporais;
- Métodos de identificação de *outliers*;
- Histogramas;
- *Box-plot*;
- Índices de Capacidade;
- Métricas Seis Sigma;
- Análise Multivariada.

De seguida, encontram-se descritas algumas destas ferramentas, as utilizadas neste estudo tendo em conta o que se pretendia obter do desenvolvimento da fase *Measure*. Os fluxogramas foram utilizados como forma de detalhar o processo de forma intuitiva, em que se facilmente consegui identificar os pontos de maior interesse para o projeto. Para o tratamento de dados foram utilizadas estratégias de identificação e remoção de *outliers*, as *One-Way* ANOVAs proporcionaram uma capacidade comparativa para várias componentes em estudo neste trabalho e o a 1ª fase das cartas de controlo foi utilizada como método de estimação de parâmetros relevantes ao projeto. O nível

sigma foi utilizado como métrica chave para a avaliação da progressão e sucesso de possíveis melhorias do estudo.

### 2.4.1 Fluxograma

Um fluxograma é utilizado para mostrar os detalhes de um processo, incluindo tarefas e procedimentos e pontos de decisão. Um fluxograma pode ser retratado como um mapa "no momento" mostrando um processo tal como funciona atualmente ou como um mapa "deveria ser" mostrando como este deveria funcionar (Pete Pande and Larry Holpp, 2002).

A lógica e clareza do fluxo gráficos tornam-nos apropriados para muitas operações. Em vez de escrever um longo procedimento detalhado, um fluxograma permite uma descrição visual e facilmente compreensível do processo (Kent, 2016).

Um fluxograma básico começa com uma atividade inicial, inclui entradas e processos, decisões, e uma ação final (CSSC, 2018a). Alguns dos símbolos básicos associados a fluxogramas encontram-se na Figura 2.3.

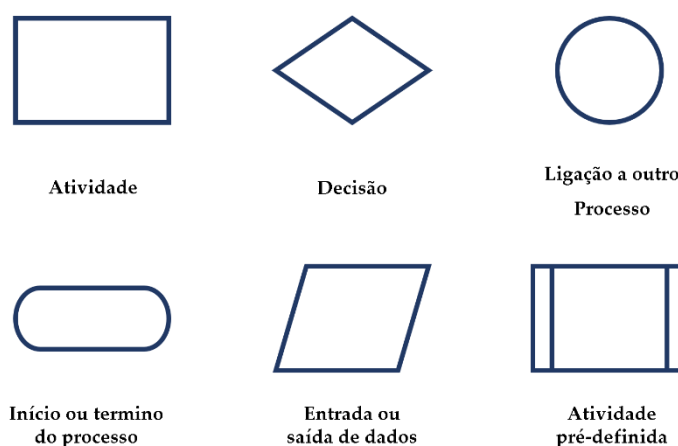


Figura 2.3 - Símbolos base dos fluxogramas

Adaptado de (Kent, 2016)

## 2.4.2 Identificação de *Outliers*

Um *outliers* pode ser definido como "Uma observação que se afasta tanto de outras observações que suscita suspeitas de ter sido gerada por um mecanismo diferente" (Smiti, 2020). Estes podem introduzir variações nos dados a serem estudados de tal forma que alteram completamente os resultados da sua análise.

Os *outliers* devem ser identificados e analisados, visto que podem conter informação importante acerca do estudo (Smiti, 2020; Zhang et al., 2023). Para tal, existem vários métodos, gráficos como o método do Interquartil, gráfico Box-Plot, ou estatísticos. A aplicação dos métodos estatísticos depende do número de observações a analisar, para um número reduzido, o método de Grubbs ou de Dixon é indicado e para uma maior quantidade de valores, o método dos Z-Scores ou de MAD deve ser utilizado (Leys et al., 2013).

Para este estudo, o método que mais se adequa é o método de *Median Absolute Deviation* (MAD), mediana dos desvios absolutos em torno da mediana. Para o aplicar, devem-se seguir os passos:

- Calcular o valor da mediana,  $\tilde{x}$ ;
- Calcular o desvio absoluto de cada valor em torno da mediana;
- Calcular MAD (Equação (2.3)), em que  $x_i$  é um dado valor;

$$MAD = \text{mediana}\{|x_i - \tilde{x}|\} \quad (2.3)$$

- Determinar os valores de  $M_i$ , com base na Equação (2.4);

$$M_i = \frac{0,6745 \cdot (x_i - \tilde{x})}{MAD} \quad (2.4)$$

- Sempre que um valor absoluto de  $M_i$  for superior a 3,5 o correspondente valor é considerado um *outlier*.

Este método é iterativo e deve ser aplicado as vezes necessárias até se identificarem todos os *outliers*.

### 2.4.3 Análise de Variância - *One-Way* ANOVA

A *analysis of variance* (ANOVA) ou análise de variância é uma técnica que permite comparar parâmetros de duas ou mais populações. De forma a ser possível determinar que componentes das populações são estatisticamente significativas, a ANOVA reparte a variabilidade total dos dados experimentais pelas várias componentes causadoras da variabilidade (Pereira and Requeijo, 2008).

Para determinar se estas diferenças existem nas médias de três ou mais grupos de uma variável independente face a uma variável dependente, recorre-se à *One Way* ANOVA. Assim, deve ser elaborado um teste de hipóteses em que as hipóteses nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_1$ ) são:

$H_0$ : As médias dos grupos são iguais

$H_1$ : A média de, pelo menos, um dos grupos é diferente das restantes

Na Tabela ANOVA (Tabela 2.3), que auxilia na realização desta análise, *SST* representa a variação total (Equação (2.11)), *SSB* a variação entre níveis (Equação (2.12)) e *SSW* a variação dentro dos níveis (Equação (2.13)). Ainda,  $a$  representa o nível,  $n$  o valor das réplicas e  $N$  o número total de observações. Os restantes cálculos são apresentados pelas Equações (2.5), (2.6), (2.7), (2.8), (2.9) e (2.10).

$$N = n \times a \quad (2.5)$$

$$Y_{i.} = \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (2.6)$$

$$\bar{Y}_{i.} = \frac{Y_{i.}}{n} \quad (2.7)$$

$$Y_{..} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij} \quad (2.8)$$

$$\bar{Y}_{..} = \frac{Y_{..}}{N} \quad (2.9)$$

$$FC = \text{Fator de correção} = \frac{(Y_{..})^2}{N} \quad (2.10)$$

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - FC \quad (2.11)$$

$$SS_B = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i.}^2}{n} - FC \quad (2.12)$$

$$SS_W = SS_{Erro} = SS_T - SS_B \quad (2.13)$$

Tabela 2.3 - Tabela ANOVA, um fator a vários níveis

Adaptado de (Pereira and Requeijo, 2008)

Fonte de Variação	SS (Sum of Squares)	g.l. (graus de liberdade)	MS (Mean of Squares)	F <sub>0</sub>
Entre níveis (Between)	SS <sub>B</sub>	a - 1	$MS_B = \frac{SS_B}{a - 1}$	$\frac{MS_B}{MS_W}$
Erro interno (Within)	SS <sub>W</sub>	N - a	$MS_W = \frac{SS_W}{N - a}$	
Total	SS <sub>T</sub>	N - 1		

Rejeita-se a hipótese nula caso  $F_0 > F_{\alpha;(a-1);(N-a)}$  ou se  $p\text{-value} > 5\%$ .

Após a aplicação de uma ANOVA, é fundamental confirmar, através da análise dos seus resíduos, se os pressupostos para a sua aplicação foram satisfeitos, ou seja, se estes são normalmente distribuídos, se são aleatórios e se têm variância constante. Estes resíduos são calculados pela diferença entre os valores observados e os valores previstos. Para a análise de um fator a vários níveis, *One-Way* ANOVA, os valores previstos são iguais à média das observações do nível correspondente, para o caso de se rejeitar H<sub>0</sub>. Não rejeitando esta hipótese, os valores previstos correspondem à média global dos dados analisados (Montgomery, 2013).

Mais detalhadamente, os pressupostos que a análise deve cumprir são (Pereira and Requeijo, 2008):

- Normalidade. Os resíduos devem seguir uma distribuição Normal. Pode ser confirmada através da elaboração de um gráfico de probabilidades da distribuição Normal, verificando se os resíduos se dispõem aproximadamente em linha reta. É aconselhado que se faça também, um teste de ajustamento à Normal como, por exemplo, o Teste de Kolmogorov-Smirnov;
  - O teste de Kolmogorov-Smirnov consiste na verificação do ajustamento da distribuição de uma determinada amostra a uma distribuição conhecida, como, por exemplo, a distribuição Normal (Pereira and Requeijo, 2008).

- Sendo  $S(x)$  a função de distribuição amostral e  $F_0(x)$  a função de distribuição Normal, as hipóteses nula e alternativa são definidas da seguinte forma:

$$H_0: F(x) = F_0(x), \text{ para todos os valores de } x$$

$$H_1: F(x) \neq F_0(x), \text{ para algum valor de } x$$

- A aplicação deste teste, neste estudo, foi feita através do *software* Minitab com um valor de  $\alpha$  igual a 5%<sup>1</sup>.
- É de notar que Ghasemi e Zahediasl (2012), após uma comparação entre o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e de Shapiro Wilk (SW), concluíram que o teste de Shapiro Wilk é o que melhor se adequa para testar a normalidade. No entanto, visto que o teste de KS é o mais frequentemente utilizado na bibliografia e o que tem mais suporte por parte do *software* de estatística utilizado, este foi o escolhido para avaliar a normalidade.
- Independência: Os resíduos não devem estar relacionados entre si. Pode ser realizado um gráfico de resíduos em função da ordem aleatória das experiências realizadas. Se este não apresentar uma tendência especial, ou seja, se parecerem aleatórios, os resíduos podem ser considerados independentes;
- Homogeneidade: A variância deve ser constante. Pode ser verificado através de um gráfico que relaciona os resíduos e os valores previstos. Se os valores se dispuserem de forma aleatória e se dispuserem em linha vertical, é verificado este pressuposto.

Caso algum destes pressupostos não se verifique, foi feito um teste não paramétrico de análise de variância para validar os resultados obtidos com a ANOVA (Montgomery, 2013). Neste estudo, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis, que procura comparar as medianas das amostras, com recurso ao *software* Minitab com um valor de  $\alpha$  igual a 5%<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Para uma informação mais detalhada de como realizar o teste de Kolmogorov Smirnov, recomenda-se a consulta de (Pereira and Requeijo, 2008).

<sup>2</sup>Para uma informação mais detalhada de como realizar o teste de Kruskal-Wallis, recomenda-se a consulta de (Montgomery, 2013).

## 2.4.4 SPC

O *Statistical Process Control (SPC)*, Controlo Estatístico do Processo, permite monitorizar o comportamento do processo através de cartas de controlo, assim como ajudar a estudar os parâmetros e capacidade do mesmo (Pereira and Requeijo, 2008). Existem dois grandes grupos de cartas de controlo, as de controlo de variáveis e as de atributos, sendo que na primeira, a característica da qualidade assume valores contínuos e na segunda, valores discretos.

Uma das cartas de controlo de variáveis e, a utilizada neste estudo, é a carta de Observações Individuais e Amplitudes Móveis (Cartas X-MR). Estas cartas são cartas de controlo tradicionais, desenvolvidas por Walter A. Shewhart e desde a sua conceção que auxiliam organizações a garantir a estabilidade e qualidade dos seus processos (Montgomery, 2009).

As cartas de Shewhart utilizam a média e o desvio padrão da característica da qualidade em estudo para calcular os limites de controlo superiores (LSC) e inferiores (LIC). Assumindo uma distribuição Normal, os limites situam-se a  $\pm 3$  desvios padrão da média ou limite central (LC), existindo também limites de aviso a  $\pm 1$  e  $\pm 2$  desvios padrão da média. Estes limites criam zonas de controlo para as cartas e auxiliam na deteção de causas especiais de variação, ou seja, causas esporádicas que não se inserem na distribuição seguida por uma característica, quando o processo está estável, seguindo a norma ISO 7870-2:2013.

Numa primeira fase do SPC, a Fase 1, averigua-se a estabilidade do processo e recorre-se a valores tabelados para estimar os parâmetros do mesmo. Neste estudo, utilizaram-se as cartas X-MR que são tipicamente utilizadas em situações em que a amostra é formada por uma única observação individual, ou seja,  $n=1$ . Com observações individuais não é possível calcular uma estatística que dê indicação quanto à dispersão do processo e, portanto, recorre-se a amplitudes móveis (*moving ranges, MR*), cujo  $n=2$ , para solucionar o problema (Pereira and Requeijo, 2008). Para criar os limites de controlo das cartas X-MR utilizam-se as seguintes equações:

$$MR_i = |X_m - X_{m-1}| \quad (2.14)$$

$$LC_X = \bar{X} \quad (2.15)$$

$$LC_{MR} = \overline{MR} \quad (2.16)$$

$$LSC_X = \bar{X} + 3\sigma_x = \bar{X} + \frac{3\overline{MR}}{d_2} \quad (2.17)$$

$$LIC_X = \bar{X} - 3\sigma_x = \bar{X} - \frac{3\overline{MR}}{d_2} \quad (2.18)$$

$$LSC_{MR} = D_4\overline{MR} \quad (2.19)$$

$$LIC_{MR} = D_3\overline{MR} \quad (2.20)$$

Neste tipo de cartas,  $d_2$ ,  $D_3$  e  $D_4$  terão os valores correspondentes e tabelados (Anexo B) a uma dimensão de amostra igual ao número de observações usadas para calcular cada amplitude móvel (Pereira and Requeijo, 2008).

Caso os dados analisados não sigam uma distribuição Normal, deve-se aplicar uma transformação aos mesmos. Para tal, pode ser utilizada a transformação de Box-Cox, desenvolvida em 1964 por Box e Cox (Box and Cox, 1964). Os dados devem ser transformados segundo a seguinte equação:

$$Y_i = \begin{cases} \frac{X_i^\lambda - 1}{\lambda} & , \lambda \neq 0 \\ \ln X_i & , \lambda = 0 \end{cases} \quad (2.21)$$

Em que  $\lambda$  representa o parâmetro de transformação e  $X_i$  o valor a ser transformado. Neste estudo, recorreu-se ao *software* Minitab para a transformação dos dados, de forma a garantir a normalidade dos valores analisados<sup>3</sup>.

Na fase *Measure* deste estudo utilizou-se a Fase 1 do SPC de forma a estimar parâmetros de conjuntos de dados associados à descarga de navios. No entanto, a Fase 2 do SPC, uma fase de monitorização do processo, é frequentemente utilizada na fase *Control* do ciclo DMAIC para controlar a progressão do objeto de estudo e avaliar as melhorias efetuadas ao mesmo.

<sup>3</sup>Para uma informação mais detalhada de como realizar a transformação de Box-Cox, recomenda-se a consulta de (Pereira and Requeijo, 2008).

## 2.4.5 Nível Sigma

O Seis Sigma baseia o cálculo da sua métrica numa distribuição Normal contando que os processos variam de forma sistemática cerca de  $1,5\sigma$  em torno do seu valor médio. Considerando uma variável aleatória que representa um dado processo e que segue uma distribuição Normal, se a sua média estiver centrada com os limites de especificação do mesmo processo e se o intervalo de especificação tiver uma dimensão total de  $12\sigma$ , apenas se obtém um valor fora deste intervalo 3,4 vezes por milhão de oportunidades (Barone and Franco, 2012; Montgomery and Woodall, 2008).

Os limites de especificação são definidos tendo em conta as necessidades dos clientes, sendo que qualquer dado fora destes limites é considerado um defeito. Os defeitos são geralmente expressos por milhão de oportunidades e quanto menor o valor obtido, maior o nível Sigma do processo a que está associado (CSSC, 2018b).

O nível Sigma de um processo pode ser medido de várias formas, sendo uma delas, a baseada em defeitos. Um defeito ocorre quando existe uma falha ao corresponder às expectativas do cliente. Um produto na qual se identifique um ou mais defeitos, é defeituoso.

De forma a se poder calcular o nível Sigma a partir dos defeitos, os seguintes passos devem ser seguidos:

- Contabilizar o número total de unidades;
- Contabilizar o número total de defeitos ocorridos, sendo que cada unidade pode ter mais do que um defeito;
- Calcular o valor de Defeitos por Unidade (DPU), ou seja, o valor médio de defeitos encontrados numa dada unidade (CSSC, 2018a). Pode ser calculado através da Equação (2.22);

$$DPU = \frac{N^{\circ} \text{ total de defeitos}}{N^{\circ} \text{ total de unidades contabilizadas}} \quad (2.22)$$

- Visto que o DPU é pouco eficaz quando se pretende comparar produtos com possibilidade de defeito muito distintas, deve-se ter em conta o número de oportunidades para defeito de cada unidade. O valor médio de Defeitos por Oportunidade (DPO) (Equação (2.23)) tem, então, em conta o número de oportunidades para defeito de uma dada unidade;

$$DPO = \frac{N^{\circ} \text{ total de defeitos}}{N^{\circ} \text{ total de unidades contabilizadas} * N^{\circ} \text{ de oportunidades para defeitos}} \quad (2.23)$$

- Sendo o nível 6 sigma atingido quando um processo apresenta 3,4 defeitos por milhão de oportunidade, de forma a poder comparar o processo em estudo com esta métrica, deve-se converter o valor de DPO para Defeitos por Milhão de Oportunidade (DPMO) (Equação (2.24)).

$$DPMO = DPO * 1.000.000 \quad (2.24)$$

A tabela de conversão do DPMO para nível Sigma encontra-se no Anexo A.

## 2.5 Fase *Analyze*

Na fase mais incisiva do ciclo DMAIC, a fase *Analyze*, procura-se encontrar as causas raiz para os problemas identificados. Por vezes, a causa é evidente, noutros casos, pode ser mais difícil identificá-la, pois esta pode encontrar-se no conhecimento específico de algum trabalhador ou em hábitos antigos, sem qualquer justificação aparente (Pete Pande and Larry Holpp, 2002).

Os principais objetivos da fase *Analyze* são (CSSC, 2018a; Montgomery, 2009; Pete Pande and Larry Holpp, 2002):

- Analisar os dados e compreender as causas dos problemas identificados;
- Encontrar as causas raiz de cada problema.

Nesta fase, existem várias ferramentas que podem ser utilizadas, como por exemplo (Werkema, 2012):

- Fluxogramas;
- Failure mode and effects analysis;
- Value Stream Mapping;
- Brainstorming;
- Diagrama de Ishikawa;
- Diagrama de Afinidades;
- Diagrama de Relações;

- Método dos “Porquês”;
- Testes de Hipóteses;
- Análise de tempos de vida.

De seguida, encontra-se descrita uma destas ferramentas, a utilizada neste estudo tendo em conta o que se pretendia obter do desenvolvimento da fase *Analyze*. O método dos “Porquês” foi o escolhido para esta fase, pela sua simplicidade e eficácia na implementação.

### 2.5.1 Método dos “Porquês”

Também designada de “5Whys”, esta é uma técnica de *brainstorming* em que os membros da equipa tentam chegar à causa raiz de um dado problema, perguntando repetida e sequencialmente, “Porquê?”. Com relativamente pouco esforço e recursos, é possível decompor as razões de um problema (CSSC, 2018a)

## 2.6 Fase *Improve*

É na fase *Improve* que o Seis Sigma mostra os seus maiores benefícios. Muitas vezes, existe a tentação de começar o ciclo DMAIC diretamente nesta fase, no entanto, só depois de compreender integralmente o processo é que se devem desenvolver as soluções (Pete Pande and Larry Holpp, 2002).

Deve-se refletir sobre os objetivos traçados no *Project Charter* e de que forma as melhorias propostas impactam esses objetivos. Em seguida, devem ser planeados os passos para a implementação das melhorias, assim como o seu efeito esperado (Pete Pande and Larry Holpp, 2002). No caso de existirem várias melhorias propostas para o mesmo problema, deve ser definida uma ordem de prioridades de acordo com os critérios adequados.

Os principais objetivos da fase *Improve* são (CSSC, 2018a; Montgomery, 2009; Pete Pande and Larry Holpp, 2002):

- Gerar possíveis soluções para os problemas identificados;
- Priorizar e escolher uma dessas melhorias para cada problema;
- Planear a implementação da melhoria;

- Definir os efeitos esperados.

Nesta fase, existem várias ferramentas que podem ser utilizadas, como por exemplo (Werkema, 2012):

- *Brainstorming*;
- Diagrama de Contingências;
- Testes de operação;
- Simulação;
- Ferramentas *Lean*;
- Diagrama em Árvore.

Neste estudo, todas as melhorias propostas na fase *Improve* envolveram programação. Esta abordagem foi escolhida por ser a que melhor se adaptava ao processo. As ferramentas anteriormente enumeradas não se provaram dinâmicas o suficiente para aplicar com sucesso neste projeto.

Assim, para cada problema identificado e analisado, uma diferente abordagem informática foi tomada:

- Microsoft Excel - *Virtual Basic*;
  - Desenvolveram-se *macros* para o preenchimento e envio automático de emails.
- Python;
  - Desenvolveram-se as funções e algoritmos necessários para a estimação de horas de descarga dos navios (mais informação no capítulo 5).
- Java Script, HTML e Django *Framework*.
  - Desenvolveu-se a plataforma com a qual os trabalhadores, camionistas e empresas de camionagem poderiam interagir.

Para mais informações sobre estes recursos, recomenda-se pesquisas em bibliotecas vastas, tanto fisicamente como *online*.

## 2.7 Fase *Control*

A fase final do ciclo DMAIC, a fase *Control*, é extremamente importante, pois é nesta fase que se devem estabelecer mecanismos de verificação de cumprimento das melhorias, assim como estratégias de controlo e acompanhamento às métricas analisadas.

Nesta fase, deve-se também fazer um balanço do projeto, procurando documentar os benefícios que possam ter surgido, assim como as dificuldades encontradas, de forma a que se crie um hábito de registo de quaisquer ações tomadas, para facilitar o trabalho de implementação de projetos futuros (Pete Pande and Larry Holpp, 2002).

Os principais objetivos da fase *Control* são (CSSC, 2018a; Montgomery, 2009; Pete Pande and Larry Holpp, 2002):

- Desenvolver planos de monitorização do processo;
- Documentar os passos tomados no desenvolvimento do projeto.

Nesta fase, existem várias ferramentas que podem ser utilizadas, como por exemplo (Werkema, 2012):

- Cartas de Controlo;
- Histograma;
- Métricas Seis Sigma;
- Padronização de procedimentos;
- Auditorias;
- 5S;
- *Out of Control Action Plan*.

Tendo em conta as melhorias que poderiam alterar os parâmetros medidos numa fase inicial do projeto, e que, portanto, necessitariam de ferramentas específicas para o seu controlo, em nenhum dos casos a sua implementação foi bem sucedida. Assim, escolheu-se manter a metodologia seguida para a estimação inicial dos parâmetros, sem a adição de outras ferramentas de controlo.



## CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Este trabalho tem como objeto de estudo um terminal de contentores. Neste terminal, as cargas que a operação processa podem ser colocadas em duas grandes categorias, carga contentorizada e carga não contentorizada. Na Figura 3.1 é possível observar as subcategorias destas cargas.

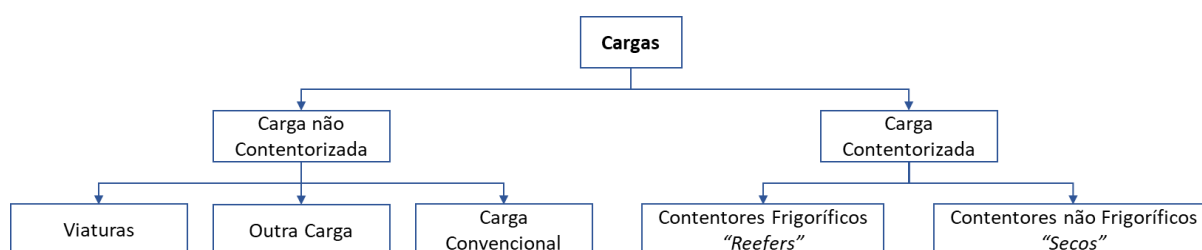


Figura 3.1 - Tipos de Carga

Na Figura 3.2, as zonas identificadas com os números 1, 2 e 3 fazem parte e compõem o que, neste trabalho será definido como "parque", por ser a área na qual as operações de carga e descarga ocorrem. A zona 1 representa a área onde a carga que existe em parque é colocada, assim como a área onde os camiões ou trelas vão levantar a carga. A zona 2 representa a área denominada de "beira-cais", onde os trabalhos de carga e descarga dos navios se realizam. A zona 3 representa a portaria do terminal, onde as trelas têm, obrigatoriamente, de dar entrada e saída de si próprias, assim como da carga que transportam.

A zona identificada como 4 representa o parque das viaturas já descarregadas ou à espera de serem carregadas para bordo dos navios. Esta zona não está dentro do parque, mas a carga que lá se encontra é considerada, em sistema, como ainda não ter saído de parque. Por fim, a zona 5 representa o escritório da empresa que gere o terminal.

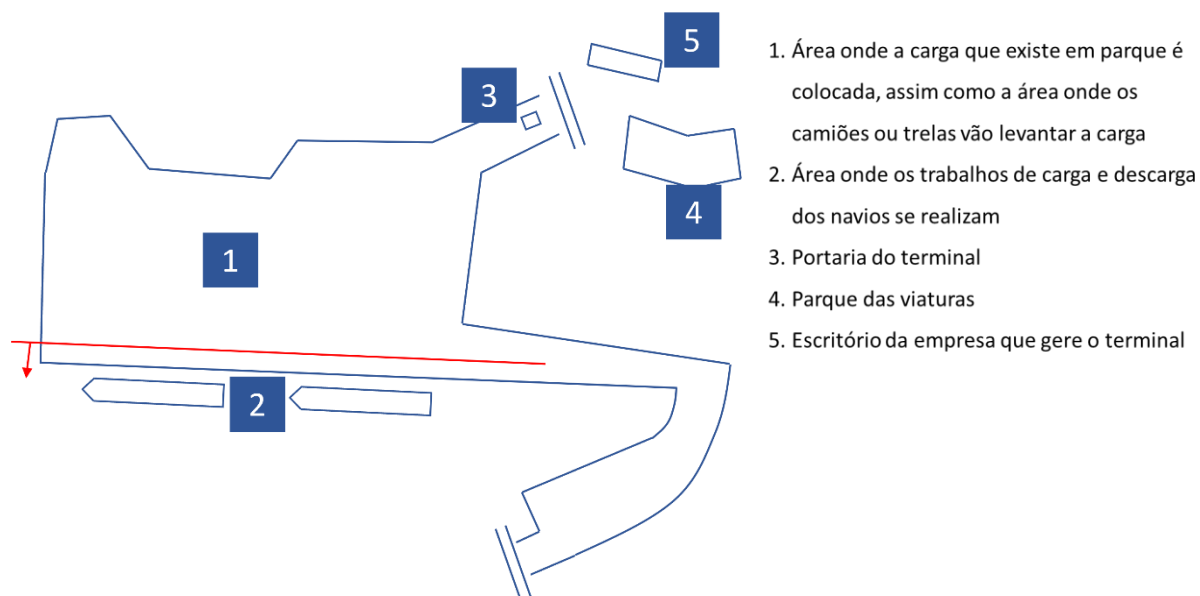


Figura 3.2 - Mapa do parque

### 3.1 Navios

No terminal, a empresa que gere a operação está encarregue pela carga e descarga de navios de duas empresas, Emp. A e Emp. B. Cada empresa opera dois navios, a Emp. A, os navios A1 e A2 e a Emp. B, os navios B1 e B2.

Os navios A1, A2 e B1, atracam no terminal semanalmente enquanto o navio B2 atraca de duas em duas semanas, facto que se pode observar na Figura 3.3.

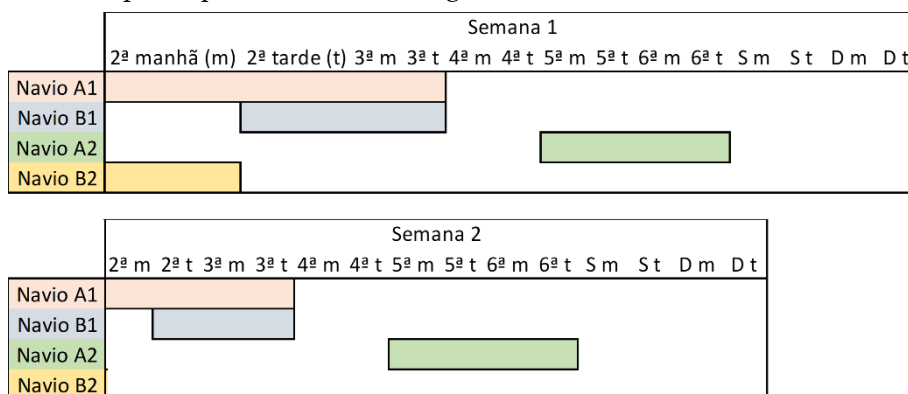


Figura 3.3 - Plano de atracação dos navios

Todos os navios têm uma tipologia e capacidade de carga semelhante, à volta de 850 TEUs. No entanto, a sua capacidade é limitada pelo peso total que conseguem transportar. Com a exceção do navio B2, quando atracados no terminal, os navios são completamente descarregados e carregados pelos trabalhadores da empresa que opera o parque, ou seja, toda a carga que chega ao porto, nestes navios, tem como destino o mesmo.

Os navios transportam carga em três zonas distintas, o porão, zona nos níveis dentro do casco do navio e protegida por tampas (Figura 3.4), o convés, toda a zona acima das tampas referidas e o poço, zona que está abaixo do nível do convés, mas fora do porão.



Figura 3.4 - Porão de um navio

Na Figura 3.5 é possível observar um navio de contentores genérico como referência. A porção da figura assinalada representa um conjunto de contentores a um nível (em altura), abrangendo a largura total do navio. Esta porção do navio é designada de *bay*, sendo que um navio tem múltiplas *bays*.



Figura 3.5 - Navio de contentores genérico

Em cada *bay*, em comprimento, um dado navio tem a capacidade de transportar dois contentores de 1 TEU ou um contentor de 2 TEUs. Na Figura 3.6 encontra-se representada a *bay* com a designação “20”, que contém a porção “19” e “21” do navio A1, sendo a parte sombreada ilustrativa de um contentor de 1 TEU.

		20	
21		19	

Figura 3.6 - Bay "20" do navio A1

## 3.2 Equipamentos

As operações de carga e descarga dos navios são efetuadas com recurso a uma ou duas máquinas de deslocação vertical ou gruas. Estas podem ser gruas operadas a beira cais (Figura 3.7) ou podem fazer parte do navio, a estas chama-se “pau de bordo”. Para simplificar, este trabalho não faz distinção entre as duas.

Na figura seguinte, a componente assinalada da grua é denominada de *spreader* e é a componente que, na configuração apresentada, é utilizada para deslocar a carga contentorizada. Para os outros tipos de carga, é sempre necessária a grua, no entanto, é também necessário material específico que adapte ou substitua o *spreader*, para completar a operação. Para os outros tipos de carga, o material utilizado encontra-se representado na Figura 3.8.



Figura 3.7 - Máquina de deslocação vertical ou grua

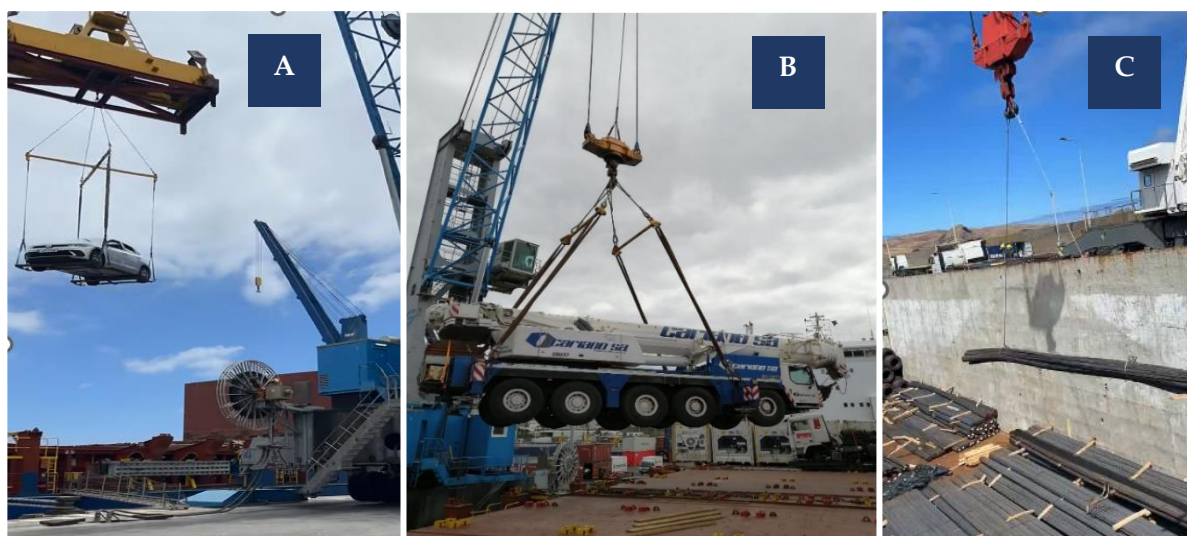


Figura 3.8 - Deslocação vertical de:

A - Viaturas, B - Outra Carga, C - Carga Convencional

No que toca aos movimentos de carga feitos dentro do parque, estes são realizados com recurso a máquinas de deslocação horizontal ou *Kalmars*, exemplificadas na Figura 3.9. No caso da “Outra Carga”, tipicamente as deslocações horizontais são realizadas com recurso a uma empilhadora (Figura 3.10).



Figura 3.9 - Máquina de deslocação horizontal ou *Kalmar*



Figura 3.10 - Empilhadora

### 3.3 Equipas

A pessoa responsável pela gestão do parque é designada por Superintendente. A cargo desta, estão (Figura 3.11):

- Os trabalhadores responsáveis pelas operações de carga e descarga dos navios que estão divididos por equipas, podendo cada equipa estar alocada a uma grua.
- O trabalhador encarregue pela gestão do material acessório à operação – ferramenteiro;
- Os trabalhadores encarregues pelas deslocações feitas pelas máquinas de deslocação horizontal entre as trelas e o parque - manobreadores;
- Os trabalhadores da portaria, responsáveis por controlar a entrada e saída da carga do parque e conseqüentemente, das trelas que transportam estas cargas.

A cada navio que esteja a operar no terminal é alocado um coordenador. A cada navio pode estar alocada uma ou duas equipas, cada destas equipas é constituída por:

- 1 Guindasteiro. Opera a grua;
- 2 Trabalhadores de Base de Bordo ou Base de Terra. Assistem o Guindasteiro;
- 1 Conferente. Verifica a carga descarregada e a carregada a bordo, regista quaisquer observações relevantes quanto à carga e confirma a carga ou descarga da carga, numa Plataforma *online*, com recurso a *tablets*;
- 1 Manobrador. Opera as *kalmars*;
- 1 Portaló. Assiste à operação de deslocação vertical à beira-cais.

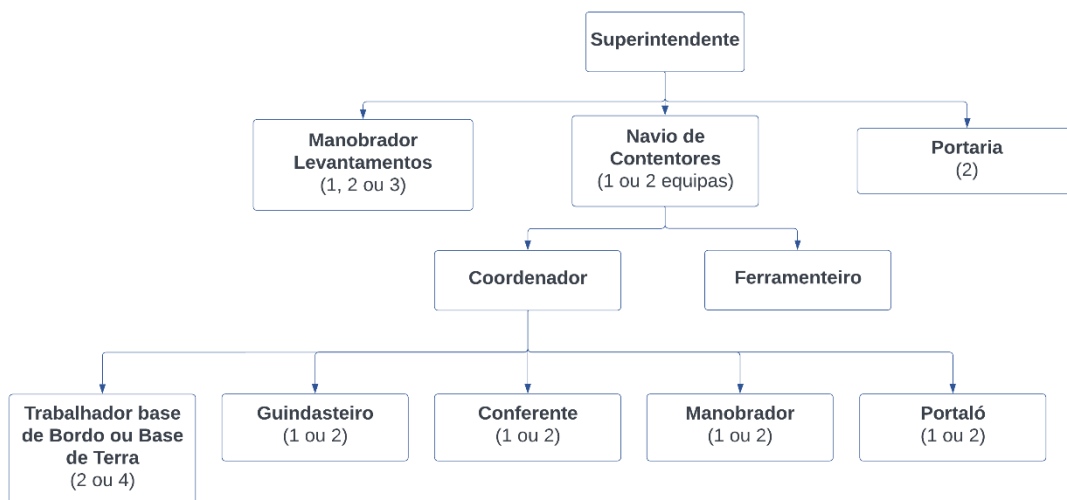


Figura 3.11 - Estrutura de equipa

Quando o navio está a operar com apenas uma equipa, esta tem a designação de equipa “Única”, quando está a operar com duas equipas existe uma distinção entre equipas dependendo se estão a operar na parte da frente – “Vante” - ou na parte de trás – “Ré” – do navio.

É também de notar que, com a exceção do coordenador, e tendo em conta a formação e certificação dos trabalhadores, existe alternância nas posições dentro de cada equipa ao longo do turno de trabalho, a cada 2 horas, em que o guindasteiro e portaló trocam de posições assim como o conferente e o manobrador

O Superintendente distribui, diariamente, as equipas pelos navios tendo em conta as necessidades de trabalho dos mesmos e da disponibilidade das gruas. Os turnos têm, tipicamente, a duração de 9h, com 1h de pausa ao fim de 4h, sendo que existem turnos de menor duração, ajustando-se às necessidades da operação.

### 3.4 Organização do Parque

Em parque, os contentores estão dispostos em pilhas, tipicamente, com um máximo de 3 contentores de altura, 4 contentores de largura e um número variável de contentores de comprimento tendo em conta o espaço disponível.

Neste trabalho foram consideradas certas designações para determinadas posições dos contentores na pilha, identificadas em Figura 3.12. As posições 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> apenas se referem a situações em que entre o contentor desejado e *kalmar* está um outro contentor imediatamente adjacente às rodas da *kalmar* (Figura 3.13). Posições em que existem 2 ou mais contentores entre o contentor desejado e a *kalmar* não são assinalados por impossibilidade mecânica das *kalmares* realizarem essa manobra.



Figura 3.12 - Posições 1, 2 e 3 (de baixo para cima)



Figura 3.13 - Posições 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> (de baixo para cima)

A carga descarregada e carregada no terminal pode ter como proprietário outras empresas, no entanto, o terminal divide a carga, de uma forma geral, em duas categorias correspondentes às empresas A e B. Na Figura 3.14 é possível observar o *layout* do parque e as zonas que o caracterizam.

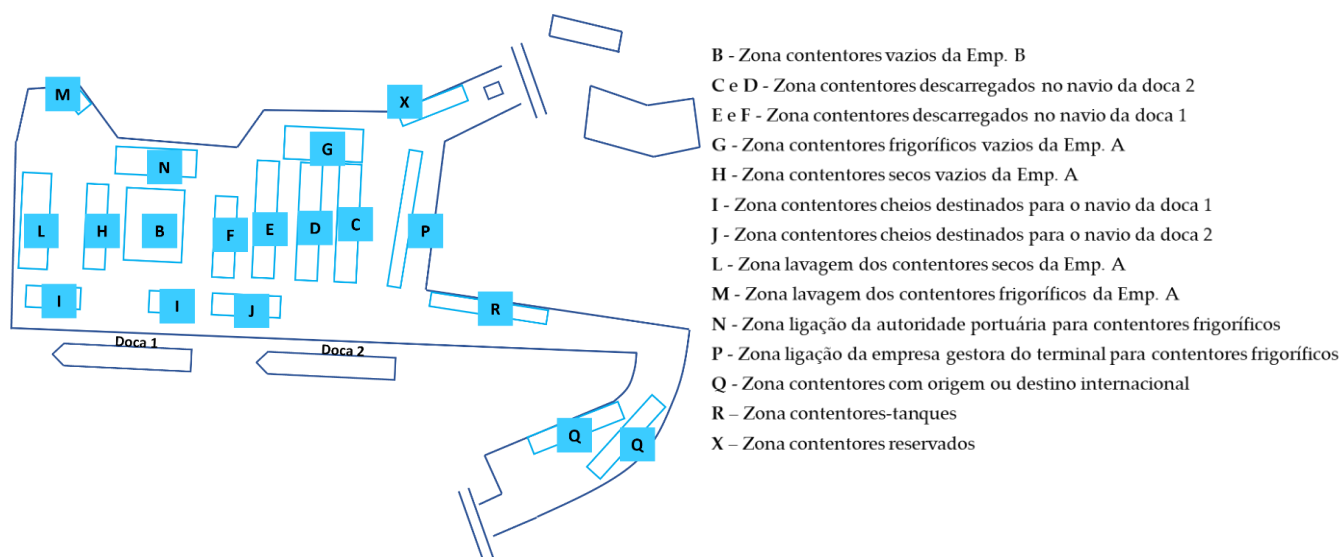


Figura 3.14 - *Layout* das zonas do parque

Estas zonas representam:

**B** - Zona alocada aos contentores vazios da Emp. B.

**C e D** - Zona alocada aos contentores descarregados no navio que esteja a operar na doca 2.

**E e F** - Zona alocada aos contentores descarregados no navio que esteja a operar na doca 1.

**G** - Zona alocada aos contentores frigoríficos vazios da Emp. A.

**H** - Zona alocada aos contentores secos vazios da Emp. A.

**I** - Zona alocada aos contentores cheios destinados para o navio que esteja a operar na doca 1.

**J** - Zona alocada aos contentores cheios destinados para o navio que esteja a operar na doca 2.

**L** - Zona de lavagem, verificação e manutenção dos contentores secos da Emp. A.

**M** - Zona de lavagem dos contentores frigoríficos da Emp. A que transportam carne.

**N** - Zona de ligação da autoridade portuária para contentores frigoríficos.

**P** - Zona de ligação da empresa gestora do terminal para contentores frigoríficos.

**Q** - Zona alocada aos contentores com origem ou destino internacionais.

**R** - Zona alocada aos contentores-tanques.

**X** - Zona alocada aos contentores reservados.

Há que realçar que esta disposição do parque terá sido gerada ao longo do tempo e posteriormente formalizada em sistema. No entanto, existem situações, geralmente quando o parque fica sobrelotado, em que os limites destas zonas são desrespeitados até que o parque regularize.

A disposição da carga em parque é, em teoria, determinada automaticamente por sugestão do sistema interno da empresa ou manualmente pelos conferentes dos navios, atribuindo à carga uma zona e célula específica dentro da zona. No entanto, com a intenção de não prejudicar a eficiência do processo, a empresa tomou a decisão de abdicar do registo preciso da localização das cargas em células e apenas registar a zona em que esta se encontra.



## ESTUDO DE CASO

Neste capítulo descreve-se, de forma detalhada, a aplicação do modelo Seis Sigma, seguindo um ciclo DMAIC e as ferramentas utilizadas neste estudo.

### 4.1 Fase *Define*

O ciclo DMAIC começa com a fase *Define* – Definir (Figura 4.1). Esta fase tem como *output* o *Project Charter*. Para obter este *output*, foi primeiramente necessário definir o objetivo do estudo e, de forma a melhor compreender o processo, os agentes envolvidos no mesmo e os seus *inputs* e *outputs*, recorreu-se à utilização da ferramenta SIPOC.

Em seguida, foi necessário fazer um levantamento dos problemas encontrados no processo, para tal utilizou-se a ferramenta AHP para a classificação dos critérios utilizados e uma média ponderada para retornar um *ranking* dos problemas observados.

Depois, é dada uma visão geral do estado inicial dos problemas identificados, de forma a contextualizar e retratar o impacto dos mesmos, assim como possíveis constrangimentos que estejam a causar à operação como um todo.

Tendo identificado e ordenado os problemas, procedeu-se, à definição de metas desejadas para os mesmos no final do projeto Seis Sigma. Terminando assim esta fase com a conclusão do *Project Charter*.

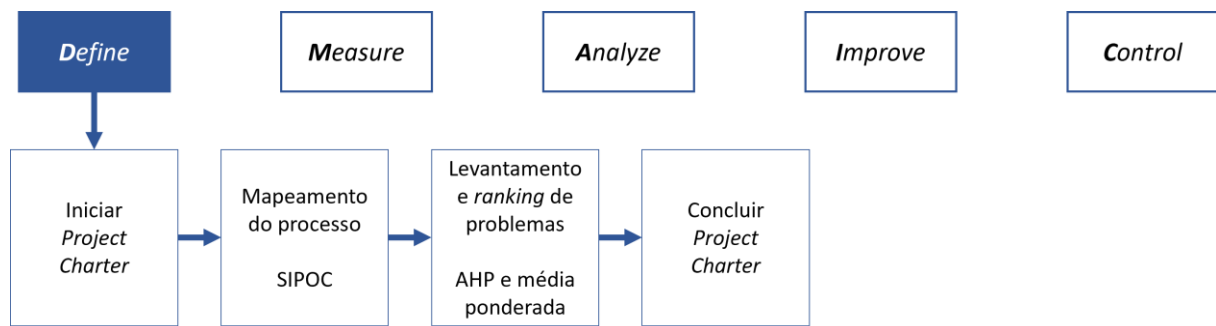


Figura 4.1 - Fase *Define*

Em seguida serão, em mais detalhe, descritas as etapas e ferramentas utilizadas na fase *Define* deste estudo.

### 4.1.1 Iniciar o Project Charter

O *Project Charter* é um documento sujeito a alterações e revisões ao longo do projeto para garantir que se encontra atualizado e que reflete o estado atual do projeto. Na Figura 4.2, encontra-se o *Project Charter* na sua primeira iteração.

<b>Melhoria da eficiência na operação de um terminal de contentores</b>
Início do projeto: 01/08/2022
<b>Razões para o projeto</b>
A empresa procura um aumento financeiro e reputacional para a sua operação. As trelas que recolhem os contentores descarregados para os respetivos clientes têm um tempo de permanência em parque muito elevado, resultando no congestionamento do mesmo e em complicações que se refletem na operação em geral.
<b>Restrições ao projeto</b>
A eficiência relativa aos trabalhos à beira-cais, feito pelas equipas alocadas aos navios já se encontra maximizada, pelo que o projeto Seis Sigma apenas pode incidir sobre o parque de carga.
<b>Cronograma</b>
Data prevista de começo das etapas do ciclo DMAIC Fase <i>Define</i> : 01/09/2022 Fase <i>Measure</i> : 15/11/2022 Fase <i>Analyze</i> : 15/12/2022 Fase <i>Improve</i> : 15/01/2023 Fase <i>Control</i> : 15/02/2023
<b>Meta do projeto</b>
Permanência máxima das trelas em parque de 60 minutos.

Figura 4.2 - *Project Charter* inicial

### 4.1.2 SIPOC

De forma a ter uma visão geral do processo em estudo foi elaborado o SIPOC (Figura 4.3). Como o processo engloba tanto a operação de descarga como a de carga dos navios, o SIPOC resultante é relativamente simétrico, ou seja, os recetores dos *outputs* do processo de descarga são também os fornecedores dos *inputs* do processo de carga.

Esta influência das entidades da operação significa que, caso haja alguma disrupção interna na operação do parque, estes são impactados a um nível bastante elevado. Portanto, aquando da implementação de quaisquer melhorias no âmbito do projeto Seis Sigma, estas têm de ser capazes de trazer benefícios em ambos os sentidos da operação ou serem restritas ao ponto de só atuarem sobre uma componente da operação, sem prejudicar as restantes.

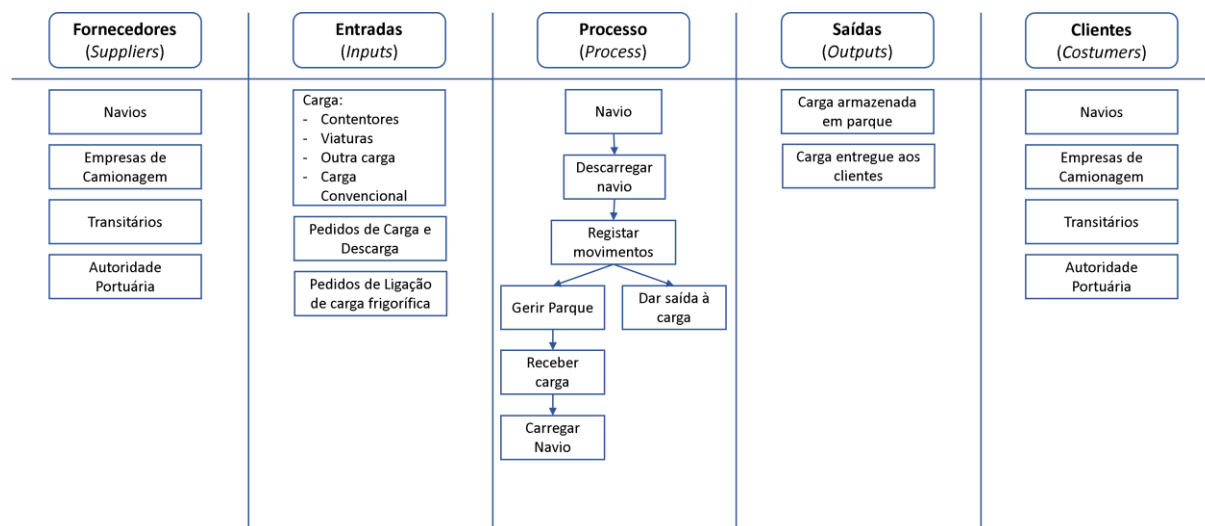


Figura 4.3 - SIPOC

### 4.1.3 Levantamento e *ranking* dos problemas

Desde o início do projeto Seis Sigma até à data de conclusão da fase *Define*, através da observação da operação, conversas com vários intervenientes à operação, como os trabalhadores do porto, tripulantes dos navios, trabalhadores do escritório da empresa e camionistas, foram identificados seis problemas com a operação. Abaixo encontram-se enumerados os problemas, assim como uma breve explicação de cada um.

1. Levantamento de viaturas no momento inadequado;

Os clientes que se deslocam ao escritório da empresa para levantar as suas viaturas apenas recebem a informação que o navio que transporta a sua viatura já atracou. Com apenas esta informação, os clientes interpretam que a viatura já se encontra disponível para ser recolhida, o que não é correto.

2. Condições do parque (chão, instalações, etc.);

Existem no parque muitos obstáculos (buracos, piso inadequado, etc.) que dificultam e, em alguns casos, impossibilitam a passagem de trelas e *kalmars*. Visto que se trata de equipamentos pesados, estes obstáculos apresentam um perigo para a segurança de todos, no parque e, além disso, causam maior desgaste nos equipamentos e criam a possibilidade de danos na carga. Este problema também se refere à sujidade e estado geral das instalações que criam um ambiente por vezes desagradável para todos os intervenientes.

3. Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para a pilha);

Os camiões quando entram no parque para recolher ou deixar carga, têm de primeiro se deslocar até à carga ou até à zona para onde a carga deverá ir. Quando chegam a essa zona, as trelas têm de esperar um tempo indeterminado e por vezes extenso para que uma máquina de deslocação horizontal fique disponível para ir até ao local.

4. Tempo de espera dos camiões (descarga do navio);

As empresas de camionagem, seja por acordos com os clientes ou por outra razão, por vezes escolhem enviar os camionistas para recolherem a carga diretamente quando esta sai dos navios. No entanto, visto que estas empresas não têm acesso ao plano de descarga do navio podem enviar um camionista para o parque no início do dia e este ter de esperar várias horas para que carga que querem seja descarregada e fique disponível.

5. Forma de acompanhamento das ocorrências;

Com o decorrer de uma operação com maquinaria pesada e condições dinâmicas, existe o risco de acidentes. Quando estes acontecem, de acordo com a filosofia Seis Sigma, devem ser investigados até à sua causa raiz, de forma a poderem ser colmatados e prevenidos. Nesta empresa, as ocorrências são registadas e investigadas internamente.

6. Organização do parque (disposição dos contentores/carga no parque).

Em diálogos, muitas vezes foram apontadas formas alternativas de disposição da carga em parque. Devido a estas observações, foi posta a possibilidade de a organização atual do parque apresentar um problema.

Tendo os problemas identificados passou-se para a definição de critérios para caraterizar os mesmos:

C1 - Facilidade de Resolução;

C2 - Impacto (atual) na Eficiência;

C3 - Impacto (atual) na Segurança.

Estes critérios foram definidos em conjunto com as chefias da empresa em estudo e foram considerados como sendo os mais relevantes e mais transversais aos problemas identificados.

Com os problemas identificados e os critérios escolhidos, realizaram-se entrevistas (formulário de respostas no Anexo C) a 13 trabalhadores do parque – Estivador - e aos 5 trabalhadores do escritório da empresa - Escritório - no total 18 trabalhadores foram entrevistados. Na entrevista, as respostas dos entrevistados foram interpretadas pelo entrevistador e traduzidas para um valor numérico para que fosse possível aplicar o método AHP. Os resumos destas respostas e a matriz de comparação resultante encontram-se na Figura 4.4, Figura 4.5 e Figura 4.6.

Escritório			
	C1	C2	C3
C1	1		
C2	5,00	1	
C3	7,80	4,60	1

Figura 4.4 - Matriz de comparação de critérios para Escritório

Estivador			
	C1	C2	C3
C1	1		
C2	3,89	1	
C3	7,46	4,49	1

Figura 4.5 - Matriz de comparação de critérios para Estivador

MATRIZ DE COMPARAÇÃO			
	C1	C2	C3
C1	1		
C2	4.20	1	
C3	7.56	4.52	1

Figura 4.6 - Matriz de comparação dos critérios - Resumo

Tendo a matriz de comparação, foi possível aplicar o método AHP para obter a ponderação dada a cada critério pelos intervenientes. Seguindo os passos descritos no capítulo anterior, verificou-se um *Critical Ratio* de 8,3%, abaixo de 10%, ou seja, verificou-se a consistência dos valores obtidos. Foi, portanto, possível calcular as ponderações dadas a cada critério (Figura 4.7).

PONDERAÇÃO				
	C1	C2	C3	
C1	0,07647	0,039	0,097	7,08%
C2	0,34	0,17335	0,163	22,54%
C3	0,58	0,79	0,74012	70,38%
			Σ	100,00%

Figura 4.7 - Matriz de ponderação dos critérios

Obteve-se, portanto, uma maior ponderação para o Impacto causado na Segurança – 70,38%, em seguida para o Impacto na Eficiência – 22,54% e por último, para a Facilidade de Resolução – 7,08%.

Na mesma entrevista, também foi pedido aos intervenientes para classificarem os problemas, tendo em conta os 3 critérios anteriormente descritos. Na Figura 4.9, Figura 4.8 e Figura 4.10 é possível observar as matrizes resumo de ambos os grupos de resposta assim como a matriz resultante.

Estivador			
Problema	C1	C2	C3
1	7,00	4,77	1,77
2	4,38	8,08	7,77
3	4,46	4,31	3,38
4	7,00	5,77	5,62
5	2,69	2,08	2,38
6	4,85	4,38	2,69

Figura 4.8 - Matriz de votação dos problemas para Estivador

Escritório			
Problema	C1	C2	C3
1	5,80	5,00	1,00
2	1,80	7,40	9,00
3	4,60	6,60	7,40
4	8,20	6,20	8,20
5	2,40	2,80	3,60
6	5,00	7,80	3,40

Figura 4.9 - Matriz de votação dos problemas para Escritório

Problema	C1	C2	C3
1 - Levantamento de viaturas no momento inadequado	6,40	4,88	1,38
2 - Condições do parque (chão, instalações, etc.)	3,09	7,74	8,38
3 - Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para pi	4,53	5,45	5,39
4 - Tempo de espera dos camiões (descarga do navio)	7,60	5,98	6,91
5 - Forma de acompanhamento das ocorrências	2,55	2,44	2,99
6 - Organização do parque (disposição dos contentores/carga no parque)	4,92	6,09	3,05

Figura 4.10 - Matriz resultante da votação dos problemas

Há que apontar que para os problemas 3, 5 e 6, houve 1, 5 e 2 entrevistados, respetivamente, que não classificaram os problemas referidos como sendo problemas.

Em seguida, calcularam-se as pontuações para cada problema através de uma média ponderada com os valores obtidos para cada critério, através da ferramenta AHP. Na Figura 4.11, podemos observar que em 3º lugar, ficou o problema 3, em 2º lugar, o problema 4 e em 1º lugar, o problema 2. Nesta figura encontram-se também realçados os valores mais altos para cada critério. Para impacto na eficiência e na segurança, o problema 2 é o escolhido e para facilidade de resolução, o problema 4.

Problema	C1	C2	C3	$\Sigma$	Rank
1 - Levantamento de viaturas no momento inadequado	0,45	1,10	0,97	2,53	6
2 - Condições do parque (chão, instalações, etc.)	0,22	1,74	5,90	7,86	1
3 - Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para pi	0,32	1,23	3,79	5,35	3
4 - Tempo de espera dos camiões (descarga do navio)	0,54	1,35	4,86	6,75	2
5 - Forma de acompanhamento das ocorrências	0,18	0,55	2,11	2,84	5
6 - Organização do parque (disposição dos contentores/carga no parque)	0,35	1,37	2,14	3,87	4

Figura 4.11 - Matriz final dos problemas e ranking obtido

#### 4.1.4 Concluir Project Charter

Com os problemas identificados e ordenados, estes foram então apresentados à gestão da empresa. Os problemas 3 e 4 foram aprovados para prosseguir no projeto e o problema 1 foi apontado como *Low Hanging Fruit*, ou seja, como um problema de fácil resolução e alto impacto na satisfação dos clientes. Quanto ao problema 2, condições do parque, que foi votado como o problema mais impactante para a operação, não foi possível avançar para fases seguintes visto que, para melhorar as condições do parque, são necessárias obras extensivas no mesmo e a empresa apenas detém a concessão do espaço do porto e, por isso, estas obras são responsabilidade dos donos do espaço. No entanto, é necessário realçar que, como descrito anteriormente, o problema da condição do parque não se limita a infraestrutura permanente (piso, etc.), mas passa também pela criação de espaços adequados para a lavagem de equipamentos pesados e a conservação de infraestrutura criada e gerida pela empresa em estudo e, portanto, poderia haver espaço para melhorias.

No restante decorrer do projeto Seis Sigma, serão, portanto, analisados os problemas:

1. Levantamento de viaturas no momento inadequado;
3. Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para a pilha);
4. Tempo de espera dos camiões (descarga do navio).

O *Project Charter* foi atualizado de acordo com os problemas definidos (Figura 4.12).

<b>Melhoria da eficiência na operação de um terminal de contentores</b>
Início do projeto: 01/08/2022
<b>Razões para o projeto</b>
A empresa procura um aumento financeiro e reputacional para a sua operação. Os clientes interpretam que a viatura já se encontra disponível para ser recolhida quando o navio atraca, o que não é correto. As trelas que recolhem os contentores descarregados para os respetivos clientes têm um tempo de permanência em parque muito elevado, resultando no congestionamento do mesmo e em complicações que se refletem na operação em geral.
<b>Restrições ao projeto</b>
A eficiência relativa aos trabalhos à beira-cais, feito pelas equipas alocadas aos navios já se encontra maximizada, pelo que o projeto Seis Sigma apenas pode incidir sobre o parque de carga. As condições permanentes do parque não podem ser alteradas por não estarem na alçada da empresa.
<b>Cronograma</b>
Data prevista de conclusão das etapas do ciclo DMAIC Fase <i>Define</i> : 01/09/2022 Fase <i>Measure</i> : 15/11/2022 Fase <i>Analyze</i> : 15/12/2022 Fase <i>Improve</i> : 15/01/2023 Fase <i>Control</i> : 15/02/2023
<b>Meta do projeto</b>
Eliminação de clientes a querer levantar viaturas no momento inadequado. Permanência máxima das trelas em parque de 60 minutos.

Figura 4.12 - *Project Charter* no final da fase *Define*

## 4.2 Fase *Measure*

A segunda fase do ciclo DMAIC é a fase *Measure* (Figura 4.13), em que as várias métricas relevantes para o projeto são quantificadas. Neste estudo, foi primeiramente descrito o processo no seu estado inicial, com recurso aos fluxogramas referentes ao processamento dos vários tipos de carga e das trelas em parque.

Em seguida, de forma a obter um ponto de referência inicial quanto às metas definidas na fase *Define*, os aspetos a que estas se referem foram analisados, assim como outras métricas relevantes, como os baldeamentos e os tempos de descarga dos vários tipos de carga, para todos os navios.

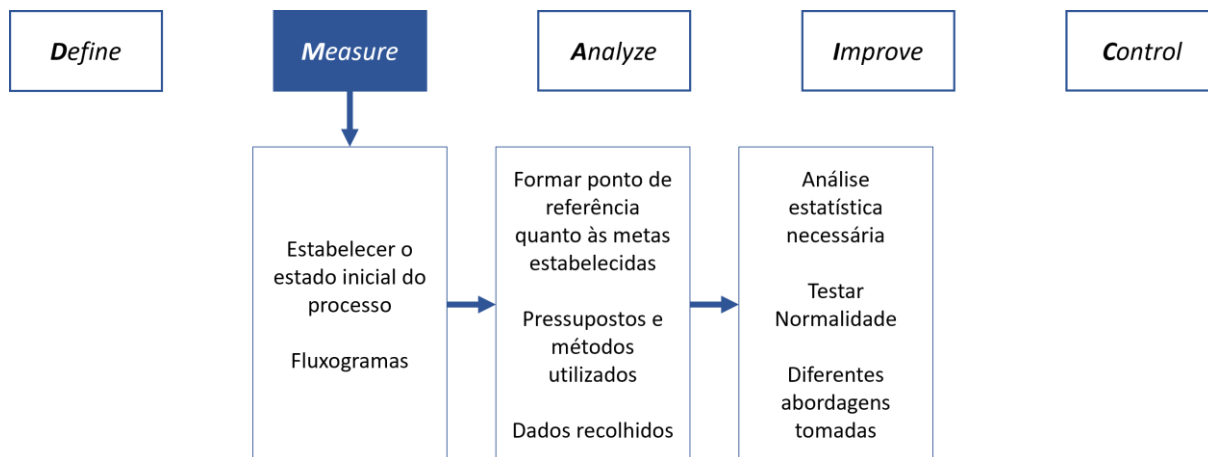


Figura 4.13 - Fase *Measure*

### 4.2.1 Processo inicialmente

Os fluxogramas representados na Figura 4.14, representam o processo relativo a cada tipo de carga, após ser descarregado do navio até sair do parque.

O processo de uma trela quando entra em parque depende, maioritariamente, se traz ou não carga consigo e se vai ou não levar carga. Na Figura 4.15 é possível observar o fluxograma que descreve o processo de uma trela, desde a sua entrada no parque até à sua saída. Note-se que “ligação” refere-se a quando um contentor frigorífico cheio necessita de estar ligado à corrente, de forma a manter a temperatura desejada.

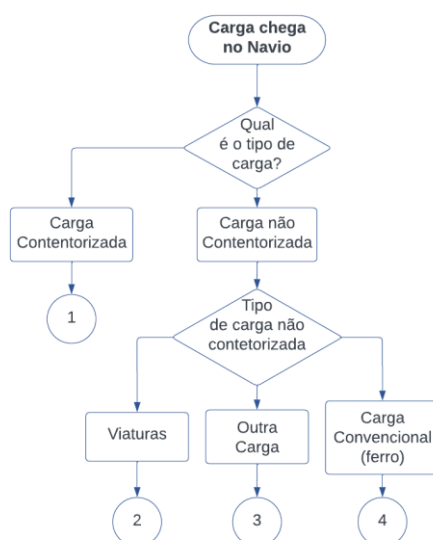


Figura 4.14 - Fluxograma do processamento dos vários tipos de carga

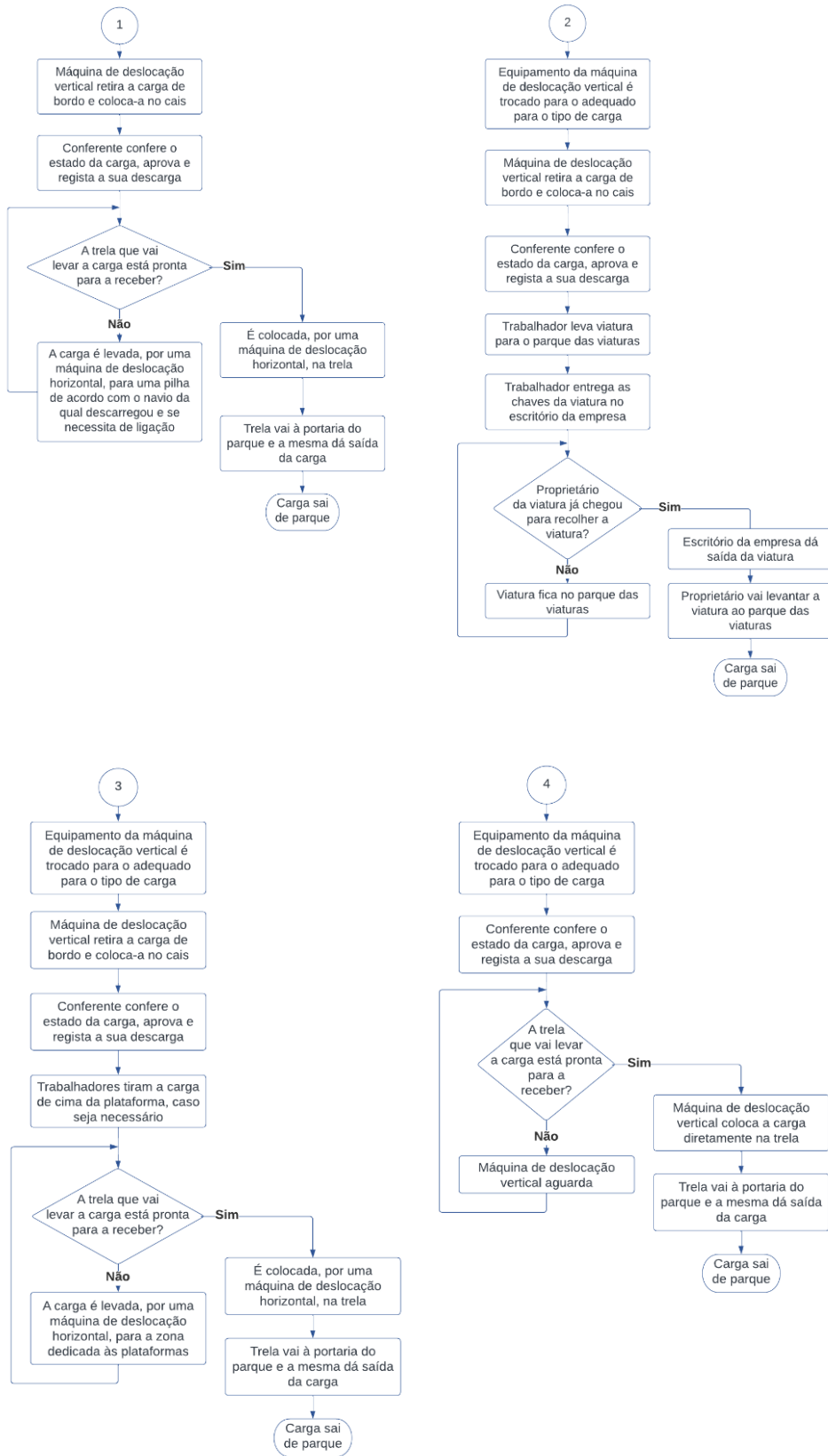


Figura 4.14 - Fluxograma do processamento dos vários tipos de carga (continuação)

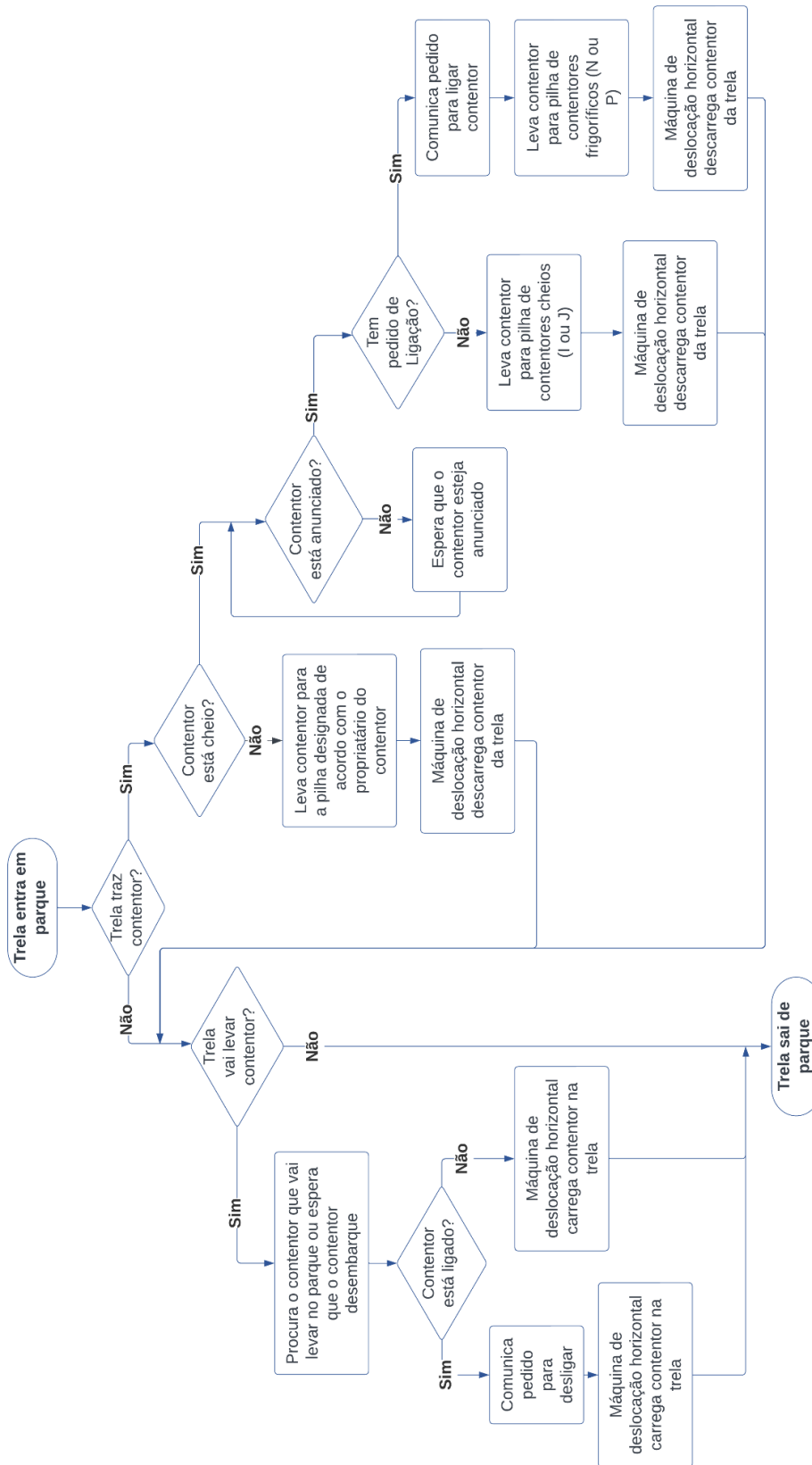


Figura 4.15 - Fluxograma do processamento de uma tréla

## 4.2.2 Estabelecer ponto de situação

Os problemas escolhidos no final da fase *Define* devem ser medidos e quantificados tendo em conta a meta estabelecida. A empresa deu acesso à plataforma interna com dados históricos.

### 4.2.2.1 Meta 1 - Clientes a levantar viaturas no momento inadequado

Aquando do começo do projeto, o primeiro problema apontado foi, precisamente, o problema 1 - Levantamento de viaturas no momento inadequado. Este problema foi imediatamente reconhecido como sendo de muito fácil resolução e, portanto, uma solução foi implementada assim que possível, muito antes dos prazos estabelecidos pelo *Project Charter*.

Para esta meta, a forma mais direta de a quantificar seria, para uma janela temporal definida, contar quantos clientes desejam levantar as viaturas no momento inadequado. No entanto, de forma a não sobrecarregar os trabalhadores do escritório da empresa, esta métrica foi abandonada.

Anteriormente à implementação da melhoria mencionada, a empresa apenas tinha dois momentos de controlo sobre o estado das viaturas, representados pelas setas na Figura 4.16. Após a melhoria, que será explicada em maior detalhe na fase *Improve*, foi criado um ponto de controlo, quando a

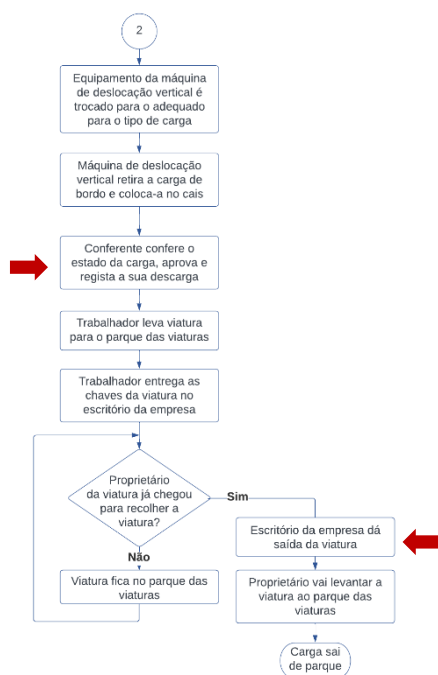


Figura 4.16 - Processamento de viaturas antes da implementação de uma melhoria (Parte da Figura 4.14)

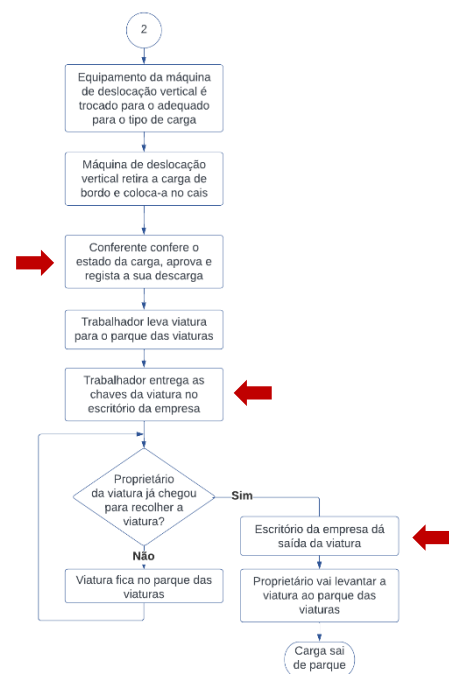


Figura 4.17 - Processamento de viaturas após a implementação de uma melhoria (Parte da Figura 4.14)

chave da viatura é entregue no escritório, ou seja, o momento em que a viatura está disponível para ser levantada pelo cliente (Figura 4.17).

No estado “Antes”, a única medição possível seria a de tempo total de permanência das viaturas em parque, ou seja, tempo desde descarga do navio até a saída da viatura. No estado “Depois”, com a criação de um ponto de controlo - “intermédio” – em que é registado o momento de entrega das chaves da viatura no escritório, tornou-se possível repartir a medição realizada anteriormente em tempo desde descarga do navio até o ponto intermédio e do ponto intermédio até à saída da viatura do parque.

De forma a melhor caracterizar este processo, foi escolhido o mês de janeiro de 2022 para o Antes e janeiro de 2023 para o Depois, visto que a melhoria foi implementada em agosto de 2022. Os passos seguidos foram (Figura 4.18):

1. Com os dados históricos em sistema de 2022, estabeleceu-se média e desvio padrão do tempo total de permanência das viaturas em parque;
2. Com os dados em sistema e os recolhidos após a melhoria, em 2023, estabeleceu-se a média do tempo de descarga até ao ponto intermédio e desde este ponto até à saída da viatura;
3. Assumindo que o tempo que o trabalhador demora a levar as chaves ao escritório antes e depois se manteve o mesmo, inferiu-se o tempo desde o ponto intermédio à saída da viatura para 2022, subtraindo o tempo de 2023 para o mesmo momento, ao tempo total de 2022.

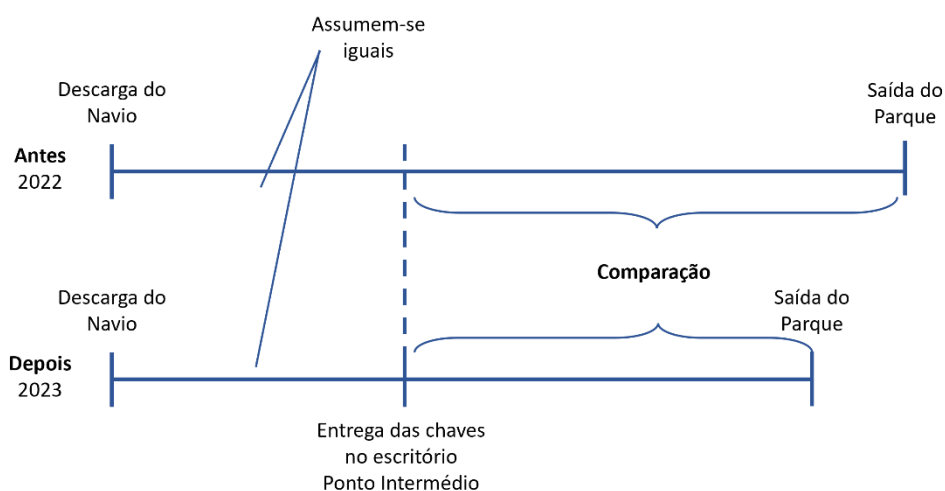


Figura 4.18 - Ilustração dos passos seguidos para caracterizar o tempo de processamento das viaturas

Assim, é possível comparar o tempo associado apenas ao cliente e não à operação dos trabalhadores de parque. Estes parâmetros encontram-se apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Tempos médios associados ao levantamento das viaturas

	Antes	Depois
Tempo desde descarga à saída	40h 41m	13h 35m
Tempo desde descarga a intermédio	9h 39m	
Tempo desde intermédio à saída	31h 2m	7h 36m

#### 4.2.2.2 Meta 2 – Tempo de permanência das trelas em parque

Para caracterizar o estado atual do parque neste aspeto, recorreu-se aos dados históricos no sistema da empresa. Em primeiro lugar, foi estabelecida uma janela temporal de estudo entre agosto e setembro de 2022, com um total de 7727 observações de trelas em parque. Entenda-se por observação, a subtração da hora de saída de uma dada trela, pela hora de entrada da mesma. A estas observações foi imposto um limite inferior de 1 minuto, ou seja, as observações com valores menores que 60 segundos foram rejeitadas por serem irrealistas, o que resulta num novo total de 7725 observações.

Em seguida, realizou-se uma análise de frequência dos tempos de permanência das trelas em parque, com intervalos de 10 minutos (Figura 4.19).

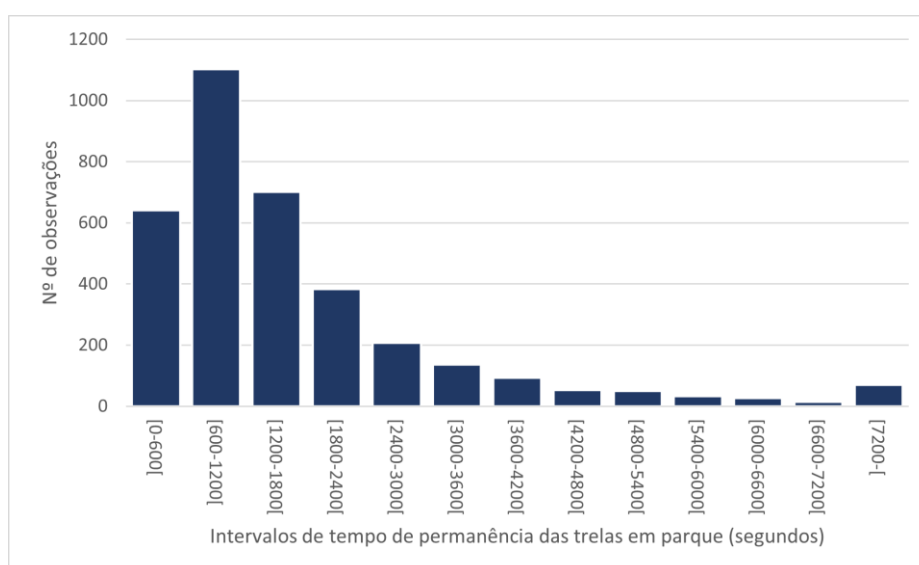


Figura 4.19 - Número de observações de tempos de permanência das trelas em parque em intervalos de 10 minutos

Para ser possível calcular o nível sigma associado a esta meta, definiu-se como defeito qualquer observação acima de 60 minutos. Visto que só existe uma oportunidade para defeito, calculou-se primeiro o número de defeitos por oportunidade - 0,074951, ou seja, 7,5%. Em segundo lugar, multiplicou-se por 1 milhão para obter o número de defeitos por milhão de oportunidades - 74951. Este valor, consultando a tabela de conversão para o nível sigma, coloca esta métrica entre o nível 2,90 e 2,95 sigma.

Algo que também foi analisado, foi o tempo de permanência das trelas que transportam cargas prioritárias, contentores frigoríficos cheios e tanques de gás natural, em parque. Estes são os contentores que devem ser descarregados dos navios em primeiro lugar.

Para o caso das trelas que transportam carga prioritária, apenas cerca de 2,46% permanecem em parque mais do que 60 minutos, o que se traduz num nível sigma entre 3,45 e 3,50.

### 4.2.3 Outras métricas

Embora as metas estabelecidas já tenham sido analisadas, visto que o projeto Seis Sigma abrange todo o parque e toda a operação, foram feitas outras medições para o caracterizar.

#### 4.2.3.1 Baldeamentos

A carga contentorizada é guardada no parque em pilhas, o que significa que, caso haja uma trela que deseja levantar uma carga na situação assinalada na Figura 4.20 é necessário que a máquina de movimentação horizontal realize baldeamentos, ou seja, movimentos na pilha de contentores.



Figura 4.20 - Exemplo de situação de contentor numa pilha (1)

No caso ideal, em que a trela deseja levar o contentor mais fácil de recolher (Figura 4.21), o tempo associado a esta manobra é mínimo. No entanto, em casos como o da Figura 4.20, em que é necessário remover vários contentores para chegar ao desejado, o tempo total associado aos movimentos é maior e contribui significativamente para o tempo de permanência de uma trela em parque.



Figura 4.21 - Exemplo de situação de contentor numa pilha (2)

Tendo em conta as 6 posições possíveis de onde a *kalmar* pode retirar contentores de uma pilha para uma trela ou de uma trela para uma pilha, posições 1, 2, 3, 1º, 2º e 3º (Figura 3.12 e Figura 3.13), aleatoriamente, durante os meses de agosto, setembro e parte de outubro, foram recolhidas, no total, 111 observações de baldeamentos de trelas para pilhas e 177 observações de baldeamentos de pilhas para trelas. Na Tabela 4.2 encontra-se a média relativa a cada um destes movimentos, assim como a média global, em segundos:

Tabela 4.2 - Média, em dos baldeamentos

(seg)	Trela para Parque	Parque para trela
1	56,3	70,4
2	67,1	74,9
3	67,1	73,6
1º	88,0	88,7
2º	58,7	76,3
3º	58,7	89,6
Total	63,7	77,5

segundos, dos tempos observados

Para movimentos da trela para o parque, não existem baldeamentos intermédios visto que se trata de apenas retirar o contentor da trela e colocá-la numa pilha.

Nas observações recolhidas, podemos contar também com 90 baldeamentos intermédios, ou seja, necessários para realizar o movimento final de pilha para a trela e 37 movimentos em que foram registados não só a duração de cada baldeamento intermédio, mas também o tempo total do movimento. Para esses movimentos existem algumas características a ter em conta:

- 32,20% dos movimentos de parque para trela requerem baldeamentos intermédios;
- Os baldeamentos demoram, em média, um total de 3 minutos e 55 segundos;
- Os baldeamentos requerem, em média, 1,4 baldeamentos intermédios;
- O tempo utilizado em deslocações entre baldeamentos é, em média, 1 minuto e 24 segundos.

Outra observação realizada foi que, em 68,75% dos baldeamentos intermédios registados, o operador remove um contentor para uma posição do mesmo lado da mesma pilha de onde o retirou (Figura 4.22).

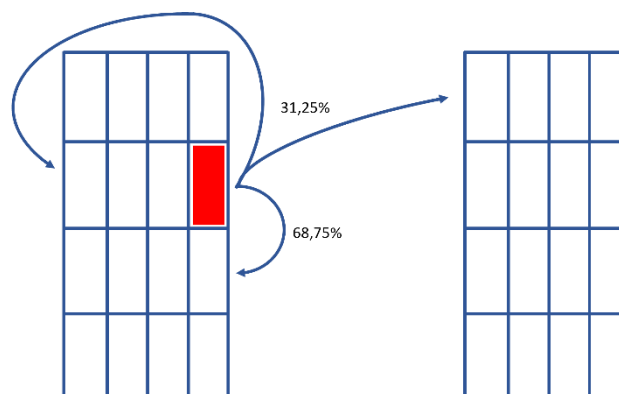


Figura 4.22 - Representação da distribuição de baldeamentos feitos dentro do mesmo lado da mesma pilha e fora

#### 4.2.3.1 Tempos de descarga do navio

Como indicado no *Project Charter*, este estudo não abrange as operações realizadas a beira-cais, no entanto, é importante para a caracterização da operação compreender a descarga de um navio e o tempo despendido a fazê-lo.

O elemento da equipa que regista a descarga de uma carga do navio é o conferente. Este registo é feito em simultâneo com a verificação da carga, quando esta chega ao solo. Posto isto, o tempo de descarga de uma carga B é definido como a diferença entre a hora em que a descarga da carga A é registada e a hora em que a descarga da carga B é registada (Figura 4.23).

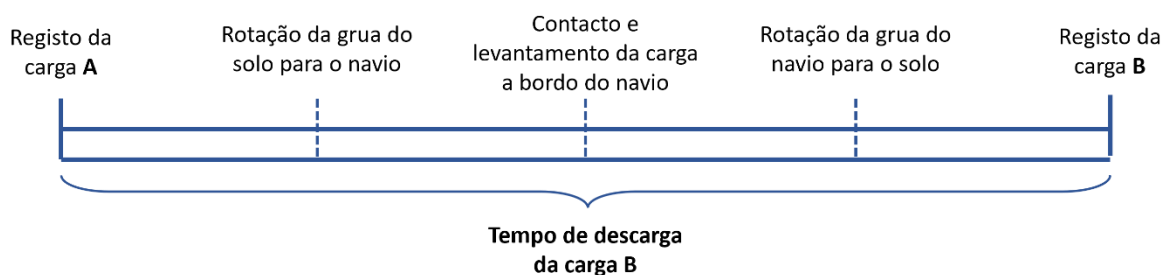


Figura 4.23 - Representação do tempo de descarga de uma carga e do que tal engloba

É necessário apontar que este tempo engloba não só o tempo desde que a máquina de deslocação vertical faz contacto com o contentor a bordo do navio até o posicionar e colocar no solo, como também quaisquer ações que possam ser realizadas entre o registo dos dois tempos.

Os dados de registo das horas de descarga foram obtidos através da plataforma interna da empresa. A janela temporal escolhida foram os meses de agosto e setembro de 2022. Os dados, após exportados para uma folha Excel, foram ordenados por:

1. Data de registo (de mais antiga para mais recente);
2. Equipas (Ré, Vante e Única);
3. Hora de registo (de mais cedo para mais tarde).

Para que seja possível realizar qualquer tipo de análise significativa com os dados em sistema, associados aos tempos de descarga dos navios, foi necessário criar filtros para remover dados que não se traduzem para o contexto de estudo.

Estes filtros são:

- Os tempos não devem ser superiores a 10 minutos. Aqui, refere-se a remover observações que possam conter trocas de turnos, deslocações de gruas, avarias ou outras paragens;
- Os tempos devem ser superiores a 45 segundos. Aqui, existe um limite inferior criado para limitar registos que possam ter sido feitos em simultâneo por opção do conferente, por distração ou causa de força maior;

- Observações seguidas não podem ser realizadas por equipas ou recursos diferentes. No mesmo navio e em simultâneo, podem estar a operar duas equipas, com recursos diferentes. Este filtro impede que sejam registados tempos que não são referentes à mesma equipa ou recurso;
- Observações seguidas devem ser referentes ao mesmo tipo de carga. Visto que os diferentes tipos de carga podem estar todos no mesmo navio simultaneamente e que pode ser necessário equipamento diferente para efetuar a descarga de cada um destes, não podem ser contabilizados os tempos de descarga entre, por exemplo, um contentor e em seguida, uma viatura.

Após esta filtragem e preparação dos dados, procedeu-se para a análise dos mesmos com o objetivo final de obter um tempo médio de descarga para cada tipo de carga, tendo em conta cada navio.

Para tal, tentou-se não separar os dados, ou seja, tratá-los todos como uma população. Esta abordagem não foi bem-sucedida visto que os navios A1 e B1 ou A1 e B2 podem estar a trabalhar em simultâneo (Figura 3.3) e, portanto, não faria sentido juntar observações referentes a diferentes navios.

Em seguida tentou-se uma abordagem mais cuidada. Na Figura 4.24 é possível observar uma ilustração que demonstra os vários componentes que influenciam o tempo de descarga de uma carga.

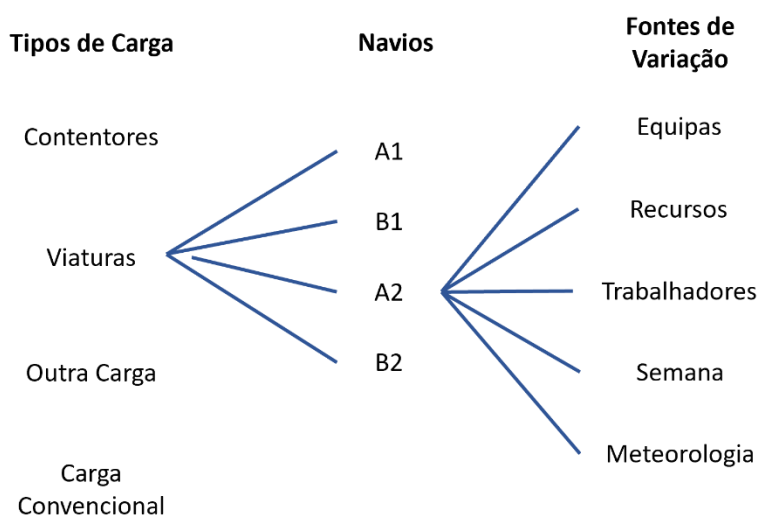


Figura 4.24 - Influências no tempo de descarga de uma carga

Para a análise destes parâmetros foram feitas algumas suposições:

- Os trabalhadores deverão ter todos o mesmo nível de formação e, portanto, não devem influenciar significativamente o tempo de descarga;
- A meteorologia apenas representa ruído na análise. Não tendo dados referentes a este fator, não é possível determinar a sua relevância no tempo de descarga.

#### 4.2.3.1.1 Contentores, Viaturas e Carga Convencional

Para o caso dos contentores, viaturas e carga convencional, foi possível passar para a fase seguinte, em que, se analisou cada tipo de carga e navio individualmente. Para tal, foram utilizadas *One-Way* ANOVAs, visto que apenas se procurou controlar um fator, o tempo de descarga, de forma a determinar se realmente existem diferenças significativas dentro das componentes em estudo, as equipas (Vante, Ré e Única) e os recursos (Grua 1, Grua 2 e Grua 3). Para poder aplicar as ANOVAs, em primeiro lugar, foram retirados os *outliers* das componentes em estudo, utilizando o método MAD. Em seguida, foram realizadas 5 amostragens aos dados, de forma aleatória<sup>1</sup>, com dimensão dependente do número de amostras, do grupo com o menor número de observações. Por exemplo, após remover os *outliers*, para a análise referente às equipas do navio A1, aquando da análise referente aos contentores, a equipa “Única” apresentou 92 observações, a menor quantidade entre as três equipas, e, portanto, a dimensão da amostra escolhida foi 50.

Posteriormente, para cada amostragem, foram realizadas as ANOVAs, com recurso à funcionalidade correspondente no pacote de análise de dados, do Excel. Para confirmar os pressupostos associados à realização das ANOVAs, estes foram analisados no *software* Minitab. Para testar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para esta confirmação, utilizou-se uma das amostragens feitas como sendo representativa de todos os testes. Nos casos em que os dados não cumpriram algum pressuposto, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis para confirmar as conclusões do estudo.

<sup>1</sup>A amostragem foi inicialmente feita com recurso à funcionalidade de amostragem no pacote de análise de dados no Excel, no entanto, este método permite a função de dados repetidos. Assim, através de uma série de funções, foi criada uma estratégia de amostragem que não permite dados repetidos.

### Navio A1

Na Tabela 4.3 é possível observar o resumo dos resultados das ANOVAs aplicadas aos conjuntos do navio A1. Para os dados recolhidos das equipas e recursos dos contentores e dos recursos das viaturas, foi possível verificar que os dados não seguem uma distribuição Normal e, portanto, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis. Visto que o *p-value* para este teste foi superior a 5%, e que, em todas as amostragens realizadas, não se rejeita a hipótese nula, é possível concluir que não existem diferenças significativas entre estes conjuntos. Os dados relativos às equipas das viaturas verificam os pressupostos das ANOVAs e, em todos os casos, não rejeitam a hipótese nula, o que indica que também não apresentam diferenças significativas entre si (Anexo D).

Tabela 4.3 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio A1

Carga		Nº obs. Menor conjunto	n escolhido	% de testes em que conjuntos não apresentam diferenças significativas	Verifica Pressupostos das ANOVAs?	<i>p-value</i> Kruskal-Wallis
Contentores	Equipas	92	50	100%	Não	0,703
	Recursos	430	50	100%	Não	0,342
Viaturas	Equipas	7	7	100%	Sim	-
	Recursos	90	50	100%	Não	0,77

### Navio B1

Na Tabela 4.4 é possível observar o resumo dos resultados das ANOVAs aplicadas aos conjuntos do navio B1. Os dados relativos às equipas das viaturas verificam os pressupostos das ANOVAs e 4 em 5 dos testes realizados não rejeitam a hipótese nula e, portanto, é possível concluir que não existem diferenças significativas entre si. Os dados relativos às equipas dos contentores e aos recursos das viaturas, em 80% dos testes realizados, não rejeitam a hipótese nula e, os recursos dos contentores, 100%. Embora estes três conjuntos validem o pressuposto de normalidade das ANOVAs, todos os seus testes de Kruskal-Wallis apresentam *p-values* superiores a 5% e, portanto, é possível afirmar que não apresentam diferenças significativas entre si (Anexo E).

Tabela 4.4 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio B1

Carga		Nº obs. Menor conjunto	n escolhido	% de testes em que conjuntos não apresentam diferenças significativas	Verifica Pressupostos das ANOVAs?	<i>p-value</i> Kruskal-Wallis
Contentores	Equipas	400	50	80%	Não	0,246
	Recursos	28	20	100%	Não	0,659
Viaturas	Equipas	161	50	80%	Sim	-
	Recursos	11	10	80%	Não	0,146

### Navio A2

Na Tabela 4.5 é possível observar o resumo dos resultados das ANOVAs aplicadas aos conjuntos do navio A2. Os dados das equipas das viaturas e da carga convencional e dos recursos da carga convencional validam os pressupostos das ANOVAs e, em todos os testes realizados não rejeitam a hipótese nula, logo, é possível concluir que não existem diferenças significativas dentro destes conjuntos. Note-se que apenas duas gruas foram analisadas nos recursos da carga convencional. Os dados dos recursos das viaturas não verificam o pressuposto da normalidade, no entanto, o teste de Kruskal-Wallis apresenta um *p-value* superior a 5% e todos os testes não rejeitam a hipótese nula, portanto, podemos concluir que não existem diferenças significativas entre estas equipas (Anexo F).

Os dados dos contentores, no caso das equipas, rejeitam a hipótese nula em 7 dos 10 testes realizados, não verificam o pressuposto da normalidade e o *p-value* do teste de Kruskal-Wallis fica abaixo de 5%. Os dados relativos aos recursos, não rejeitam a hipótese nula em apenas 30% dos testes, não verificam o pressuposto da normalidade e o valor do *p-value* do teste de Kruskal-Wallis é muito próximo, embora que acima, de 5%. Com os resultados obtidos, não existe confiança que não haja diferenças significativas dentro dos conjuntos analisados (Anexo F).

Tabela 4.5 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio A2

Carga		Nº obs. Menor conjunto	n escolhido	% de testes em que conjuntos não apresentam diferenças significativas	Verifica Pressupostos das ANOVAs?	<i>p-value</i> Kruskal-Wallis
Contentores	Equipas	51	30	30%	Não	0,029
	Recursos	322	50	70%	Não	0,052
Viaturas	Equipas	9	9	100%	Sim	-
	Recursos	78	50	100%	Não	0,775
Carga Convecional	Equipas	56	30	100%	Sim	-
	Recursos	68	40	100%	Sim	-

Adicionalmente, procurou-se perceber a razão da diferença entre os conjuntos dos contentores do navio A2, primeiro comparando-o com os restantes navios (Figura 4.25). Do *Box-Plot* dos dados é perceptível que este navio é bastante semelhante ao navio B1, que não apresenta diferenças significativas nos seus dados. Algo que também foi analisado foram as circunstâncias em que a descarga do navio ocorre. Este navio opera, tipicamente, com recurso a duas gruas em simultâneo, tal como o navio A1, que não apresenta diferenças significativas entre os conjuntos analisados. Tendo toda esta informação em conta, não foi possível determinar uma causa para a existência de diferenças significativas.

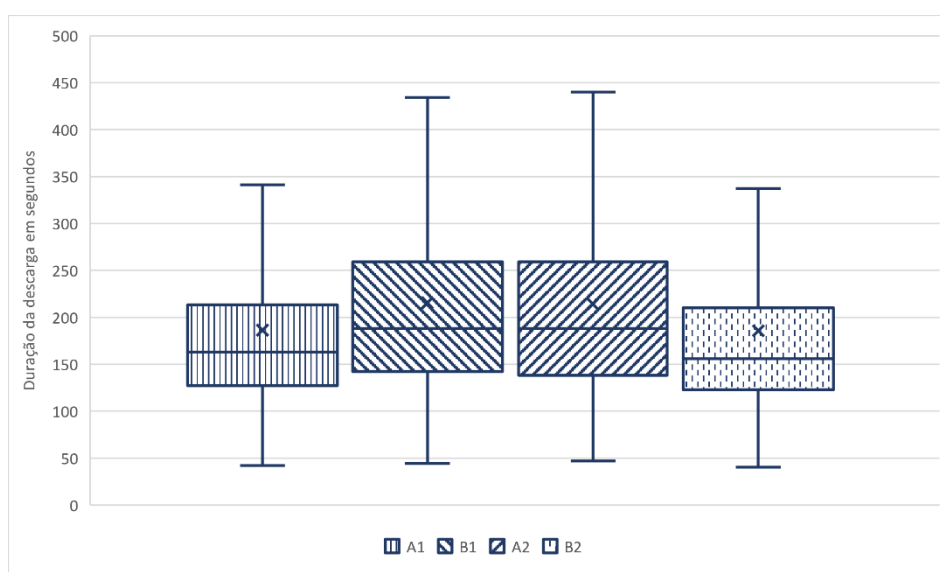


Figura 4.25 - *Box-Plot* dos dados dos tempos de descarga dos navios

## Navio B2

Na Tabela 4.6 é possível observar o resumo dos resultados das ANOVAs aplicadas aos conjuntos do navio B2. Apenas foi possível analisar o conjunto dos recursos dos contentores deste navio por ser o único conjunto com dados suficientes para se realizar uma análise representativa. Este

Tabela 4.6 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para o navio B2

Carga		Nº obs. Menor conjunto	n escolhido	% de testes em que conjuntos não apresentam diferenças significativas	Verifica Pressupostos das ANOVAs?	<i>p-value</i> Kruskal-Wallis
Contentores	Equipas	-	-	-	-	-
	Recursos	24	20	100%	Sim	-
Viaturas	Equipas	-	-	-	-	-
	Recursos	-	-	-	-	-

conjunto verifica todos os pressupostos das ANOVAs e não rejeita a hipótese nula em todos os testes realizados, portanto, é possível concluir que não existem diferenças significativas entre os recursos dos contentores do navio B2 (Anexo G).

#### 4.2.3.1.2 Outra Carga

A carga que é rotulada como “Outra Carga” é carga não contentorizada e que muitas vezes requer mudança de equipamento da grua e por vezes, por questões de segurança, paragem de outras operações acessórias de descarga, seja por ser de grandes dimensões, peso elevado ou por necessitar de espaço acrescentado para realizar a manobra de descarga.

Por estas razões, o tempo de descarga associado a este tipo de carga não pode ser analisado da mesma forma que os restantes. Assim, aos dados recolhidos referentes a outras cargas foi removido o limite superior de 10 minutos por observação e foi logo feita uma análise, semelhante à feita para analisar os restantes tipos de carga, utilizando, neste caso 10 amostragens, para compreender se as observações referentes aos navios A1, B1 e A2 apresentam diferenças significativas.

Na Tabela 4.7 é possível observar o resumo dos resultados das ANOVAs aplicadas aos dados relativos aos tempos de descarga de Outra Carga. Estes dados não verificam os pressupostos de normalidade e de homogeneidade, no entanto o teste de Kruskal-Wallis apresenta um *p-value* superior a 5% e todos os testes realizados não rejeitam a hipótese nula, portanto, é possível concluir que os dados não são significativamente diferentes (Anexo H). Logo, podemos tratá-los em conjunto.

Tabela 4.7 - Resumo de resultados da aplicação de ANOVAs, verificação de pressupostos e teste Kruskal-Wallis para Outra Carga

Nº obs. Menor conjunto	n escolhido	% de testes em que conjuntos não apresentam diferenças significativas	Verifica Pressupostos das ANOVAs?	<i>p-value</i> Kruskal-Wallis
17	10	100%	Não	0,536

Em seguida, testou-se a normalidade destes dados através do teste de Kolmogorov-Smirnov, no qual o valor do *p-value* obtido foi superior a 5%, o que verifica a normalidade dos dados. Posto isto,

recorreu-se às cartas de controlo de observações individuais (cartas X e MR), com o objetivo de determinar os parâmetros associados aos tempos de descarga de Outra Carga. Apenas a Regra 1, das regras das causas especiais foi utilizada para detetar causas especiais nestas cartas, visto que as restantes regras, no contexto deste estudo, não representam necessariamente anomalias nos dados.

Em seguida, foi feita uma representação descritiva dos dados recolhidos (Tabela 4.8), apresentando alguns parâmetros relevantes como a média e desvio padrão das observações, com e sem *outliers* removidos. Estes *outliers* representam 3 observações com tempos a rondar os 30 minutos,

Tabela 4.8 - Parâmetros de Outra Carga

	Nº Observações	Média (s)	Desvio Padrão (s)	Média (mm:ss)
Com <i>outliers</i>	72	329,22	368,55	5:29
Sem <i>outliers</i>	69	260,68	164,28	4:21
Sem causas especiais	59	229,9	100,67	3:50

influenciando bastante os valores dos parâmetros obtidos. A Tabela 4.8 apresenta estes parâmetros, antes da aplicação das cartas de controlo, para os dados com e sem *outliers* e depois da aplicação das cartas de controlo.

#### 4.2.3.1.3 Parâmetros para cada navio

Com recurso ao *software* Minitab, foi possível avaliar a normalidade dos dados obtidos e realizar transformações Box-Cox, de forma a ajustá-los a uma distribuição Normal, caso necessário. Em seguida, foi possível aplicar cartas X e MR, de forma a obter os parâmetros de média e desvio padrão de cada navio para cada tipo de carga (Anexo I, Anexo J, Anexo K e Anexo L).

As observações identificadas como causas especiais de variação nas cartas X-MR dos valores transformados foram eliminados, assim como as observações correspondentes nos valores não transformados. Aplicando as equações das cartas de controlo aos dados não transformados, foi possível estimar os parâmetros, em segundos, para cada navio e tipo de carga.

Na Tabela 4.9 é possível observar os parâmetros obtidos para os vários navios e tipos de carga.

Tabela 4.9 - Parâmetros obtidos para os vários navios e tipos de carga

Navio	Tipo de Carga	Nº Observações	Lambda utilizado	Média (s)	Desvio Padrão (s)	Média (mm:ss)	Descarga por hora
A1	Contentores	1943	0,17	168,19	54,83	2:48	21
	Viaturas	399	0,50	235,85	97,67	3:56	15
B1	Contentores	-	0,17	-	-	-	-
	Viaturas	662	0,00	216,23	77,61	3:36	17
A2	Viaturas	299	0,00	205,38	80,23	3:25	18
	Carga Convencional	-	1,00	-	-	-	-
B2	Contentores	140	0,50	161,18	56,56	2:41	22

É de notar que os dados da Carga Convencional não se ajustam a uma distribuição Normal e, portanto, foi aplicada a transformação de Box-Cox. No entanto, o *software* Minitab utilizou lambda igual a 1, o que significa que os dados não sofreram alteração. Logo, não foi possível aplicar as cartas de controlo a estes dados, e consequentemente, não foi possível estimar os seus parâmetros. Semelhantemente, no caso dos contentores do navio B1, os dados, após a transformação de Box-Cox, continuam sem verificar normalidade, pelo que não foram estimados os seus parâmetros.

Tanto em minutos e segundos, como em carga descarregada por hora, procurou-se comparar as médias dos tempos de descarga, obtidos em várias fases do procedimento seguido. Na Tabela 4.10 e Tabela 4.11, é possível observar as médias obtidas seguindo o procedimento descrito anteriormente, antes de remover as causas especiais de variação, antes da remoção dos *outliers* e antes da aplicação dos filtros aos dados.

Tabela 4.10 - Médias dos tempos de descarga obtidos em várias fases do procedimento seguido (em minutos e segundos)

Navio	Tipo de Carga	Média (mm:ss)			
		Obtida	Com Causas especiais de variação	Com outliers	Sem filtros
A1	Contentores	2:48	2:48	3:08	3:34
	Viaturas	3:56	3:56	3:59	4:43
B1	Contentores	-	3:19	3:37	4:01
	Viaturas	3:36	3:35	3:39	4:42
A2	Contentores	-	3:35	3:34	3:57
	Viaturas	3:25	3:24	3:31	4:40
	Carga Convencional	-	5:07	5:06	2:07
B2	Contentores	2:41	2:41	3:02	3:09
	Viaturas	-	-	6:57	14:56

Tabela 4.11 - Médias dos tempos de descarga obtidos em várias fases do procedimento seguido (em descargas por hora)

Destas tabelas, é possível concluir que, embora o processo estatístico seguido permita obter parâmetros mais fiáveis, certos tipos de carga não são possíveis analisar. Posto isto, aconselha-se que, no mínimo, os filtros descritos sejam aplicados, para garantir que não haja dados que não se traduzem para o contexto do parque em estudo.

#### 4.2.4 Revisão do Project Charter

Após serem obtidos os valores referentes às metas definidas, durante a fase *Measure*, concluiu-se

Navio	Tipo de Carga	Descarga por hora			
		Obtida	Com Causas especiais de variação	Com outliers	Sem filtros
A1	Contentores	21	21	19	17
	Viaturas	15	15	15	13
B1	Contentores	-	18	17	15
	Viaturas	17	17	16	13
A2	Contentores	-	17	17	15
	Viaturas	18	18	17	13
	Carga Convencional	-	12	12	28
B2	Contentores	22	22	20	19
	Viaturas	-	-	9	4

que estas não necessitam de ser revistas visto que se mantêm atualizadas ao definido inicialmente.

### 4.3 Fase *Analyze*

Depois de se ter estabelecido o estado atual da operação e dos seus processos constituintes, procedeu-se à terceira fase do ciclo DMAIC, fase *Analyze*, onde é feita, como o nome indica, uma análise de cada problema identificado de forma a descobrir a sua causa raiz. Na Figura 4.26 encontra-se uma síntese da metodologia aplicada nesta fase.

Para este efeito foi utilizada a ferramenta dos “Porquês?”. A mesma ferramenta é utilizada para perceber, na sua base, os três problemas identificados e no final de cada aplicação será apresentada a interpretação das causas raiz encontradas.

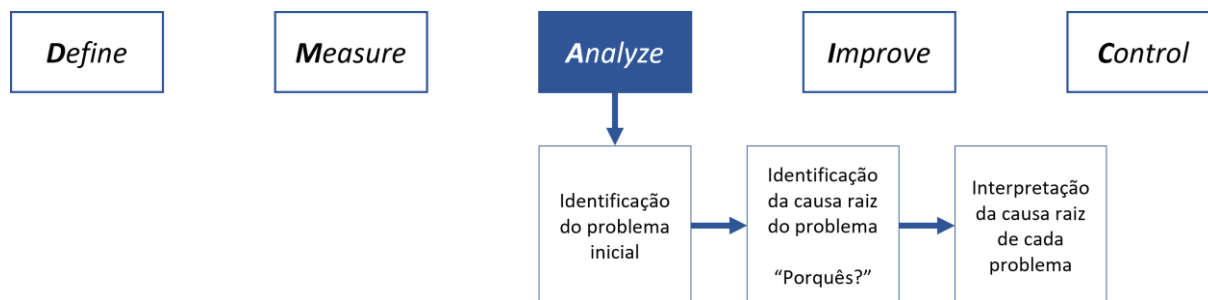


Figura 4.26 - Fase *Analyze*

### 4.3.1 Problema 1: Levantamento das Viaturas no momento inadequado

Problema inicial - Clientes desejam levantar as viaturas num momento em que a mesma não está pronta para ser recolhida.

1º Porquê? - Clientes apenas recebem informação, por parte dos transitários, que o navio que transporta a sua viatura já chegou ao parque ou a viatura foi descarregada do mesmo.

2º Porquê? - Os transitários apenas têm a informação, acedendo ao sistema da empresa em estudo, que a viatura dos clientes foi descarregada.

Para este problema, é possível identificar que na sua raiz encontra-se a impossibilidade dos transitários de disponibilizarem aos clientes, informação que permita aos mesmos chegar ao escritório da empresa em estudo, no momento real em que a sua viatura se encontra disponível para ser levantada.

Em algumas situações, e dependendo dos transitários, estes avisam os clientes que poderá haver um tempo de espera prolongado entre a descarga e a disponibilização das viaturas para recolha, no entanto, existem casos em que os clientes interpretam mal a informação recebida e o problema é perpetuado.

### 4.3.2 Problema 3: Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para a pilha)

Problema inicial – Trelas, muitas vezes, têm de permanecer em parque tempos acentuados, quando se deslocam ao mesmo para carregar ou descarregar o contentor desejado da pilha.

1º Porquê? - O fluxo de pedidos de trelas é muito elevado e as *kalmars* não conseguem colmatar estes pedidos com a rapidez desejada;

- As trelas não sabem onde encontrar o contentor que desejam e têm de percorrer o parque à sua procura.

2º Porquê? - Não existe um sistema implementado para a ordem de atendimento das trelas quando estas entram em parque.

- O programa de posicionamento de carga em parque não é utilizado pelos trabalhadores.

Na raiz deste problema encontram-se duas causas:

- Não existe sistema fixo, como por exemplo FIFO (*First In First Out*) e, visto que existem, tipicamente, 1 ou 2 *kalmars* dedicadas a movimentos horizontais durante um turno para quaisquer trelas que possam entrar no parque a uma dada hora, os trabalhadores deslocam-se pelo parque e quando veem uma trela que está à espera de ser descarregada ou carregada, realizam essa manobra podendo levar a desequilíbrios em termos de tempos de espera.
- O *software* utilizado pelos trabalhadores do parque, em *tablets* colocados nas máquinas de deslocação horizontal ou, no caso dos encarregados e conferentes, em mão, permite-lhes atribuir um dado contentor a uma célula na pilha. No entanto, devido ao perigo associado às manobras das *kalmars*, apenas é permitida a utilização destes *tablets* quando a máquina está parada, e por isso, a gestão da empresa escolhe não ter um registo fidedigno da posição da carga, em troca de mais eficiência nas manobras. Esta decisão leva a que as trelas, antes de sequer chegarem ao local onde se encontra o contentor que desejam, tenham de

percorrer as pilhas à sua procura, o que gera trânsito em parque e adiciona tempo à estadia do camionista.

### **4.3.3 Problema 4: Tempo de espera dos camiões (descarga do navio)**

Problema inicial - Trelas que desejam recolher contentores vindos diretamente dos navios permanecem muito tempo em parque.

1º Porquê? - As empresas de camionagem querem que as suas trelas recolham os contentores assim que sejam descarregados.

2º Porquê? - Os camionistas escolhem chegar ao parque o mais cedo possível e esperar que esta seja descarregada, o que significa que podem esperar várias horas até que tal aconteça.

3º Porquê? - Os camionistas apenas têm acesso à informação de quando a carga já foi descarregada e por isso, deslocam-se preventivamente ao parque.

- Os camionistas preferem esperar as horas necessárias para a descarga direta do navio, a esperar por uma máquina de deslocação horizontal para os assistir.

Analisando este problema é possível compreender como toda a operação em parque se relaciona e cada parte do processo afeta as restantes. Os camionistas ocupam espaço, obstruindo o caminho das *kalmars*, o que leva a redução da produtividade dos trabalhadores e, possivelmente pondo em causa a segurança de quem está no parque.

Outra conclusão a retirar desta análise é que, embora os camionistas possam consultar se a carga que vão levantar já está disponível ou não, escolhem não esperar por essa informação.

É necessário apontar que em certos casos, os camionistas, após esperarem um tempo prolongado, em conjunção com as empresas de camionagem, procuram alterar o contentor que vão recolher do navio para um já em parque.

## 4.4 Fase *Improve*

Nesta fase do ciclo DMAIC, são exploradas possíveis melhorias a implementar de forma a fazer cumprir as metas definidas para este projeto e melhorar a eficiência da operação como um todo. Em seguida, encontram-se detalhadas as melhorias propostas, assim como o plano para a sua implementação e os resultados esperados. Este procedimento encontra-se representado na Figura 4.27.

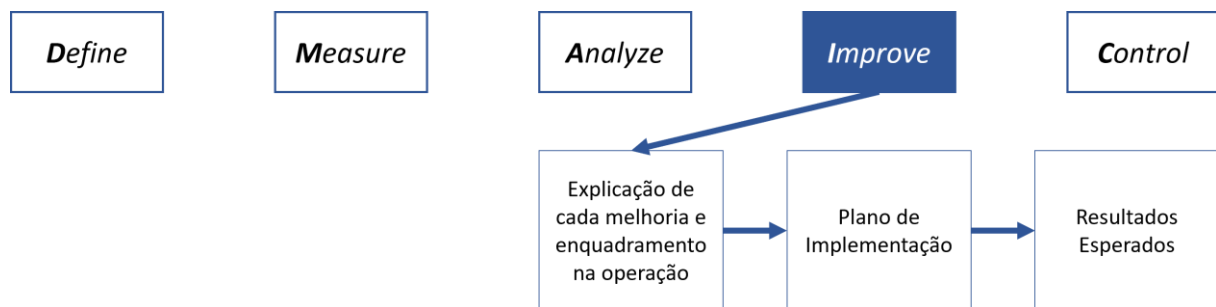


Figura 4.27 - Fase *Improve*

### 4.4.1 Sistema de aviso para levantamento de viaturas

Inicialmente, os clientes apenas eram informados, pelo transitário contratado, de quando a sua viatura tinha sido descarregada ou que o navio que a transportava já tinha atracado. Como discutido anteriormente, apenas esta informação levava muitos clientes a se deslocarem ao escritório da empresa, antes da viatura estar, efetivamente, disponível para ser levantada.

A melhoria desenhada para colmatar este problema foi desenvolver um Excel (Figura 4.28) onde os trabalhadores do escritório poderiam registar a entrega das chaves das viaturas por parte dos estivadores e, em simultâneo, através de uma macro - botão “Confirmar Viatura” - enviar um email para o transitário associado aquela viatura, a informar que a mesma já se encontra disponível para ser recolhida.

	Matricula/Chassis	Marca	Trabalhador N°
Confirmar Viatura	00-AA-00	carro	999

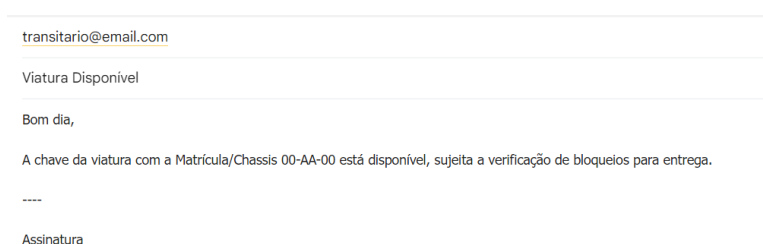
Figura 4.28 - Exemplo de preenchimento do Excel de registo de chaves das viaturas

Concluído?	Entregue?	Navio	Contacto	Timestamp
Sim	<input type="checkbox"/>	A1	<a href="mailto:transitario@email.com">transitario@email.com</a>	28/01/2023 11:37
Não	<input type="checkbox"/>			

Figura 5.28 - Exemplo de preenchimento do Excel de registo de chaves das viaturas (continuação)

Este registo é feito colocando a marca da viatura, cuja chave foi entregue e o número identificativo do estivador que a entregou. Esta ação despoleta a marcação do *timestamp* da hora em que foi entregue a chave para efeitos de controlo da operação e das viaturas, caso ocorra algum sinistro.

Ao receber este email (Figura 4.29), o transitário deveria então comunicar ao seu cliente que a viatura estaria disponível para ser recolhida, evitando assim deslocações antecipadas ao parque.



transitario@email.com

Viatura Disponível

Bom dia,

A chave da viatura com a Matrícula/Chassis 00-AA-00 está disponível, sujeita a verificação de bloqueios para entrega.

----

Assinatura

Figura 4.29 - Exemplo email enviado aos transitários

Em seguida foi redigido o plano de implementação desta melhoria:

1. Estabelecer um período de teste, em que apenas o registo será feito, mas os emails não serão enviados de forma a confirmar a usabilidade do Excel;
2. Testar o envio do email, apenas como indicação e não informação para um transitário;
3. Expandir o teste de envio de email para todos os transitários e informar da mudança nos métodos de trabalho da empresa;
4. Lançar a melhoria e pedir aos transitários para integrarem a nova informação na sua operação.

Com a implementação desta melhoria, espera-se que os transitários efetivamente, informem os clientes apenas quando receberem a informação de que a sua viatura está disponível para ser recolhida e que, assim, estes não se desloquem aos escritórios da empresa no momento inadequado.

#### 4.4.2 Reinterpretação do sistema de posições dos contentores em parque

Como referido na fase *Analyze*, existe um sistema de posicionamento em células, no *software* utilizado pela empresa que não é utilizado na sua totalidade. Embora já exista um cuidado por parte dos estivadores de registarem a zona de destino dos contentores (Figura 3.14), quando estes são descarregados dos navios, não existe a passagem dessa informação para os camionistas quando entram no parque.

A melhoria proposta no âmbito deste projeto visa alterar a forma como o sistema de posicionamento do parque funciona e integrar a passagem dessa informação aos camionistas, quando entram em parque. O foco desta alteração foi nas pilhas C, D, E e F visto que estas são as pilhas de destino da carga descarregada dos navios.

Estas pilhas têm, cada uma, 7 contentores de comprimento, 4 de largura e 3 de altura, o que, caso a pilha esteja completamente preenchida, equivale a 84 contentores. A informação transmitida ao camionista ao entrar no parque, é de qual navio a sua carga foi descarregada, o que, no caso de ter sido um navio na doca 2, significa que o seu contentor pode estar nas pilhas C ou D, o que equivale a 168 contentores. Sem informação adicional, cabe ao camionista percorrer as duas pilhas em busca do seu contentor para poder informar ao trabalhador da *kalmár* qual o que deseja recolher.

O sistema de posicionamento, atribui, a cada pilha uma grelha e a cada posição na pilha, uma célula. Na Figura 4.30, o contentor assinalado encontra-se na célula C-05-03. A coordenada da altura não é registada, ou seja, na posição referida podem estar vários contentores empilhados, com certas exceções, como por exemplo, não é possível colocar um contentor de 1 TEU em cima de um de 2 TEUs.

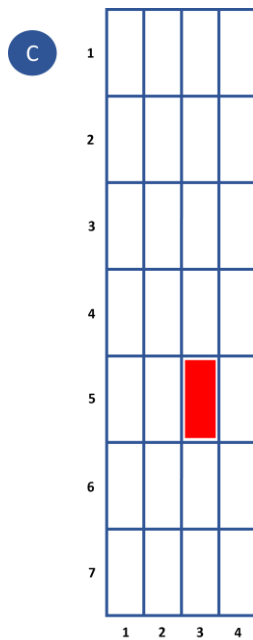


Figura 4.30 - Sistema de posicionamento de contentores nas pilhas

Com o objetivo de facilitar a utilização do sistema de posicionamento de contentores e com a informação recolhida na fase *Measure*, de que, em 68,75% dos baldeamentos intermédios registados, o operador remove um contentor para uma posição do mesmo lado da mesma pilha de onde o retirou, foi proposta uma reinterpretação das células disponíveis no sistema.

Em vez de especificar a zona e a célula de destino do contentor, foi proposto que apenas se identifique a zona e o lado da pilha onde será colocado o contentor. Na Figura 4.31, é possível observar um diagrama desta proposta.

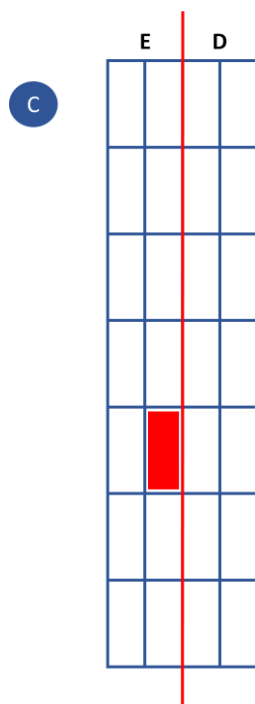


Figura 4.31 - Novo sistema de posicionamento ideal dos contentores na pilha

Com a adaptação do novo sistema de posicionamento, o contêiner assinalado encontra-se na posição C-Esq e deve permanecer nesta posição 68,75% das vezes em que é baldeado. Assim, um camionista, quando chega ao parque, apenas tem de procurar o seu contêiner entre 41 outros, menos 126 do que anteriormente.

Para a implementação desta melhoria, o ideal seria, em sistema, substituir a lista de opções dada aos trabalhadores por uma que apenas contém Zona-Esquerdo/Direito. No entanto, não foi possível obter a autorização para realizar esta alteração e, portanto, foi pensada uma reinterpretação das células já existentes.

A divisão mais equilibrada que foi possível, foi a de, dentro de cada zona, separar as células com um número par ou ímpar. Assim, conseguiu-se obter 14 células em cada lado par ou ímpar de cada zona. Posto isto, o resultado foi o representado na Figura 4.32.

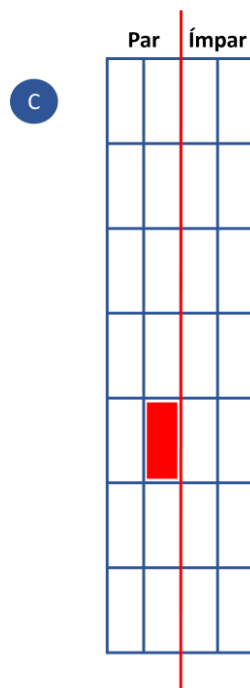


Figura 4.32 - Novo sistema de posicionamento real dos contêineres na pilha

Em seguida foi elaborado o plano de implementação desta melhoria:

1. Alterar o sistema interno para a portaria ter acesso à posição do contêntor quando o camionista entra em parque;
2. Elaborar um mapa com as novas posições e deixá-lo nas *kalmars* e na portaria;
3. Criar sinalética no parque para que os camionistas consigam facilmente encontrar a zona em que está o seu contêntor;

Com a implementação desta melhoria espera-se uma redução no tempo de permanência das trelas em parque, visto que estas deixam de ter de percorrer várias pilhas de contêntores no parque e podem ir diretamente para a posição desejada.

#### 4.4.3 Plataforma de previsão da hora de descarga

Uma das conclusões que foi possível retirar da análise do tempo de espera dos camionistas foi que, embora estes tenham acesso à hora de descarga da carga que desejam, não utilizam esta informação para gerir eficientemente o seu tempo. Como referido anteriormente, as empresas de camionagem e os camionistas preferem esperar pela carga saída diretamente dos navios do que apenas se deslocar ao parque, quando dita carga já tiver sido descarregada.

Visto que a empresa em estudo refere não ser capaz de limitar a entrada de trelas em parque ou impor um limite no seu tempo de permanência, por questões exteriores ao âmbito deste projeto, é compreensível que, caso as empresas de camionagem considerem lucrativo enviar os camionistas para o parque para esperar o tempo necessário pela descarga dos navios, que o façam.

Tendo em conta as posições tomadas pela empresa em estudo e pelas empresas de camionagem, foi desenhada uma melhoria que visa permitir às empresas de camionagem gerir melhor as suas frotas e sem limitar de forma alguma o acesso ao parque.

Assim, foi desenvolvida uma plataforma online (<https://leplateforme.azurewebsites.net>) que permite aos camionistas verificarem um intervalo horário em que é prevista a descarga da sua carga, neste caso, apenas contentores.

A ordem de operações para que se chegue a este intervalo é a seguinte:

1. O escritório recebe, de cada navio, um mapa com a carga disposta no navio - o plano de descarga.
2. Este plano é passado para um Excel que interpreta e realiza os seguintes passos:
  - a. Identifica o tipo de carga a que cada espaço na *bay* se refere (Figura 4.33);

The figure displays ten Excel spreadsheets arranged in two rows of five, representing different ship bays. Each spreadsheet is a 10x10 grid. The columns are labeled with bay numbers: 29, 27, 25, 23, 21, 19, 17, 15, 13. The rows represent different levels or sections of the bay. The cells contain text indicating the type of cargo, such as 'Contentor' (Container), 'Outra Carg 1' (Other Cargo 1), 'Outra Carg 2' (Other Cargo 2), and 'Outra Carg 3' (Other Cargo 3). The text is color-coded: green for 'Outra Carg 1', yellow for 'Outra Carg 2', and blue for 'Contentor'.

Figura 4.33 – Figura de excel de apoio à plataforma de previsão da hora de descarga - tipos de carga

- b. Tendo em conta o tipo de carga e os tempos de descarga calculados, devolve a duração estimada de descarga de cada *bay* (Figura 4.34);



Figura 4.34 – Figura de excel de apoio à plataforma de previsão da hora de descarga - tempos de descarga de cada carga

- c. Constrói uma tabela resumo da duração estimada para cada *bay*. Na Tabela 4.12 os “-1” referem-se às *bays* em que, fisicamente, o navio não pode transportar carga.

Tabela 4.12 – Tabela excel de apoio à plataforma de previsão da hora de descarga - tempos de descarga de cada bay

Nível	B_28	B_24	B_20	B_17	B_14	B_10	B_6	B_2
C5	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	-1	-1	-1
C4	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	-1
C3	00:54:27	00:22:10	00:10:11	00:00:00	00:54:55	00:24:40	00:27:45	00:24:40
C2	00:27:45	00:24:40	00:24:40	00:00:00	00:24:40	00:24:40	00:33:55	00:24:40
C1	00:18:30	00:24:40	00:24:40	00:00:00	00:24:40	00:24:40	-1	-1
PC	00:18:30	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
P5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	00:36:18	00:21:35
P4	-1	00:45:12	00:45:12	-1	00:45:12	00:45:12	00:18:30	00:15:25
P3	-1	00:18:30	00:18:30	-1	00:18:30	00:18:30	00:27:45	00:12:20
P2	-1	00:18:30	00:18:30	-1	00:18:30	00:18:30	00:24:40	00:06:10
P1	-1	00:12:20	00:24:40	-1	00:30:50	00:27:45	00:09:15	-1

- d. Calcula a média de duração de descarga das *bays*, de forma a obter o valor que deve ser acrescentado - “Variação\_Superior” - à hora prevista de descarga de uma determinada *bay* para formar o intervalo de previsão (Figura 4.35). O valor a subtrair - “Variação\_Inferior” - à hora calculada é definido pelo escritório.

Minutos	
Variação_Superior	24
Variação_Inferior	5

Figura 4.35 - Tempo a acrescentar e subtrair à hora estimada de descarga de uma determinada *bay*

3. O escritório faz *upload* deste Excel na plataforma (<https://leplateforme.azurewebsites.net/upload>) com que os camionistas vão interagir

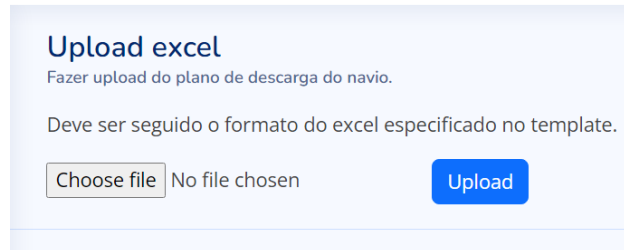


Figura 4.36 - Página de *upload* do Excel

(Figura 4.36).

4. O encarregado do navio, no início da operação de descarga deve (<https://leplateforme.azurewebsites.net/encarregado>):
- Definir e registar a ordem pela qual vai descarregar o navio (Figura 4.37);

Ordem

Em cada célula escrever ordem de descarga do navio por bay - começar por '1'.

Nível	B_28	B_24	B_20	B_17	B_14	B_10	B_6	B_2
C5								
C4								
C3	7	2	1		4	1	5	6
C2	8	5	3		9	2	7	8
C1	9	6	4		10	3		
PC	10							
P5							19	24
P4		11	15		11	15	20	25
P3		12	16		12	16	21	26
P2		13	17		13	17	22	27
P1		14	18		14	18	23	

Figura 4.37 – Figura de tabela com a ordem de descarga do navio

- b. Definir e registar a grua que será utilizada para descarregar cada *bay* do navio (Figura 4.38);

**Gruas** Guardar gruas

Em cada célula escrever a grua a usar para descarregar a bay. Se for só uma, usar 'A' ou 'B'

Nível	B_28	B_24	B_20	B_17	B_14	B_10	B_6	B_2
C5								
C4								
C3	A	A	A		B	B	B	B
C2	A	A	A		B	B	B	B
C1	A	A	A		B	B		
PC	A							
P5							B	B
P4		A	A		B	B	B	B
P3		A	A		B	B	B	B
P2		A	A		B	B	B	B
P1		A	A		B	B	B	

Figura 4.38 - Tabela com a grua a utilizar para descarregar cada *bay* do navio

5. O camionista ou a empresa de camionagem pode procurar o contentor que desejam recolher e obter uma janela temporal com a previsão de descarga dessa carga (Figura 4.39);

**Plataforma de Previsão da Hora de Descarga**

Previsão de descarga do navio

Procurar contentor

/  Procurar

Período de descarga previsto entre 13:55:52 e 14:24:52

Figura 4.39 - Procura de contentor

6. De forma a manter a previsão horária o mais precisa possível, o encarregado deve, sempre que é iniciada a descarga de uma *bay*, registar a hora em que tal acontece (Figura 4.40). Com este ajuste, a plataforma recalcula a hora de descarga das seguintes *bays*.

**Hora** Guardar hora

Atualizar com a Hora Real de descarga de cada bay. Formato HH:MM:00 - ex: 09:14:00.

Nível	B_28	B_24	B_20	B_17	B_14	B_10	B_6	B_2
C5								
C4								
C3	10:43:00		08:31:00		10:15:00	08:31:00	11:00:00	
C2		09:50:00						
C1		10:12:00	09:29:00			09:26:00		
PC								
P5								
P4								
P3								
P2								
P1								

Figura 4.40 - Hora real de começo da descarga de cada *bay*

Esta plataforma foi construída utilizando o *Django Framework* e exigiu conhecimentos em *Python*, *Javascript* e HTML (*HyperText Markup Language*). O modelo que interpreta o resumo dos tempos de descarga de cada *bay* e devolve a janela temporal para a descarga da mesma foi desenvolvida em *Python*. Todo o código referente a esta plataforma pode ser consultado em <https://github.com/HenriqueCamacho1/Le-plateforme>.

É importante notar que esta plataforma foi desenvolvida para funcionar com apenas um navio, o navio A1 tendo em conta a duração do projeto Seis Sigma.

Em seguida foi elaborado o plano de implementação desta melhoria:

1. Confirmar a exatidão da janela temporal definida;
2. Criar instruções de utilização da plataforma para os trabalhadores do escritório e para os encarregados;
3. Testar a usabilidade da plataforma, inicialmente, só com uma empresa de camionagem;
4. Implementar a plataforma e pedir às empresas de camionagem para a integrarem nos seus métodos de trabalho.

Com a implementação desta melhoria, espera-se que as trelas deixem de ter de esperar tempos excessivos pela carga a ser descarregada visto que, idealmente, verificam a plataforma antes de se dirigirem ao parque e não o fazem se souberem que a sua carga só será descarregada horas depois. Espera-se, portanto, um nível sigma aproximado ao obtido quando só analisadas as trelas que transportam cargas prioritárias, ou seja, que cerca de 2,46% das trelas permaneçam em parque mais do que 60 minutos.

## 4.5 Fase *Control*

Na última fase do ciclo DMAIC será analisada a implementação de cada melhoria descrita na fase anterior e discutido o seu impacto na operação. Será também elaborado um plano de monitorização relativo às metas estabelecidas no *Project Charter*. Na Figura 4.41 encontra-se uma representação dos passos seguidos na fase *Control*.

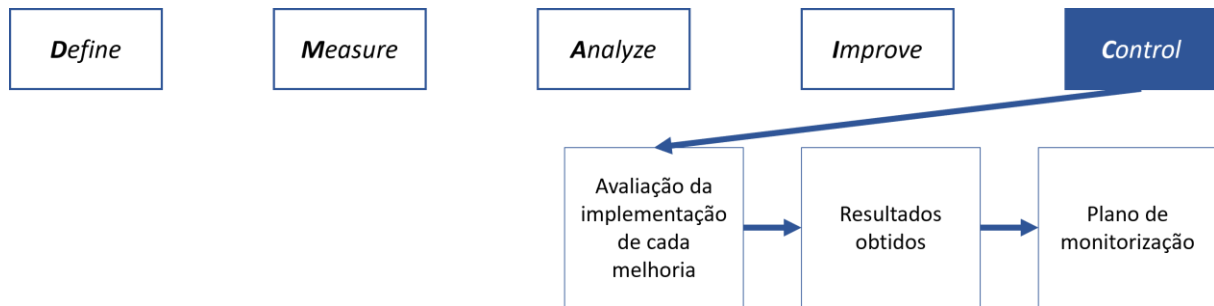


Figura 4.41 - Fase Control

### 4.5.1 Sistema de aviso para levantamento de Viaturas

A implementação desta melhoria correu como planeado. Após um período de adaptação, a empresa começou a sentir os efeitos da melhoria, não só no reduzido número de clientes que desejam levantar as viaturas em momentos inadequados, mas também na diminuição do tempo desde a descarga de uma dada viatura, até à chegada das suas chaves ao escritório.

No entanto, continuam a ocorrer situações em que os clientes desejam levantar as viaturas em momentos inadequados, seja por má interpretação da informação recebida ou, no caso de um transitário em particular, porque o transitário não integrou a nova informação nos seus métodos de trabalho.

Relembrando a Tabela 4.1, o tempo desde a descarga da viatura até à sua saída reduziu de 40 horas e 41 minutos para 13 horas e 35 minutos, em média. Uma redução de 67% face ao mesmo período do ano anterior. Esta redução deduz-se que seja, em parte, devido ao facto de que, os clientes, tendo agora a certeza da hora em que a sua viatura está disponível para ser recolhida, não esperam para o dia seguinte para o fazer.

Como referido anteriormente, a estratégia inicialmente proposta para analisar a métrica associada, assumia que o tempo desde a descarga até à entrega das chaves se manteria, o que não se verificou. No entanto, é de esperar que, tendo o processo estabilizado, o tempo desde a descarga até à entrega das chaves no escritório se mantenha e seja então possível apenas monitorizar o tempo desde o momento intermédio até à saída da viatura.

Devem também ser registados os transitários que não transmitem corretamente a informação aos seus clientes para que possam ser alertados e para que atualizem os seus métodos de trabalho.

#### **4.5.2 Reinterpretação do sistema de posições dos contentores em parque**

Como referido na fase *Improve*, a implementação desta melhoria estaria contingente da capacidade de adicionar na portaria, a informação sobre a posição de cada contentor no parque. Quando deparada com esta questão, a empresa afirmou que não seria possível, pois existem alterações a fazer em sistema que têm prioridade em relação à sugerida.

Posto isto, esta melhoria não pôde ser implementada e não houve evolução no que toca à métrica do tempo de permanência das trelas em parque.

#### **4.5.3 Plataforma de previsão da hora de descarga**

Durante a testagem desta melhoria, foi encontrado um problema que inicialmente, se pensou ser ultrapassável. Quando a descarga dos navios está a ocorrer e os camionistas chegam ao parque querendo recolher um contentor que ainda está a bordo do navio, em certas ocasiões, o encarregado do navio afasta-se do plano definido no início da operação, de forma a retirar o contentor que o camionista deseja.

Estas ações fazem com que a implementação planeada da plataforma contruída não seja possível, visto que a plataforma requer uma ordem de descarga definida para poder estimar corretamente a hora de descarga de um dado contentor.

É de notar que existem outras circunstâncias que influenciam a ordem de descarga estipulada, que nem sempre podem ser antecipadas, nomeadamente, de segurança e estabilidade do navio. No entanto, estes casos representam uma minoria, face ao número de alterações devido a pedidos de camionistas.

De momento, faz parte da cultura da empresa aceitar estes pedidos, ao abrigo da satisfação do cliente. No entanto, o que inicialmente eram exceções concedidas quando a operação permitia, passaram a ser ações esperadas pelos clientes, resultando em insatisfação quando não cumpridas.

Esta posição faz com que a implementação de quaisquer melhorias, que dependam do cumprimento de planos pré-definidos, seja impossível no tempo deste projeto e, portanto, a plataforma de previsão da hora de descarga não foi implementada na operação.

Assim, não houve alteração na métrica relativa ao tempo de permanência das trelas em parque pelo que a monitorização de novos procedimentos não é necessária.



## CONCLUSÕES GERAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo efetuado serviu como mais uma prova de que o Seis Sigma em geral e a aplicação do ciclo DMAIC são metodologias valiosas e que promovem um aumento de eficiência nos processos, quando praticável e revelam possíveis situações em que haja espaço para melhoria.

Aplicando o ciclo DMAIC foi possível retirar ilações muito interessantes e relevantes para a empresa em estudo. O seguimento das várias fases do ciclo e as ferramentas aplicadas possibilitaram a melhoria de aspetos chave no processo, assim como levantaram tópicos de discussão e debate acerca da cultura da empresa. Deve, no entanto, ser realçada a falta de criação de uma estrutura robusta de equipa para que pudessem ter sido exploradas mais alternativas de melhoria.

Refletindo sobre os problemas encontrados, há que realçar a real necessidade de intervenção nas condições físicas do parque, para o qual este estudo não teve resposta. No que toca ao levantamento das viaturas por parte dos clientes em momentos inadequados, a melhoria implementada reduziu em 67% o tempo total da operação e, mesmo que não tenha sido possível medir o impacto desta melhoria na satisfação dos clientes, pode-se afirmar que o processo beneficiou com a sua implementação.

O tempo de permanência das trelas no parque não sofreu alterações visto que as restantes melhorias não puderam ser implementadas. Em especial a plataforma de previsão da hora de descarga poderia ter surtido efeitos bastante positivos, projetando-se uma passagem de 7,50% para 2,46% no número de trelas em parque durante mais do que 60 minutos, o que traduz para 2,90 para 3,45 no nível sigma associado.

Assim, pode-se concluir e, relembrando o modelo de Kano, que os camionistas e empresas de camionagem, passaram a esperar um serviço de descarga dos navios personalizado. O reajuste das operações em parque para corresponder às suas necessidades, passou de ser um requisito atrativo para, no mínimo, um unidimensional, talvez *must-be*, o que impactou severamente a capacidade deste projeto de implementar as melhorias sugeridas.

## **5.1 Propostas para trabalhos futuros**

Concluído o estudo, verifica-se que existe ainda espaço para melhorias. Sugere-se, portanto, que sejam feitos estudos adicionais para avaliar o risco efetivamente apresentado pelas condições do parque, não só para os trabalhadores, mas também para o equipamento como as gruas e as *kalmars*.

Propõe-se haver também uma análise interna sobre o melhor aproveitamento do espaço do parque e, mais importante, das implicações do modo como a empresa lida com os crescentes requisitos das empresas de camionagem. No mesmo seguimento, sugere-se que seja avaliado e, se possível, quantificado, o impacto destes ajustes aos requisitos dos camionistas na eficiência da operação.

Poderá ainda, neste caso, ser vantajoso analisar uma reestruturação dos métodos de trabalho da empresa e a aplicação do ciclo DMADV na criação de novos procedimentos.

## BIBLIOGRAFIA

- Adina-Petruța, P., Roxana, S., 2014. Integrating Six Sigma with Quality Management Systems for the Development and Continuous Improvement of Higher Education Institutions. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, 3rd Cyprus International Conference on Educational Research, CY-ICER 2014, 30 January – 1 February 2014, Lefkosa, North Cyprus 143, 643–648. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.456>
- Anbari, F., 2004. Success Factors in Managing Six Sigma Projects.
- Antony, J., 2006. Six Sigma for service processes. *Bus. Process Manag. J.* 12, 234–248. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
- Antony, J., Banuelas, R., 2002. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Meas. Bus. Excell.* 6, 20–27. <https://doi.org/10.1108/13683040210451679>
- Barone, S., Franco, E., 2012. Statistical and Managerial Techniques for Six Sigma Methodology: Theory and Application. *Stat. Manag. Tech. Six Sigma Methodol. Theory Appl.* <https://doi.org/10.1002/9781119968405>
- Baștuğ, S., Haralambides, H., Esmer, S., Eminoğlu, E., 2022. Port competitiveness: Do container terminal operators and liner shipping companies see eye to eye? *Mar. Policy* 135, 104866. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104866>
- Bhonsle, J., 2022a. Trends in Container Shipping in 2022 - Part 2 [WWW Document]. *Mar. Insight*. URL <https://www.marineinsight.com/maritime-law/trends-in-container-shipping/> (accessed 2.13.23).
- Bhonsle, J., 2022b. 6 Major Trends in Container Shipping in 2022 [WWW Document]. *Mar. Insight*. URL <https://www.marineinsight.com/maritime-law/6-major-trends-in-container-shipping-in-2022/> (accessed 2.13.23).
- Bhuiyan, N., Baghel, A., 2005. An overview of continuous improvement: from the past to the present. *Manag. Decis.* 43, 761–771. <https://doi.org/10.1108/00251740510597761>
- Bichou, K., 2006. Chapter 24 Review of Port Performance Approaches and a Supply Chain Framework to Port Performance Benchmarking. *Res. Transp. Econ., Devolution, Port Governance and Port Performance* 17, 567–598. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)17024-9](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)17024-9)
- Box, G.E.P., Cox, D.R., 1964. An Analysis of Transformations. *J. R. Stat. Soc. Ser. B Methodol.* 26, 211–252.
- Caffyn, S., 1999. Development of a continuous improvement self-assessment tool. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 19, 1138–1153. <https://doi.org/10.1108/01443579910291050>
- Carlo, H.J., Vis, I.F.A., Roodbergen, K.J., 2014. Transport operations in container terminals: Literature overview, trends, research directions and classification scheme. *Eur. J. Oper. Res.* 236, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.11.023>

- Castelein, B., Geerlings, H., Van Duin, R., 2020. The reefer container market and academic research: A review study. *J. Clean. Prod.* 256, 120654. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120654>
- Caulcutt, R., 2001. Why is Six Sigma so successful? *J. Appl. Stat.* 28, 301–306. <https://doi.org/10.1080/02664760120034045>
- Chakrabarty, A., Chuan Tan, K., 2007. The current state of six sigma application in services. *Manag. Serv. Qual. Int. J.* 17, 194–208. <https://doi.org/10.1108/09604520710735191>
- Costa, L.B.M., Godinho Filho, M., Fredendall, L.D., Gómez Paredes, F.J., 2018. Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends Food Sci. Technol.* 82, 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- CSSC, T.C. for S.S.C., 2018a. Lean Six Sigma Master Black Belt Certification Training Manual.
- CSSC, T.C. for S.S.C., 2018b. Six-Sigma-A-Complete-Step-by-Step-Guide.
- Cullinane, K., Song, D.-W., 2006. Estimating the Relative Efficiency of European Container Ports: A Stochastic Frontier Analysis. *Res. Transp. Econ., Port Economics* 16, 85–115. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)16005-9](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)16005-9)
- Cullinane, K., Wang, T.-F., 2006. Chapter 23 Data Envelopment Analysis (DEA) and Improving Container Port Efficiency. *Res. Transp. Econ., Devolution, Port Governance and Port Performance* 17, 517–566. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)17023-7](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)17023-7)
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofu, K., Maladzi, R., Kana-Kana Katumba, M.G., 2022. Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon* 8, e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Flores, J.H.F., Werner, L., Pedrini, D., 2009. Seis Sigma: uma visão global de duas empresas brasileiras do setor-mínero metalúrgico.
- Ghasemi, A., Zahediasl, S., 2012. Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *Int. J. Endocrinol. Metab.* 10, 486–489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
- Gutierrez-Gutierrez, L., de Leeuw, S., Dubbers, R., 2016. Logistics services and Lean Six Sigma implementation: a case study. *Int. J. Lean Six Sigma* 7, 324–342. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2015-0019>
- ISO, 2022. ISO 6346:2022 - Coding, identification and marking [WWW Document]. ISO. URL <https://www.iso.org/standard/83558.html> (accessed 2.11.23).
- ISO, 2020. ISO 668:2020 - Classification, dimensions and gross masses [WWW Document]. ISO. URL <https://www.iso.org/fr/standard/76912.html> (accessed 2.11.23).
- ISO, 2016. ISO 1161:2016 - Corner and intermediate fittings — Specifications [WWW Document]. ISO. URL <https://www.iso.org/standard/65553.html> (accessed 2.11.23).
- ISO, 2013. ISO 7870-2:2013(en), Control charts — Part 2: Shewhart control charts [WWW Document]. URL <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7870:-2:ed-1:v1:en> (accessed 3.9.23).
- Kent, R., 2016. *Quality management in plastics processing: Strategies, targets, techniques and tools.* Elsevier, Amsterdam Oxford Cambridge.
- Kwak, Y.H., Anbari, F.T., 2006. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation* 26, 708–715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>
- Lee, C.-Y., Song, D.-P., 2017. Ocean container transport in global supply chains: Overview and research opportunities. *Transp. Res. Part B Methodol.* 95, 442–474. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.05.001>
- Leggat, S., Bartram, T., Stanton, P., Bamber, G., Sohal, A., 2015. Have process redesign methods, such as Lean, been successful in changing care delivery in hospitals? A systematic review. *Public Money Manag.* 35. <https://doi.org/10.1080/09540962.2015.1007714>

- Lena, C., 2023. World's Largest Shipping Container Ships in 2023 [WWW Document]. SCF. URL <https://www.scf.com.au/news-articles/largest-shipping-container-ships/> (accessed 2.13.23).
- Leys, C., Ley, C., Klein, O., Bernard, P., Licata, L., 2013. Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *J. Exp. Soc. Psychol.* 49, 764–766. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2013.03.013>
- Lin, C., Frank Chen, F., Wan, H., Min Chen, Y., Kuriger, G., 2013. Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. *Robot. Comput.-Integr. Manuf., Extended Papers Selected from FAIM 2011* 29, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.04.018>
- Lizarelli, F.L., de Toledo, J.C., Alliprandini, D.H., 2021. Relationship between continuous improvement and innovation performance: an empirical study in Brazilian manufacturing companies. *Total Qual. Manag. Bus. Excell.* 32, 981–1004. <https://doi.org/10.1080/14783363.2019.1653178>
- Michael, A., 2008. Six Sigma and Knowledge Management. *Econ. Organ. Enterp.* 2, 14–20. <https://doi.org/10.2478/v10061-008-0017-7>
- Montgomery, D.C., 2013. Design and analysis of experiments, Eighth edition. ed. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ.
- Montgomery, D.C., 2009. Introduction to Statistical Quality Control, 6th ed. Wiley.
- Montgomery, D.C., Woodall, W.H., 2008. An Overview of Six Sigma. *Int. Stat. Rev. Rev. Int. Stat.* 76, 329–346.
- Niñerola, A., Sánchez-Rebull, M.-V., Hernández-Lara, A.-B., 2020. Quality improvement in healthcare: Six Sigma systematic review. *Health Policy* 124, 438–445. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2020.01.002>
- Notteboom, T., 2006. Chapter 2 Strategic Challenges to Container Ports in a Changing Market Environment. *Res. Transp. Econ., Devolution, Port Governance and Port Performance* 17, 29–52. [https://doi.org/10.1016/S0739-8859\(06\)17002-X](https://doi.org/10.1016/S0739-8859(06)17002-X)
- Park, H., Jeon, H., 2022. The Dynamics of Customer Satisfaction Dimension based on BERT, SHAP, and Kano Model. *IFAC-Pap., 10th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control MIM 2022* 55, 2384–2389. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.065>
- Pereira, Z.L., Requeijo, J.G., 2008. *Qualidade: planeamento e controlo estatístico de processos.* Prefácio, Lisboa.
- Pete Pande, Larry Holpp, 2002. What Is Six Sigma?
- Powell, D., Lundeby, S., Chabada, L., Dreyer, H., 2017. Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *Int. J. Lean Six Sigma* 8, 53–64. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0024>
- Praharsi, Y., Jami'in, M.A., Suhardjito, G., Wee, H.M., 2021. The application of Lean Six Sigma and supply chain resilience in maritime industry during the era of COVID-19. *Int. J. Lean Six Sigma* 12, 800–834. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2020-0196>
- Rashidi, H., Tsang, E.P.K., 2013. Novel constraints satisfaction models for optimization problems in container terminals. *Appl. Math. Model.* 37, 3601–3634. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.042>
- Rolls-Royce, 2023. Quality Policy – Rolls-Royce [WWW Document]. URL <https://ourcode.rolls-royce.com/operate-safely/group-policy/quality-policy.aspx> (accessed 2.25.23).

- Samanta, A.K., Varaprasad, G., Gurumurthy, A., 2023. Implementing Lean Six Sigma in health care: a review of case studies. *Int. J. Lean Six Sigma* 14, 158–189. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2021-0133>
- Sauerwein, E., Bailom, F., Matzler, K., Hinterhuber, H., 1996. The Kano Model: How to Delight Your Customers. *Int. Work. Semin. Prod. Econ.* 1.
- Sehgal, S., Kaushish, D., 2015. A State of Art of Review of DMAIC Approach.
- Shokri, A., Waring, T.S., Nabhani, F., 2016. Investigating the readiness of people in manufacturing SMEs to embark on Lean Six Sigma projects: An empirical study in the German manufacturing sector. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 36, 850–878. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-11-2014-0530>
- Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J.A., Antony, J., Shokri, A., 2023. Industry 4.0 and Lean Six Sigma integration in manufacturing: A literature review, an integrated framework and proposed research perspectives. *Qual. Manag. J.* 30, 16–40. <https://doi.org/10.1080/10686967.2022.2144784>
- Smiti, A., 2020. A critical overview of outlier detection methods. *Comput. Sci. Rev.* 38, 100306. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100306>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. r., Sugumaran, C., 2016. Six Sigma through DMAIC phases: a literature review. *Int. J. Product. Qual. Manag.* 17, 236–257. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2016.074462>
- Sunder M, V., Ganesh, L.S., Marathe, R., 2018. A morphological analysis of research literature on Lean Six Sigma for services. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 38, 149–182. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-05-2016-0273>
- Sung H. Park, 2003. Six Sigma for Quality and Productivity Promotion. Asian Productivity Organization.
- Taghizadegan, S., 2006. Chapter 4 - Six Sigma Continuous Improvement, in: Taghizadegan, S. (Ed.), *Essentials of Lean Six Sigma*. Butterworth-Heinemann, Burlington, pp. 43–48. <https://doi.org/10.1016/B978-012370502-0/50006-0>
- Tlapa, D., Franco-Alucano, I., Limon-Romero, J., Baez-Lopez, Y., Tortorella, G., 2022. Lean, Six Sigma, and Simulation: Evidence from Healthcare Interventions. *Sustain. Switz.* 14. <https://doi.org/10.3390/su142416849>
- UNCTAD, 2022. Navigating stormy waters, Review of maritime transport / United Nations Conference on Trade and Development, Geneva. United Nations, Geneva.
- Vermaelen, N., Kovach, J.V., 2022. Driving meeting effectiveness through organizational process improvement—A Lean Six Sigma case study. *Organ. Dyn.* 51, 100827. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2021.100827>
- Weerasinghe, B.A., Perera, H.N., Bai, X., 2023. Optimizing container terminal operations: a systematic review of operations research applications. *Marit. Econ. Logist.* <https://doi.org/10.1057/s41278-023-00254-0>
- Werkema, C., 2012. *Criando a cultura Lean Seis Sigma*. Elsevier, Rio de Janeiro.
- Zhang, S., Yao, R., Du, C., Essah, E., Li, B., 2023. Analysis of outlier detection rules based on the ASHRAE global thermal comfort database. *Build. Environ.* 234, 110155. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110155>

## Anexo A Tabela de conversão de DPMO para nível Sigma

Nível Sigma	DPMO	Nível Sigma	DPMO	Nível Sigma	DPMO	Nível Sigma	DPMO	Nível Sigma	DPMO
0,00	933193	1,20	617912	2,40	184060	3,60	17865	4,80	483,4
0,05	926471	1,25	598706	2,45	171056	3,65	15778	4,85	404,1
0,10	919243	1,30	579260	2,50	158655	3,70	13904	4,90	336,9
0,15	911492	1,35	559618	2,55	146859	3,75	12225	4,95	280,3
0,20	903199	1,40	539828	2,60	135666	3,80	10724	5,00	232,6
0,25	894350	1,45	519939	2,65	125072	3,85	9387	5,05	192,6
0,30	884930	1,50	500000	2,70	115070	3,90	8198	5,10	159,1
0,35	874928	1,55	480061	2,75	105650	3,95	7143	5,15	131,1
0,40	864334	1,60	460172	2,80	96800	4,00	6210	5,20	107,8
0,45	853141	1,65	440382	2,85	88508	4,05	5386	5,25	88,4
0,50	841345	1,70	420740	2,90	80757	4,10	4661	5,30	72,3
0,55	828944	1,75	401294	2,95	73529	4,15	4024	5,35	59,1
0,60	815940	1,80	382088	3,00	66807	4,20	3467	5,40	48,1
0,65	802338	1,85	363169	3,05	60571	4,25	2980	5,45	39,1
0,70	788145	1,90	344578	3,10	54799	4,30	2555	5,50	31,7
0,75	773373	1,95	326355	3,15	49471	4,35	2186	5,55	25,6
0,80	758036	2,00	308537	3,20	44565	4,40	1866	5,60	20,7
0,85	742154	2,05	291160	3,25	40059	4,45	1589	5,65	16,6
0,90	725747	2,10	274253	3,30	35930	4,50	1350	5,70	13,3
0,95	708840	2,15	257846	3,35	32157	4,55	1144	5,75	10,7
1,00	691463	2,20	241964	3,40	28717	4,60	968	5,80	8,5
1,05	673645	2,25	226627	3,45	25588	4,65	816	5,85	6,8
1,10	655422	2,30	211856	3,50	22750	4,70	687	5,90	5,4
1,15	636831	2,35	197663	3,55	20182	4,75	577	5,95	4,3
								6,00	3,4

Anexo A.1 - Tabela de conversão de DPMO para Nível Sigma

## Anexo B Fatores para construção de Cartas de Controle

Factors for Constructing Variables Control Charts

Observations in Sample, $n$	Chart for Averages					Chart for Standard Deviations				Chart for Ranges							
	Factors for Control Limits			Factors for Center Line		Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits					
	$A$	$A_2$	$A_3$	$c_4$	$1/c_4$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$d_2$	$1/d_2$	$d_3$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574	
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282	
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114	
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924	
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864	
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816	
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744	
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717	
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693	
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672	
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653	
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637	
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622	
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608	
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597	
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585	
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575	
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548	
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541	

For  $n > 25$ .

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \quad A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \quad c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

Anexo B.1 - Tabela de fatores para a construção de Cartas de Controle

## Anexo C Formulário de Entrevistas

Interveniente: \_\_\_\_\_

### CRITÉRIOS:

C1 – Facilidade de Resolução

C2 – Impacto na Eficiência

C3 – Impacto na Segurança

↗	C1	C2	C3
C1	1		
C2		1	
C3			1

1 - Critério i e j têm a mesma importância.

3 - Critério i é moderadamente mais importante do que j.

5 - Critério i é mais importante do que j.

7 - Critério i é muito mais importante do que j.

9 - Critério i é absolutamente mais importante do que j.

2, 4, 6 e 8 - Valores intermédios.

### Observações:

### Anexo C.1 - Formulário de entrevistas no âmbito do método AHP - avaliação de critérios

#### PROBLEMAS:

	(max)	(min)	(min)
	C1	C2	C3
1 – Levantamento de viaturas no momento inadequado			
2 – Condições do parque (chão, instalações, etc.)			
3 – Tempo de espera dos camiões (entrada e saída de contentores/carga de e para pilha)			
4 – Tempo de espera dos camiões (descarga do navio)			
5 – Forma de acompanhamento das ocorrências			
6 - Organização do parque (disposição dos contentores/carga no parque)			

C1 – Facilidade de Resolução | C2 – Impacto na Eficiência | C3 – Impacto na Segurança

1 - Nenhuma relação ou relação muito fraca para com o critério em foco

3 - Relação fraca

5 - Relação moderada

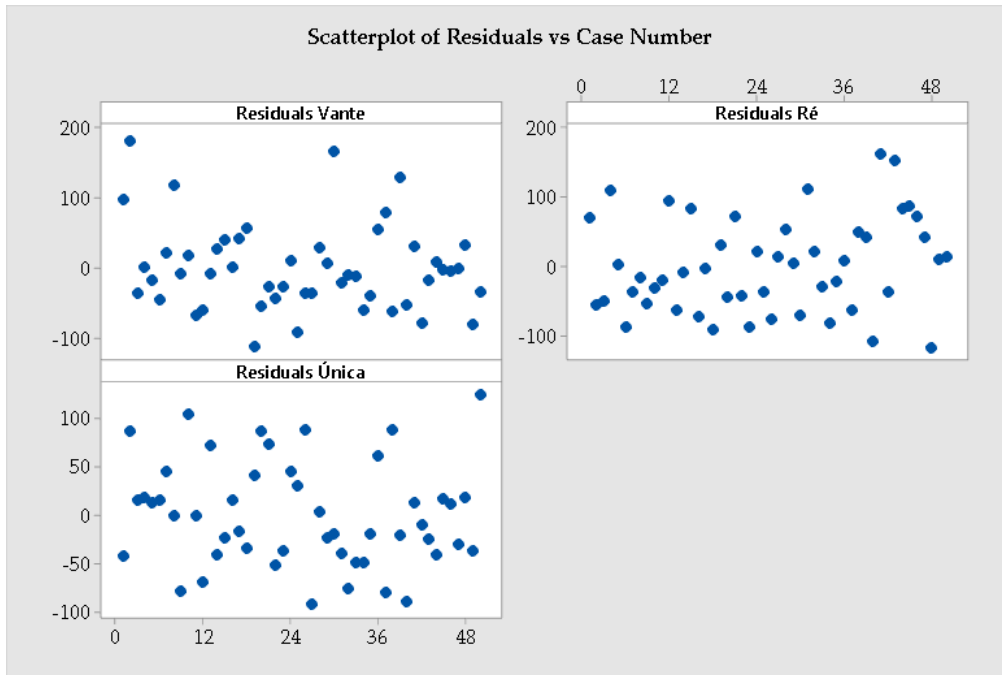
7 - Relação forte

9 - Relação muito forte

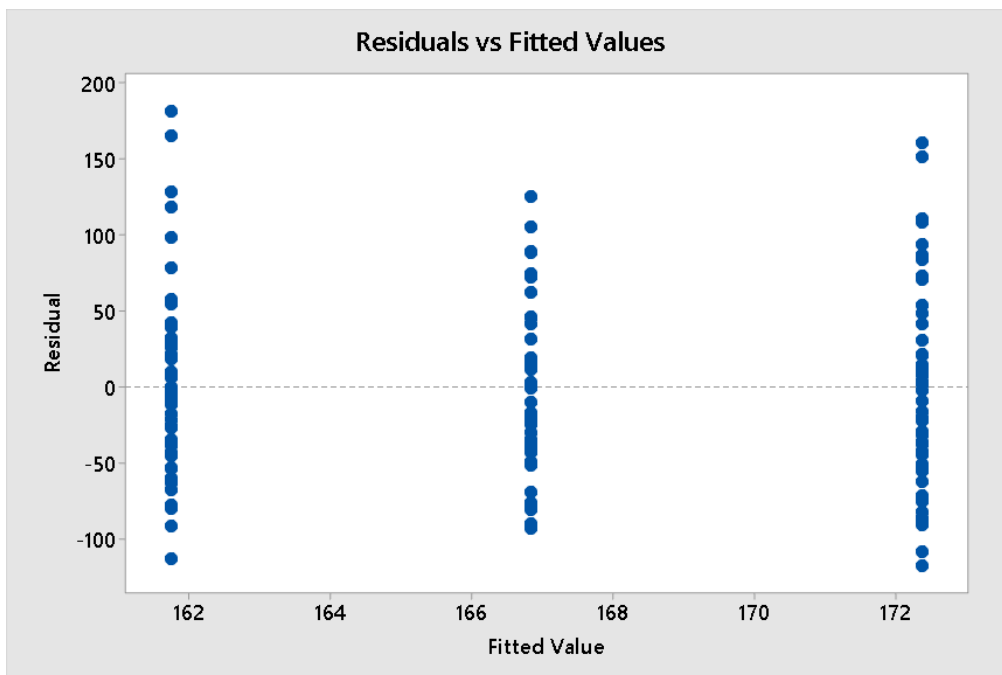
### Anexo C.2 - Formulário de entrevistas no âmbito do método AHP - avaliação de problemas

## Anexo D Análise do tempo de descarga das componentes do navio A1

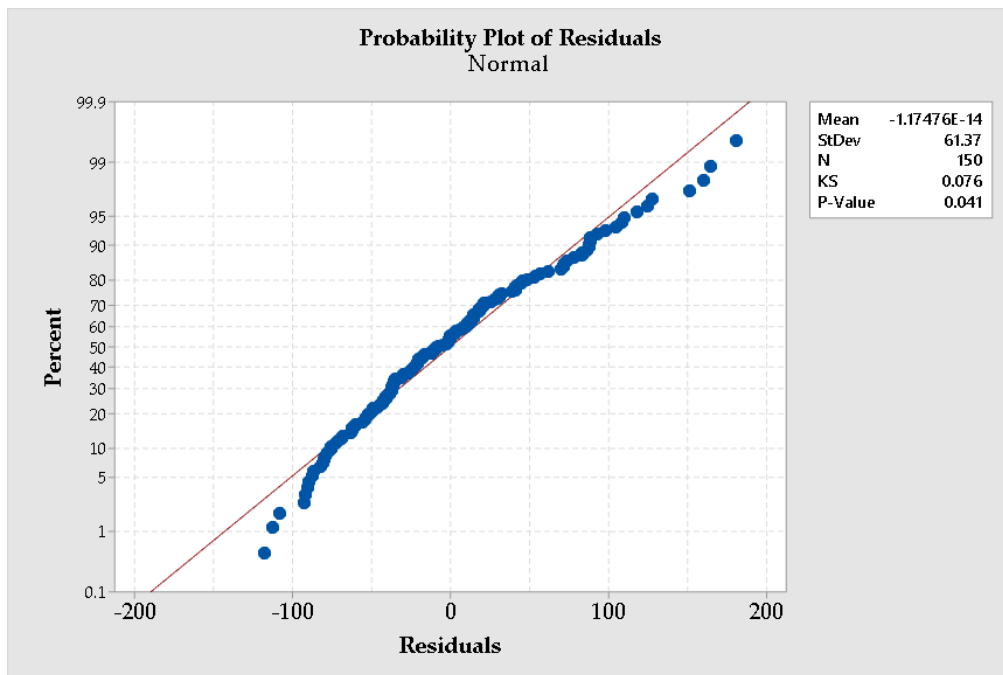
### Equipas de Contentores



Anexo D.1 - Independência - Equipas de Contentores do navio A1



Anexo D.2 - Homogeneidade - Equipas de Contentores do navio A1



Anexo D.3 - Normalidade - Equipas de Contentores do navio A1

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	2831,853	2	1415,927	0,371	0,691	3,058
Erro Interno	561236,120	147	3817,933			
Total	564067,973	149				

Anexo D.4 - One-Way ANOVA - Equipas de Contentores do navio A1

## Test

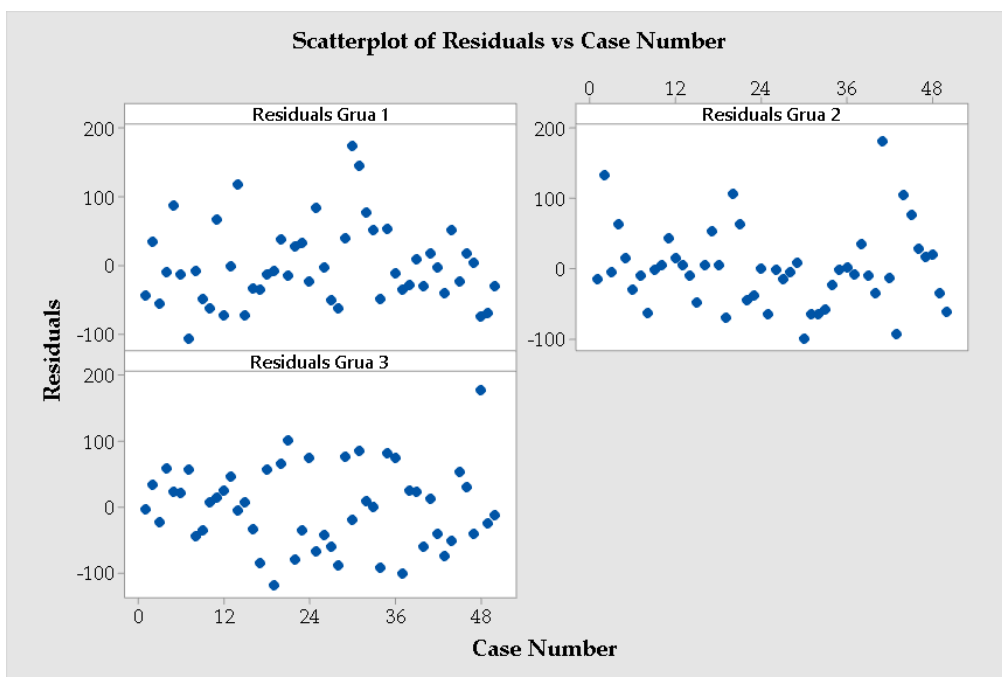
Null hypothesis  $H_0$ : All medians are equal

Alternative hypothesis  $H_1$ : At least one median is different

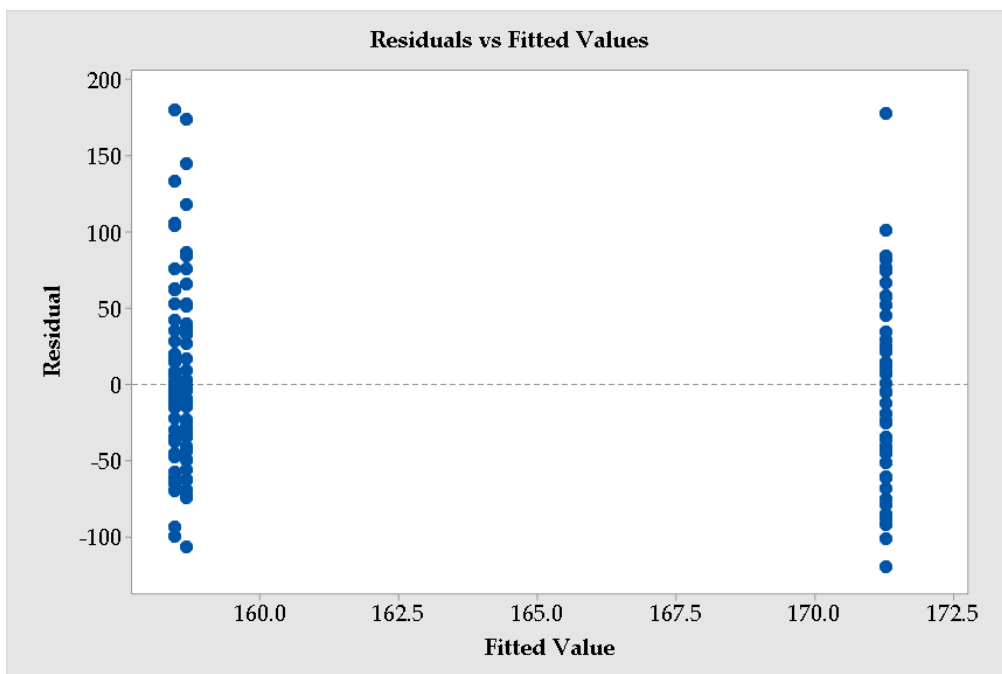
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	0.71	0.703
Adjusted for ties	2	0.71	0.703

Anexo D.5 - Teste Kruskal-Wallis - Equipas de Contentores do navio A1

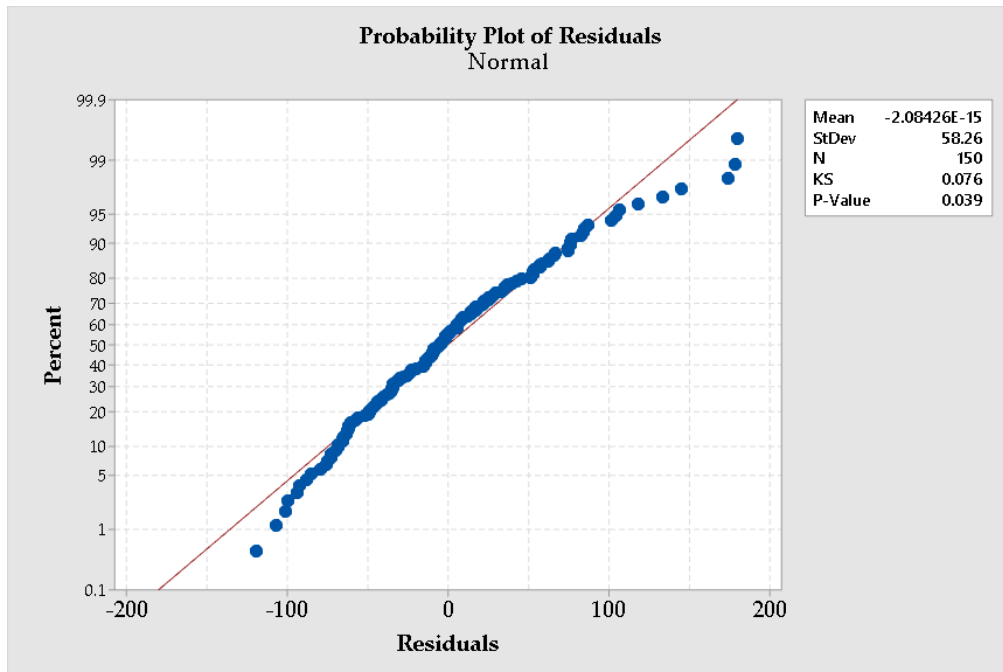
## Recursos de Contentores



Anexo D.6 - Independência - Recursos de Contentores do navio A1



Anexo D.7 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio A1



Anexo D.8 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio A1

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	5394,280	2	2697,140	0,784	0,458	3,058
Erro Interno	505661,720	147	3439,876			
Total	511056,000	149				

Anexo D.9 - One-Way ANOVA - Recursos de Contentores do navio A1

## Test

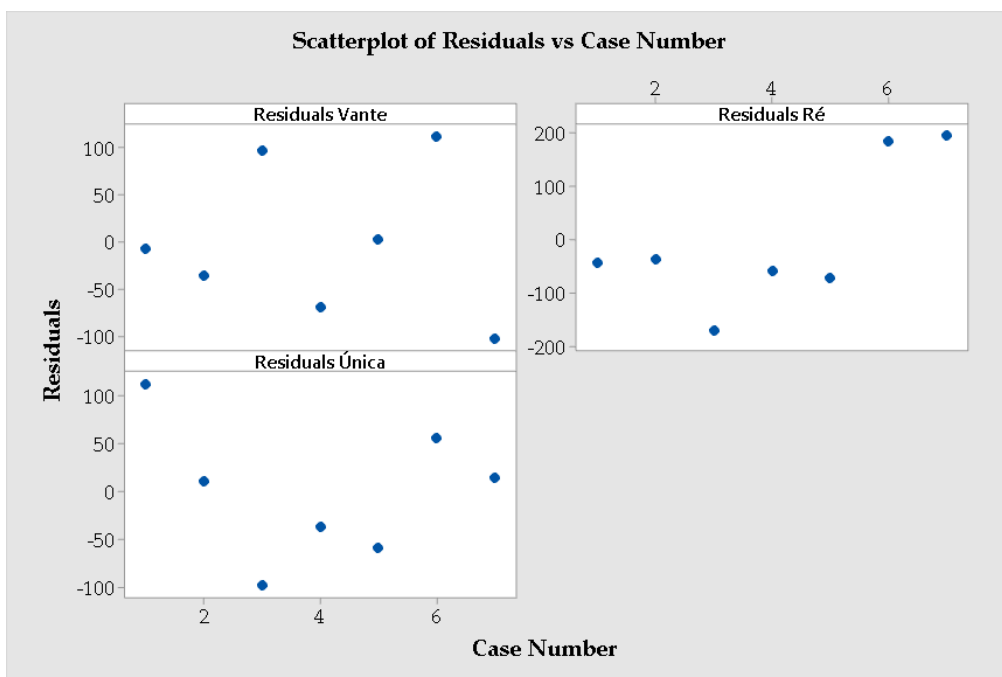
Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

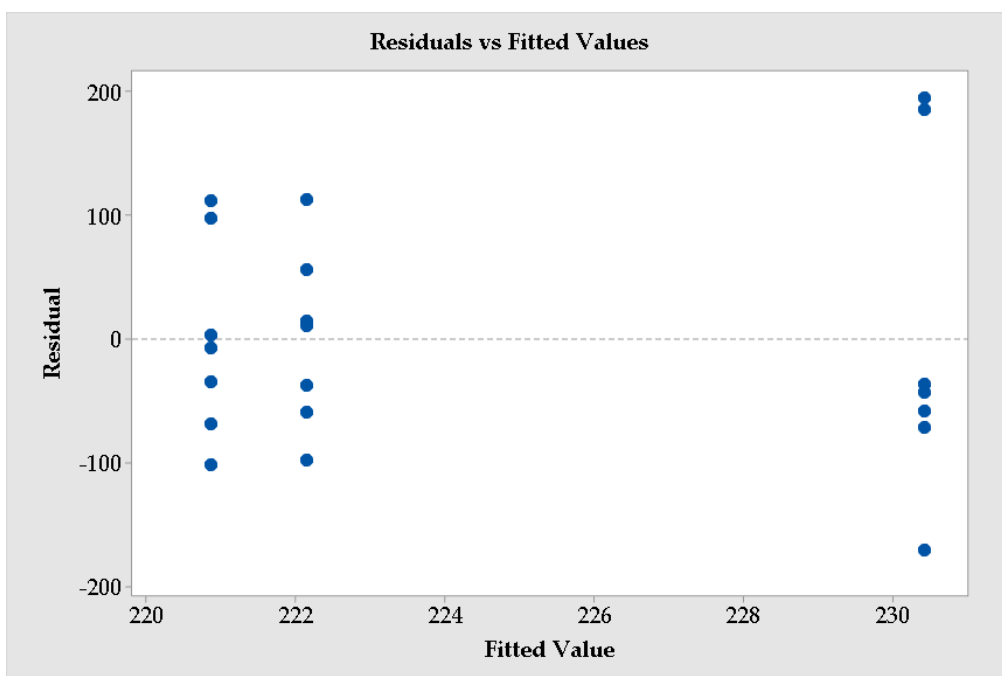
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	2.15	0.342
Adjusted for ties	2	2.15	0.342

Anexo D.10 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Contentores do navio A1

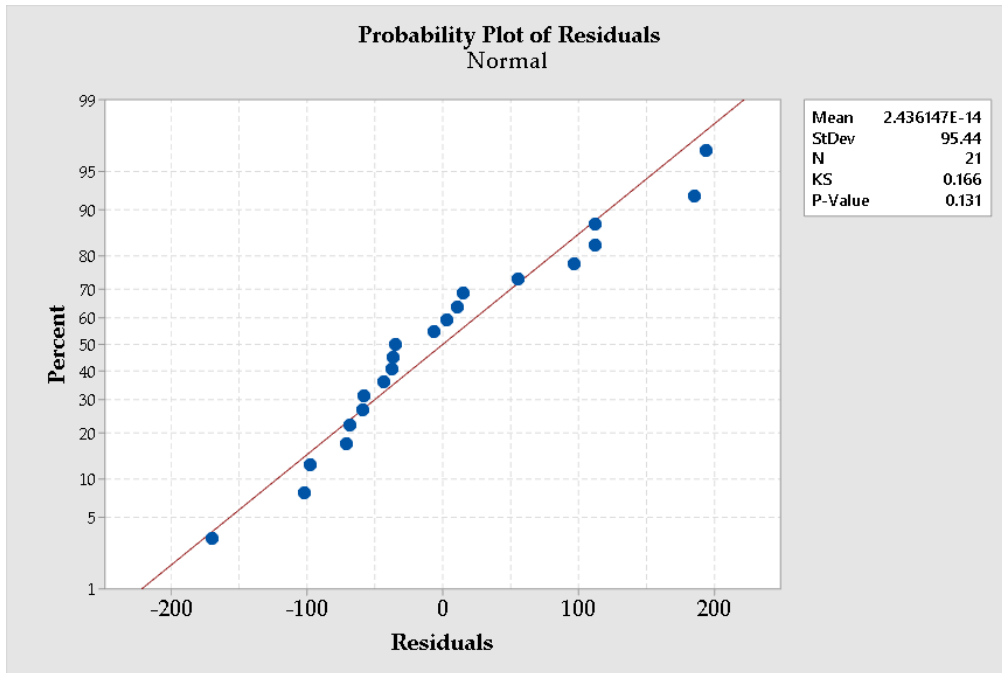
## Equipas de Viaturas



Anexo D.11 - Independência - Equipas de Viaturas do navio A1



Anexo D.12 - Homogeneidade - Equipas de Viaturas do navio A1

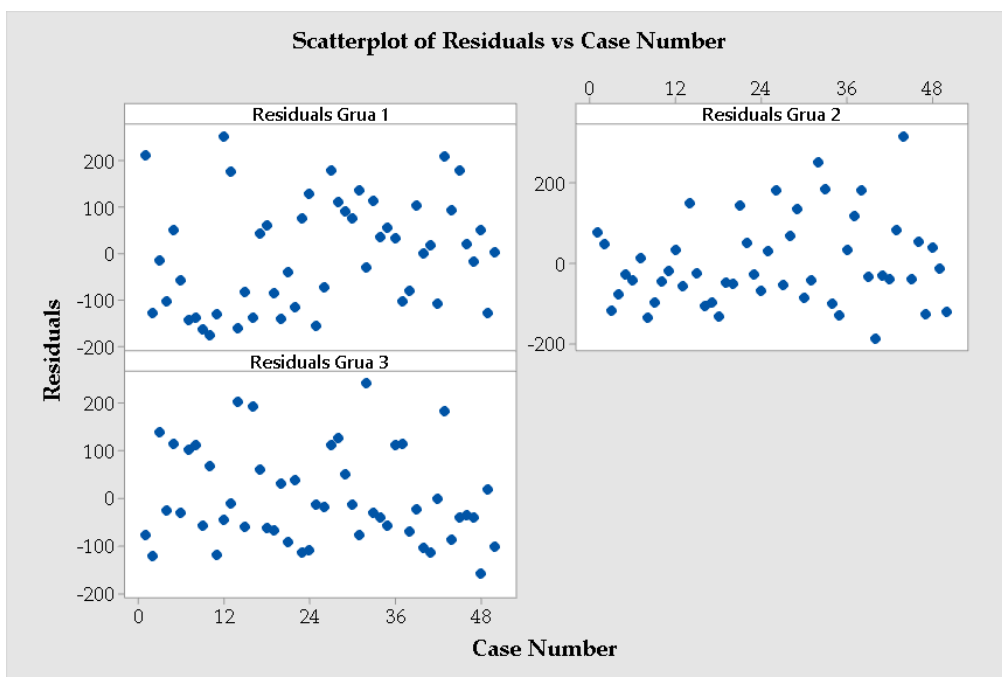


Anexo D.13 - Normalidade - Equipas de Viaturas do navio A1

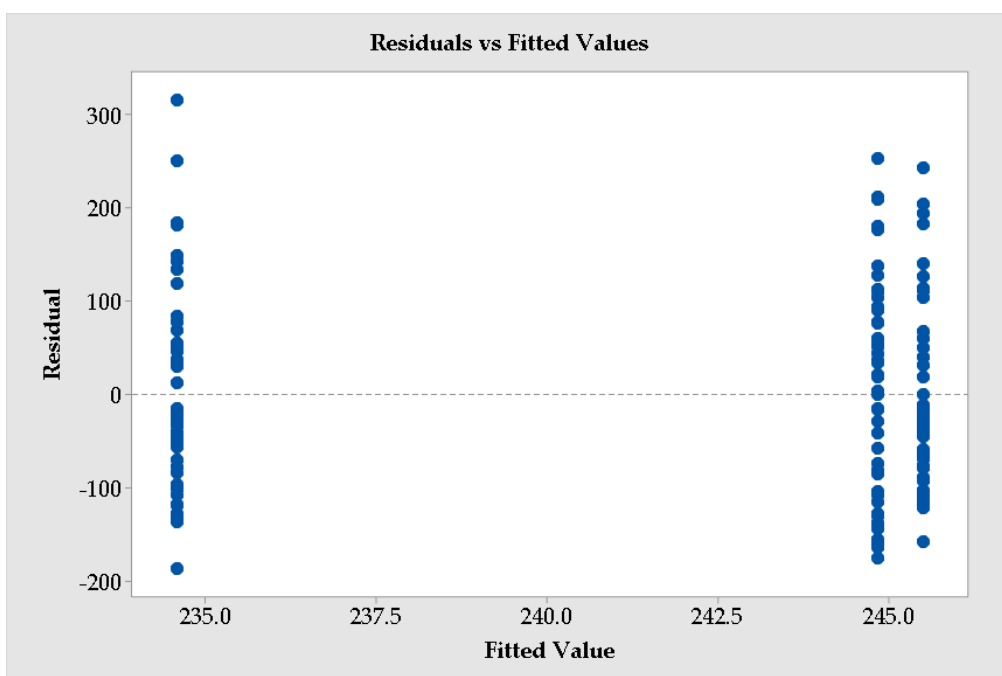
Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	$F_0$	$p$ -value	$F_{crit}$
Entre Níveis	377,810	2	188,905	0,019	0,982	3,555
Erro Interno	182175,429	18	10120,857			
Total	182553,238	20				

Anexo D.14 - *One-Way* ANOVA - Equipas de Viaturas do navio A1

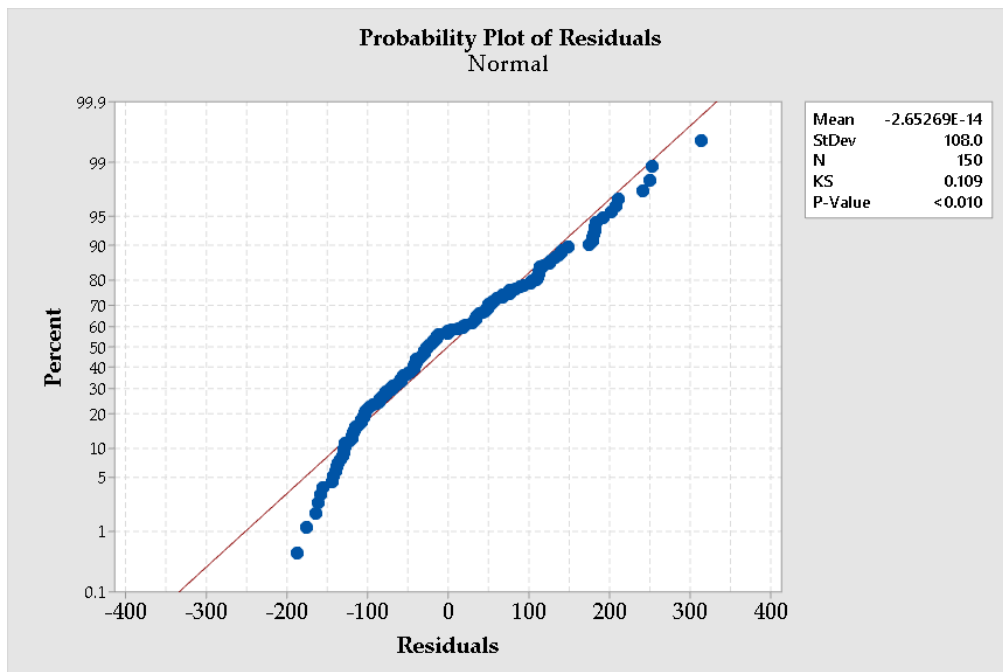
## Recursos de Viaturas



Anexo D.15 - Independência - Recursos de Viaturas do navio A1



Anexo D.16 - Homogeneidade - Recursos de Viaturas do navio A1



Anexo D.17 - Normalidade - Recursos de Viaturas do navio A1

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	3749,160	2	1874,580	0,159	0,853	3,058
Erro Interno	1736497,400	147	11812,907			
Total	1740246,560	149				

Anexo D.18 - One-Way ANOVA - Recursos de Viaturas do navio A1

## Test

Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

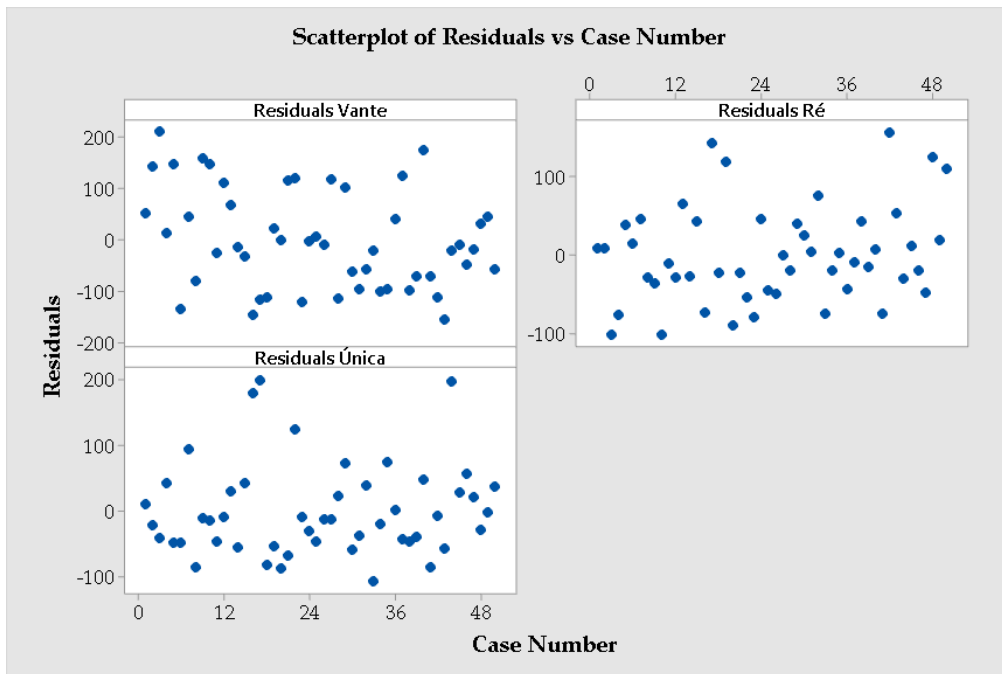
Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	0.52	0.770
Adjusted for ties	2	0.52	0.770

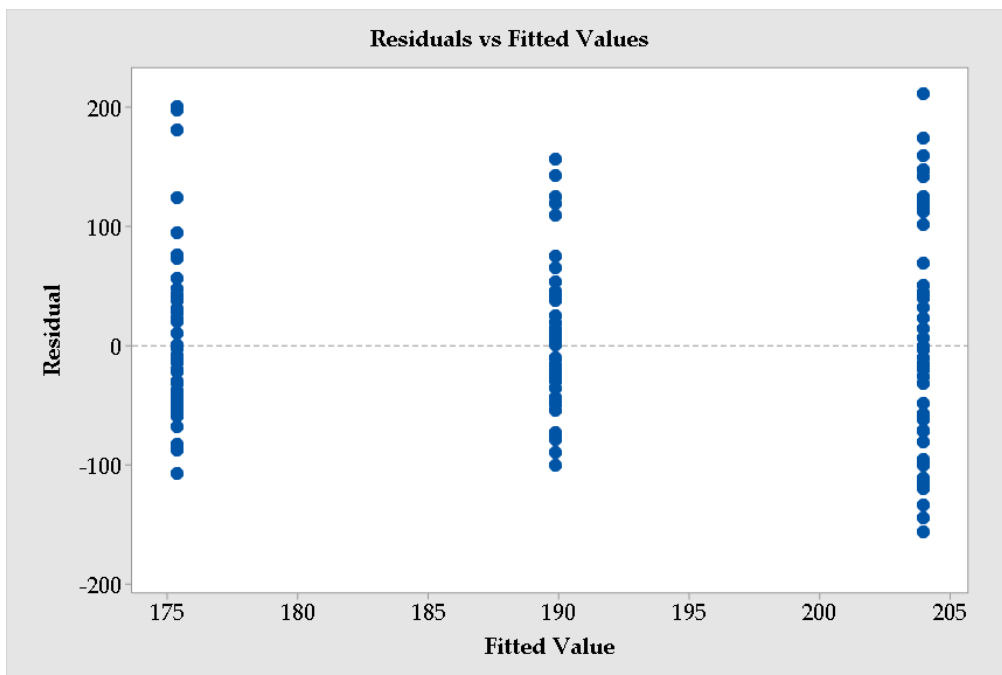
Anexo D.19 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Viaturas do navio A1

## Anexo E Análise do tempo de descarga das componentes do navio B1

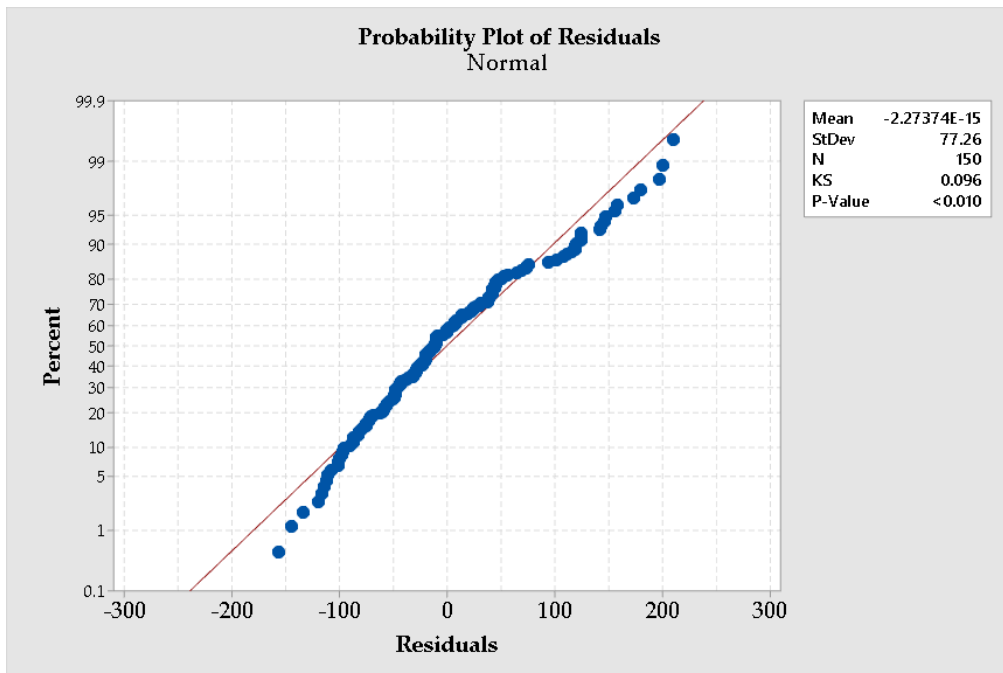
### Equipas de Contentores



Anexo E.1 - Independência - Equipas de Contentores do navio B1



Anexo E.2 - Homogeneidade - Equipas de Contentores do navio B1



Anexo E.3 - Normalidade - Equipas de Contentores do navio B1

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	20450,333	2	10225,167	1,690	0,188	3,058
Erro Interno	889325,460	147	6049,833			
Total	909775,793	149				

Anexo E.4 - One-Way ANOVA - Equipas de Contentores do navio B1

## Test

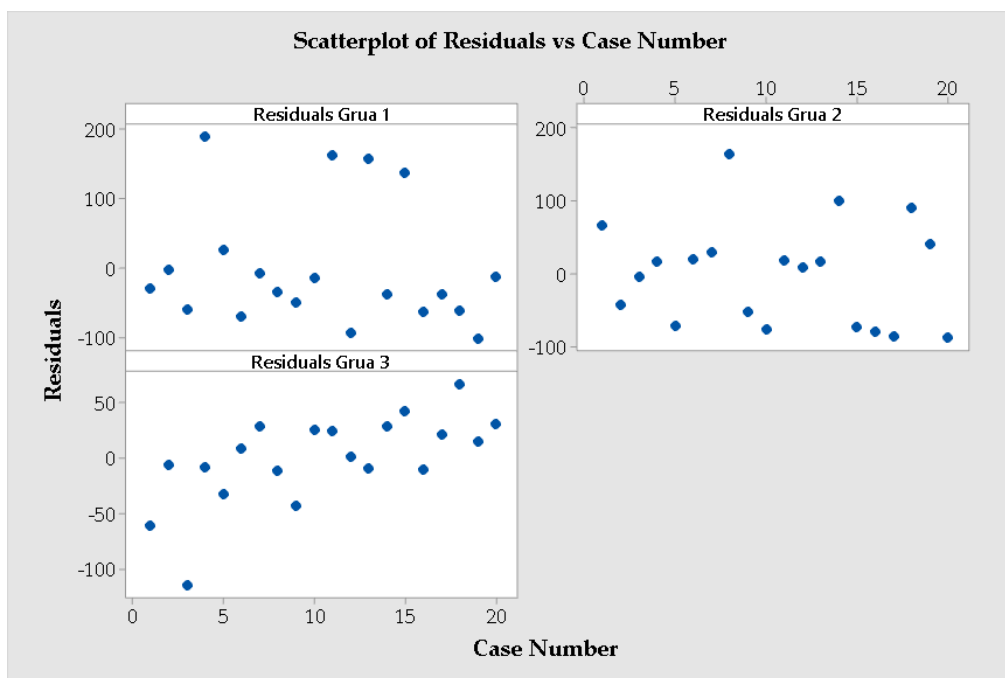
Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

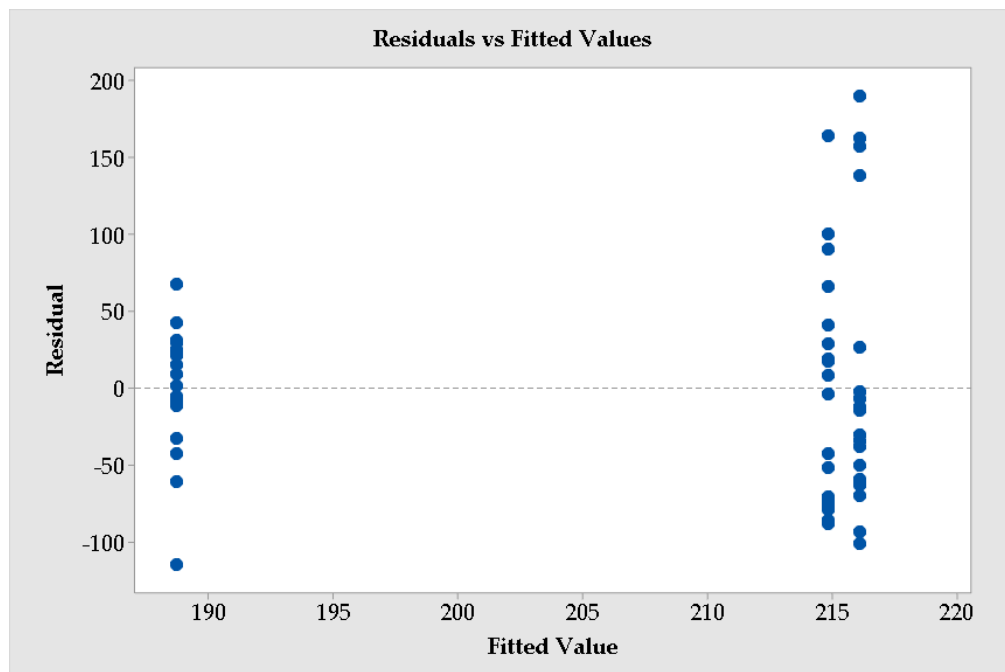
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	2.81	0.246
Adjusted for ties	2	2.81	0.246

Anexo E.5 - Teste Kruskal-Wallis - Equipas de Contentores do navio B1

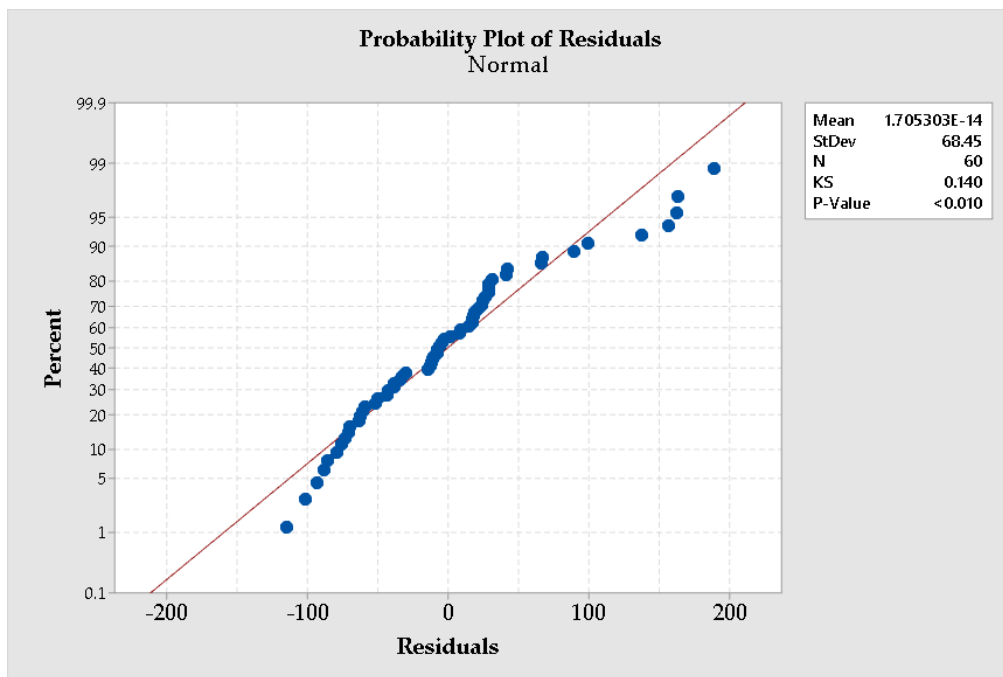
## Recursos de Contentores



Anexo E.6 - Independência - Recursos de Contentores do navio B1



Anexo E.7 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio B1



Anexo E.8 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio B1

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	9574,300	2	4787,150	0,987	0,379	3,159
Erro Interno	276460,550	57	4850,185			
Total	286034,850	59				

Anexo E.9 - One-Way ANOVA - Recursos de Contentores do navio B1

## Test

Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

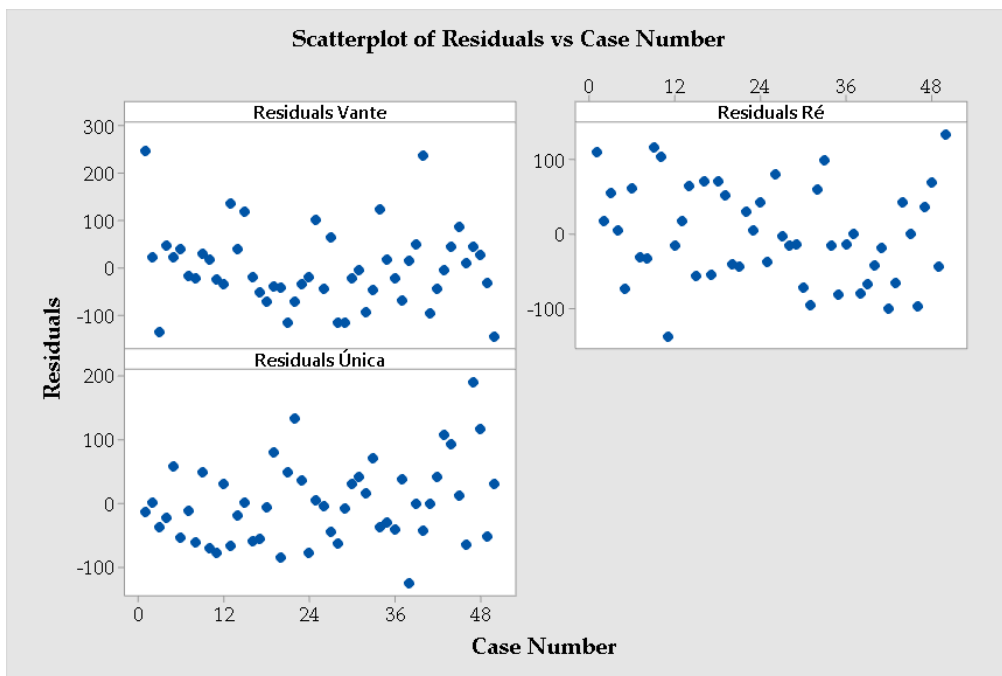
Method	DF	H-Value	P-Value
--------	----	---------	---------

Not adjusted for ties	2	0.84	0.659
-----------------------	---	------	-------

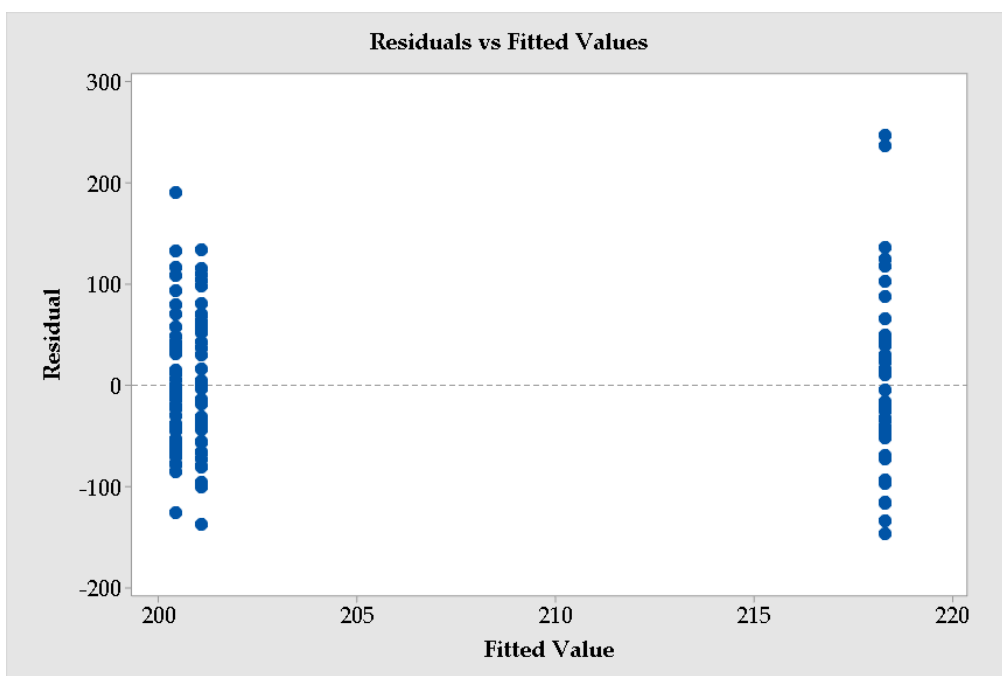
Adjusted for ties	2	0.84	0.659
-------------------	---	------	-------

Anexo E.10 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Contentores do navio B1

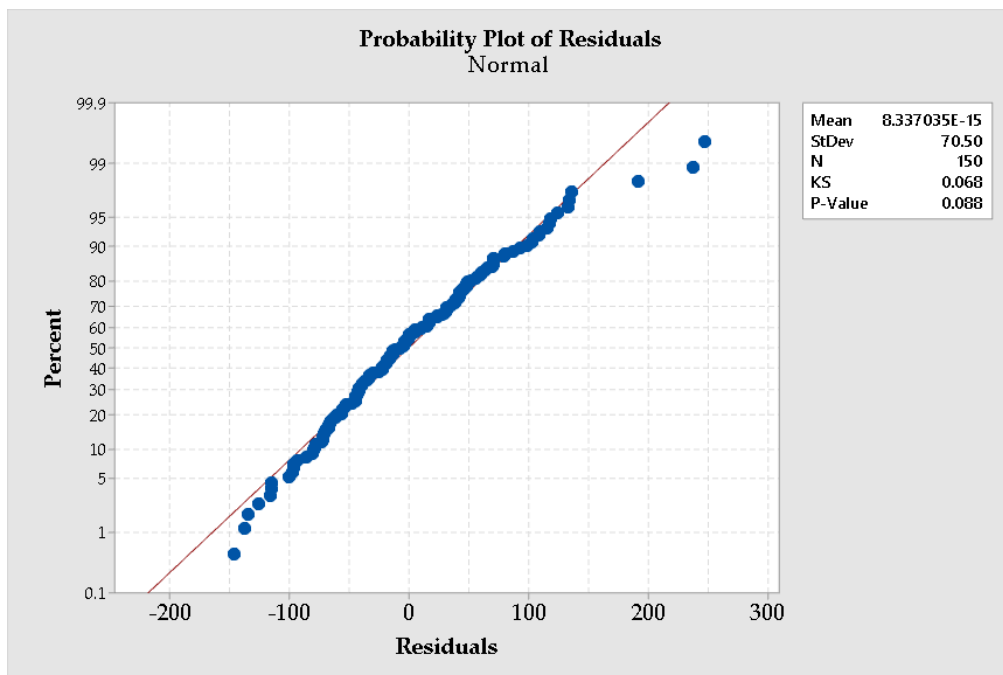
## Equipas de Viaturas



Anexo E.11 - Independência - Equipas de Viaturas do navio B1



Anexo E.12 - Homogeneidade - Equipas de Viaturas do navio B1

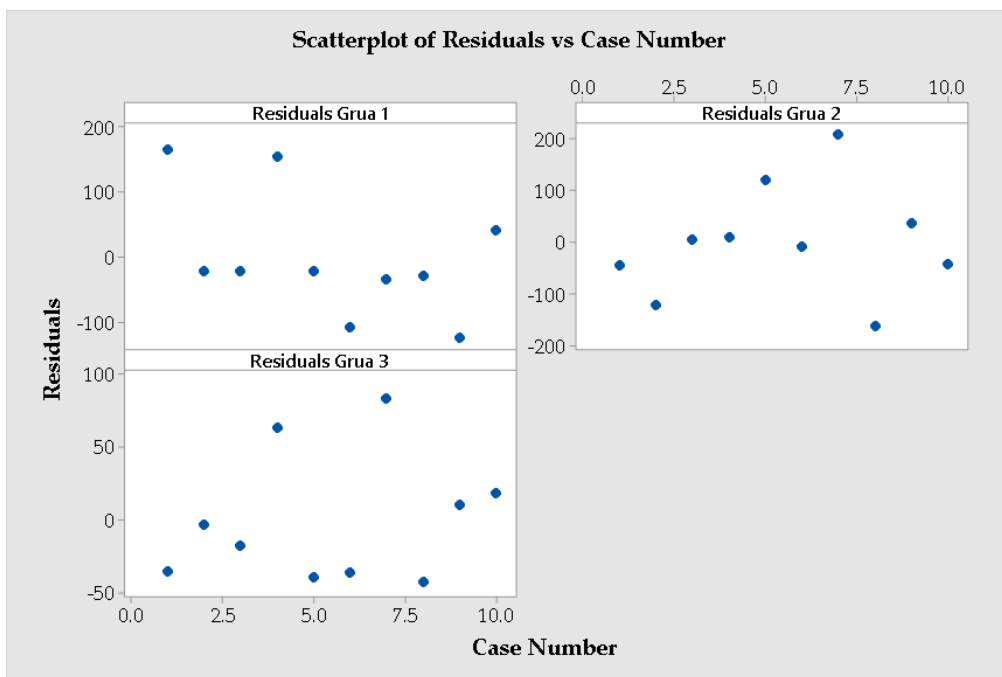


Anexo E.13 - Normalidade - Equipas de Viaturas do navio B1

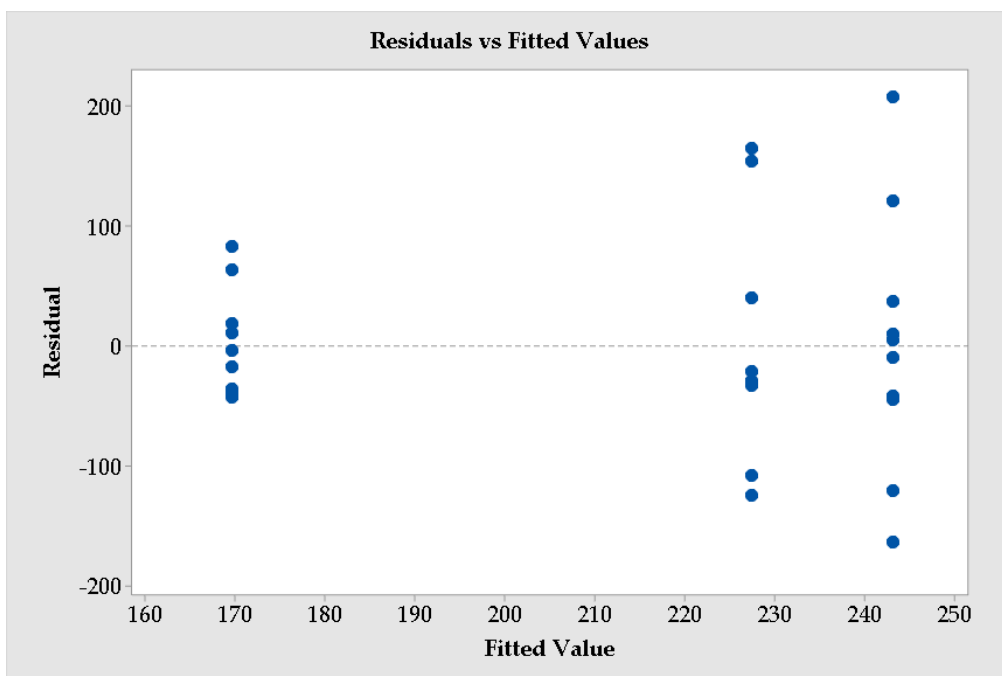
Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	10301,053	2	5150,527	1,022	0,362	3,058
Erro Interno	740621,320	147	5038,240			
Total	750922,373	149				

Anexo E.14 - One-Way ANOVA - Equipas de Viaturas do navio B1

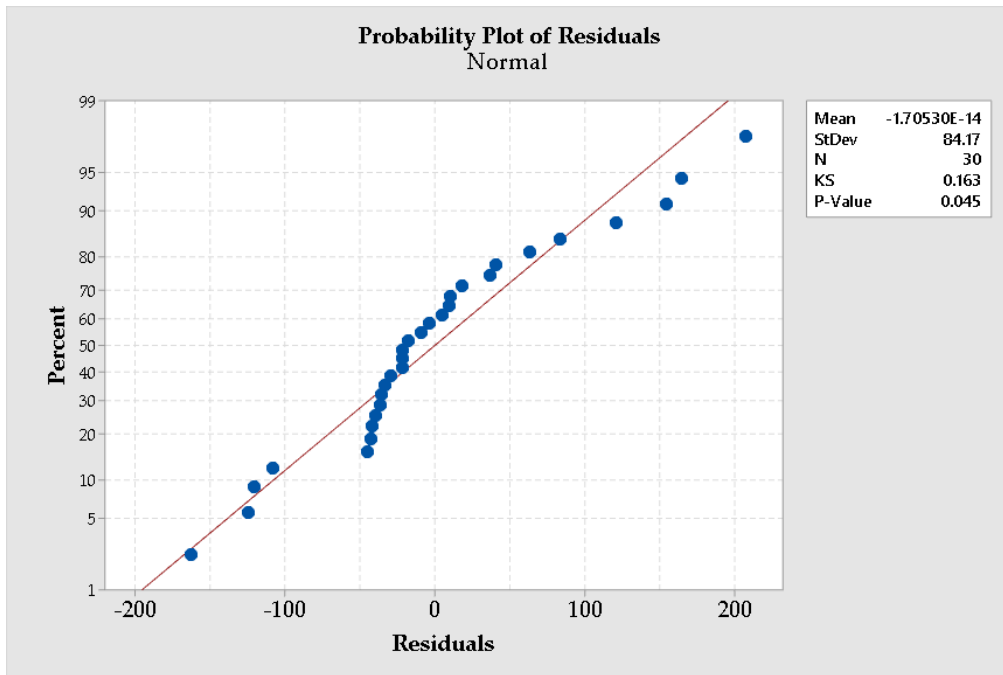
## Recursos de Viaturas



Anexo E.15 - Independência - Recursos de Viaturas do navio B1



Anexo E.16 - Homogeneidade - Recursos de Viaturas do navio B1



Anexo E.17 - Normalidade - Recursos de Viaturas do navio B1

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	29965,267	2	14982,633	1,969	0,159	3,354
Erro Interno	205435,700	27	7608,730			
Total	235400,967	29				

Anexo E.18 - One-Way ANOVA - Recursos de Viaturas do navio B1

## Test

Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

**Method**                      **DF** **H-Value** **P-Value**

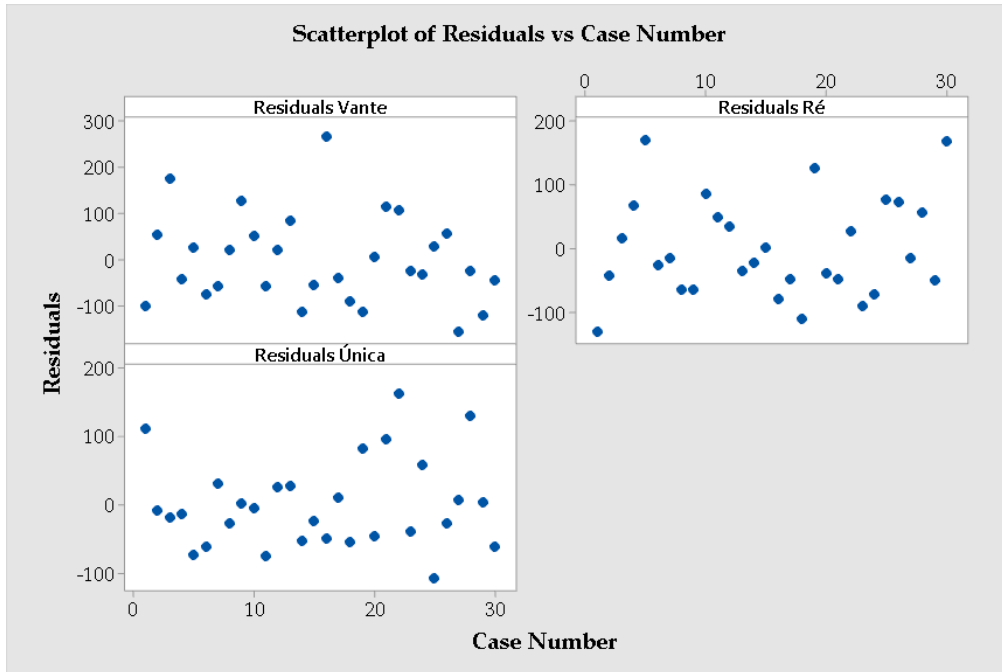
Not adjusted for ties    2        3.84    0.147

Adjusted for ties        2        3.84    0.146

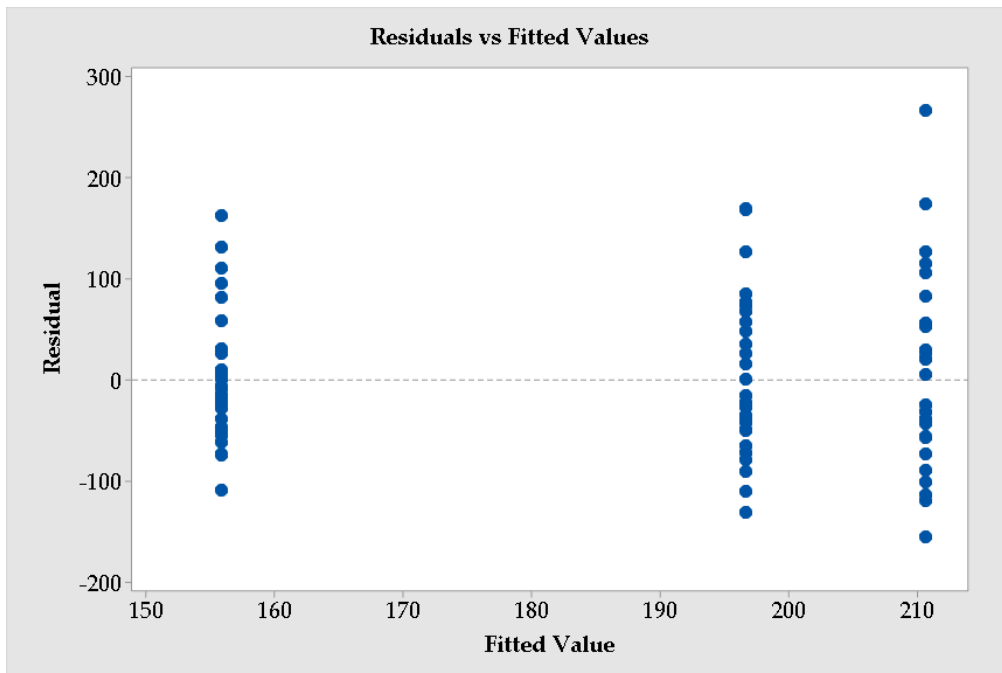
Anexo E.19 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Viaturas do navio B1

## Anexo F Análise do tempo de descarga das componentes do navio A2

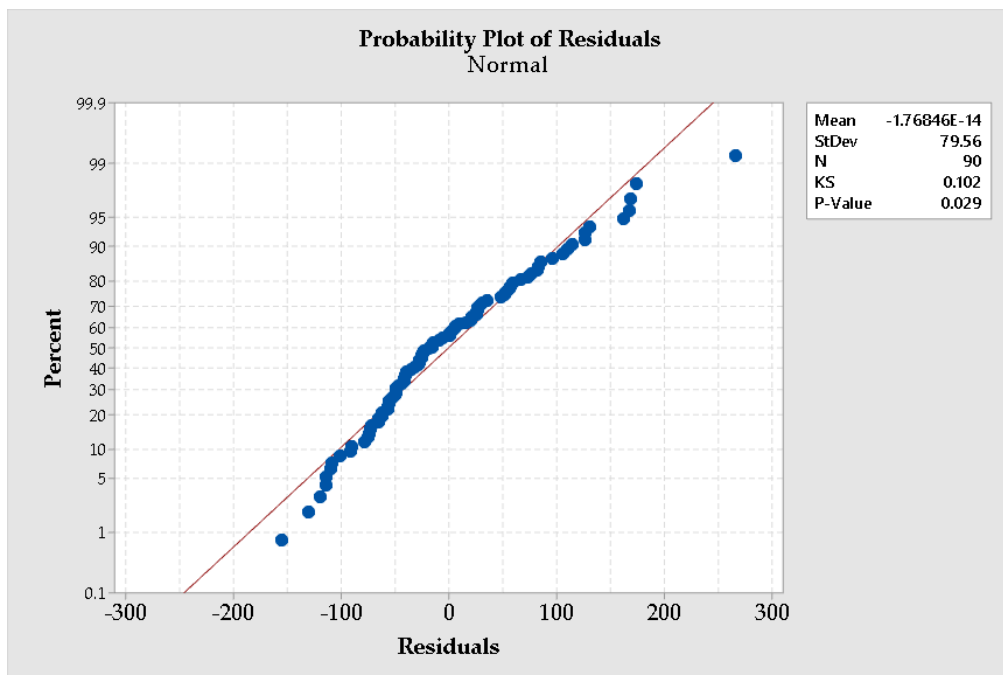
### Equipas de Contentores



Anexo F.1 - Independência - Equipas de Contentores do navio A2



Anexo F.2 - Homogeneidade - Equipas de Contentores do navio A2



Anexo F.3 - Normalidade - Equipas de Contentores do navio A2

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	48618,956	2	24309,478	3,754	0,027	3,101
Erro Interno	563410,333	87	6475,981			
Total	612029,289	89				

Anexo F.4 - One-Way ANOVA - Equipas de Contentores do navio A2

### Test

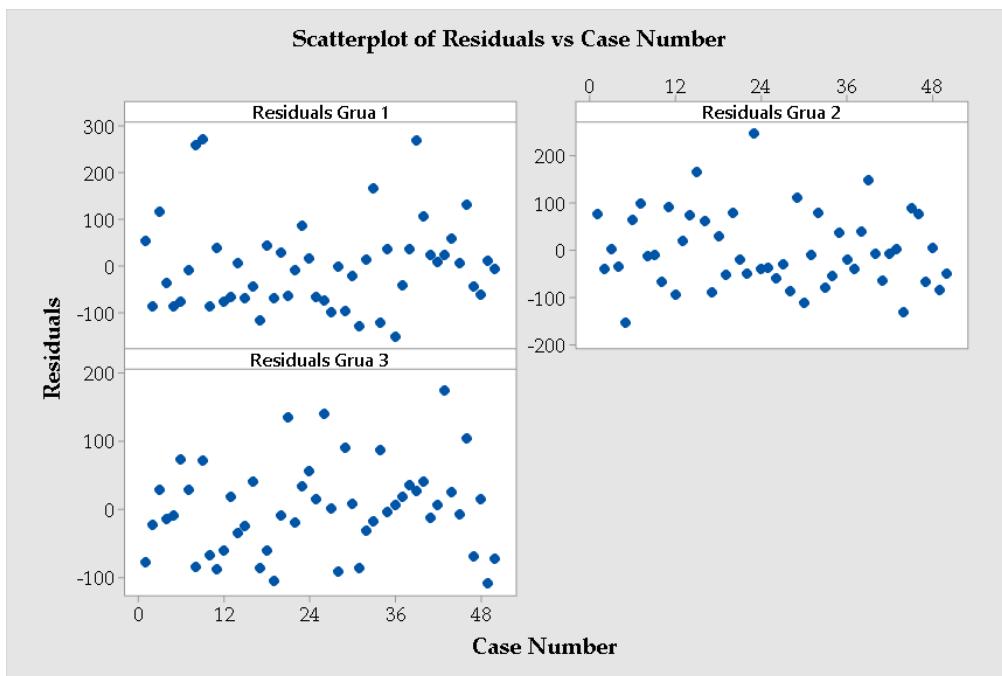
Null hypothesis  $H_0$ : All medians are equal

Alternative hypothesis  $H_1$ : At least one median is different

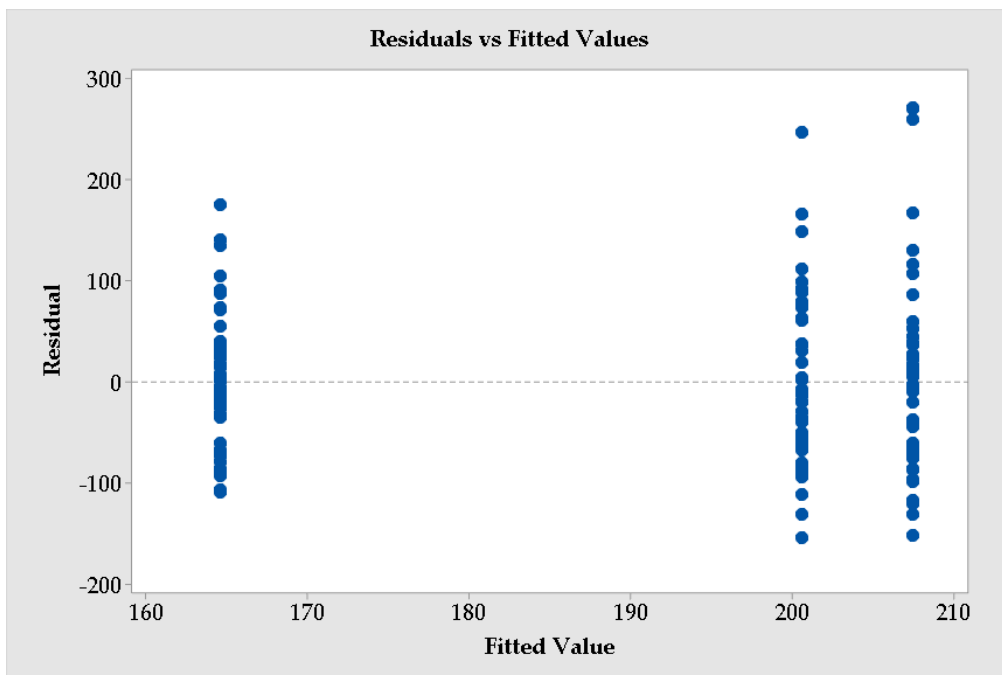
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	7.07	0.029
Adjusted for ties	2	7.07	0.029

Anexo F.5 - Teste Kruskal-Wallis - Equipas de Contentores do navio A2

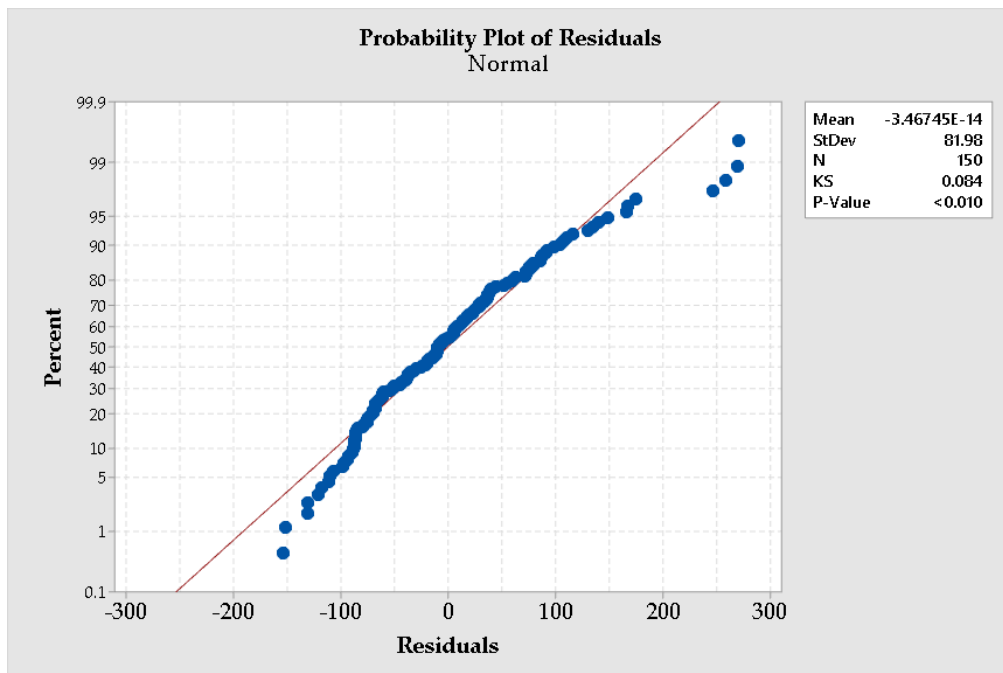
## Recursos de Contentores



Anexo F.6 - Independência - Recursos de Contentores do navio A2



Anexo F.7 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio A2



Anexo F.8 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio A2

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	53172,253	2	26586,127	3,903	0,022	3,058
Erro Interno	1001359,080	147	6811,967			
Total	1054531,333	149				

Anexo F.9 - One-Way ANOVA - Recursos de Contentores do navio A2

## Test

Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

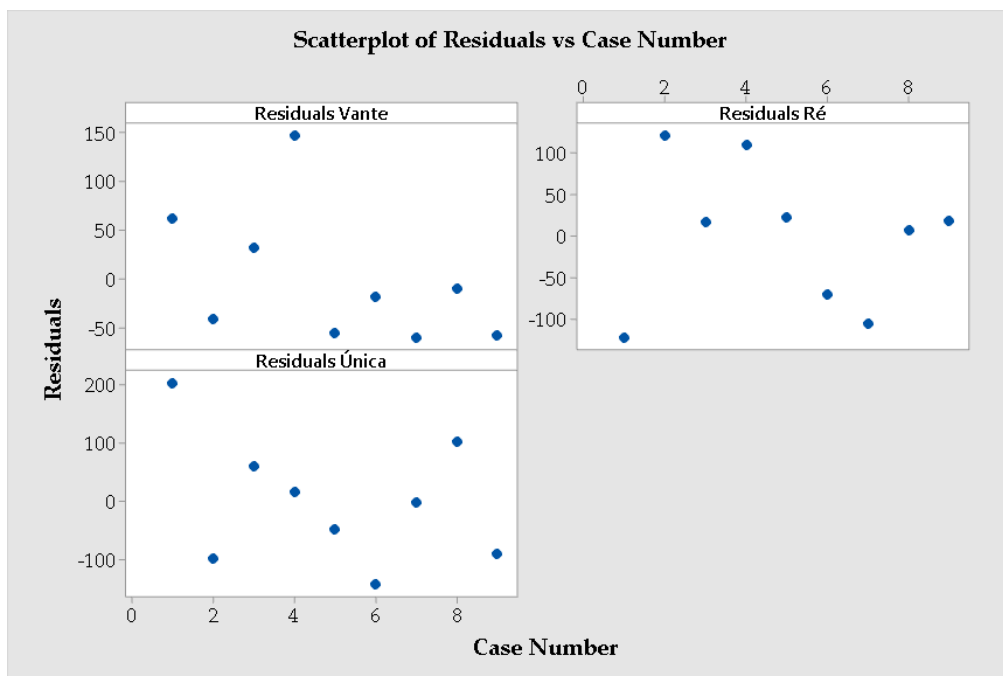
**Method**                      **DF** **H-Value** **P-Value**

Not adjusted for ties      2      5.89      0.052

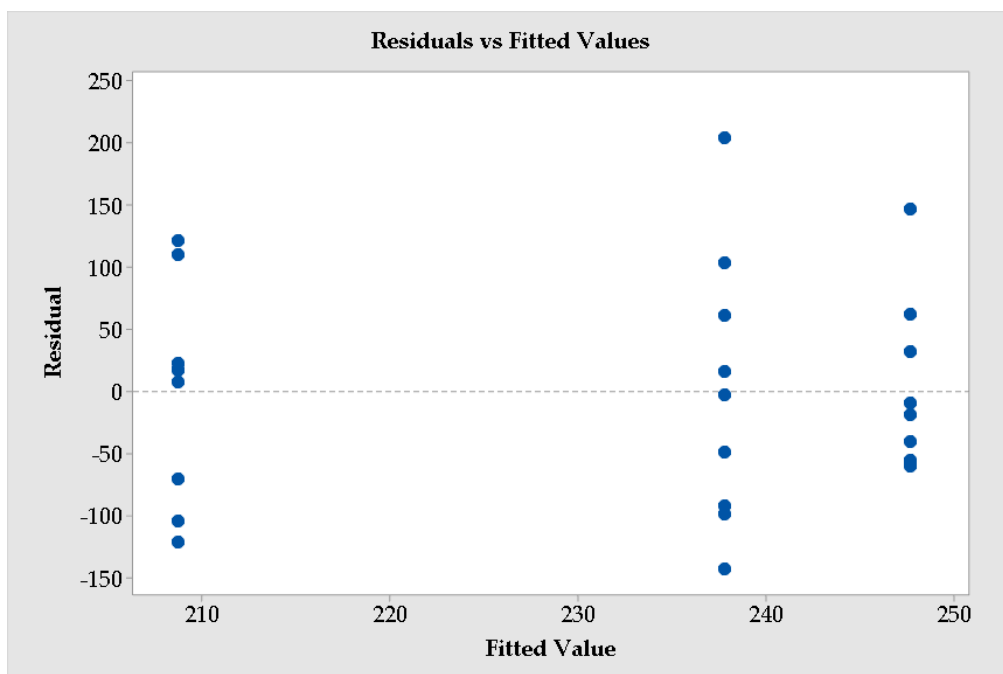
Adjusted for ties          2      5.90      0.052

Anexo F.10 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Contentores do navio A2

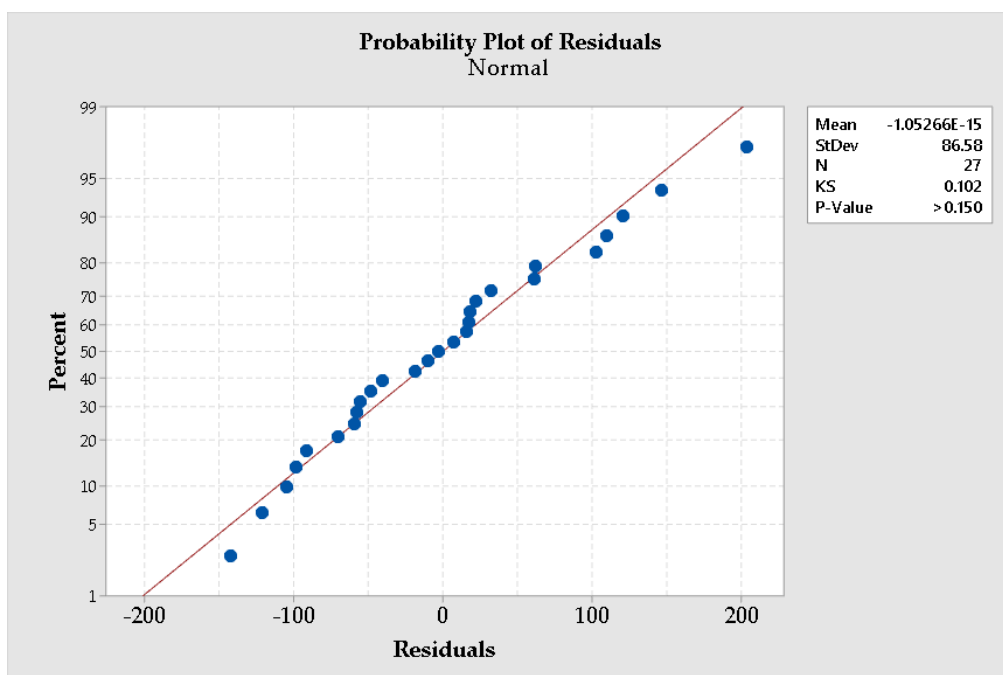
## Equipas de Viaturas



Anexo F.11 - Independência - Equipas de Viaturas do navio A2



Anexo F.12 - Homogeneidade - Equipas de Viaturas do navio A2

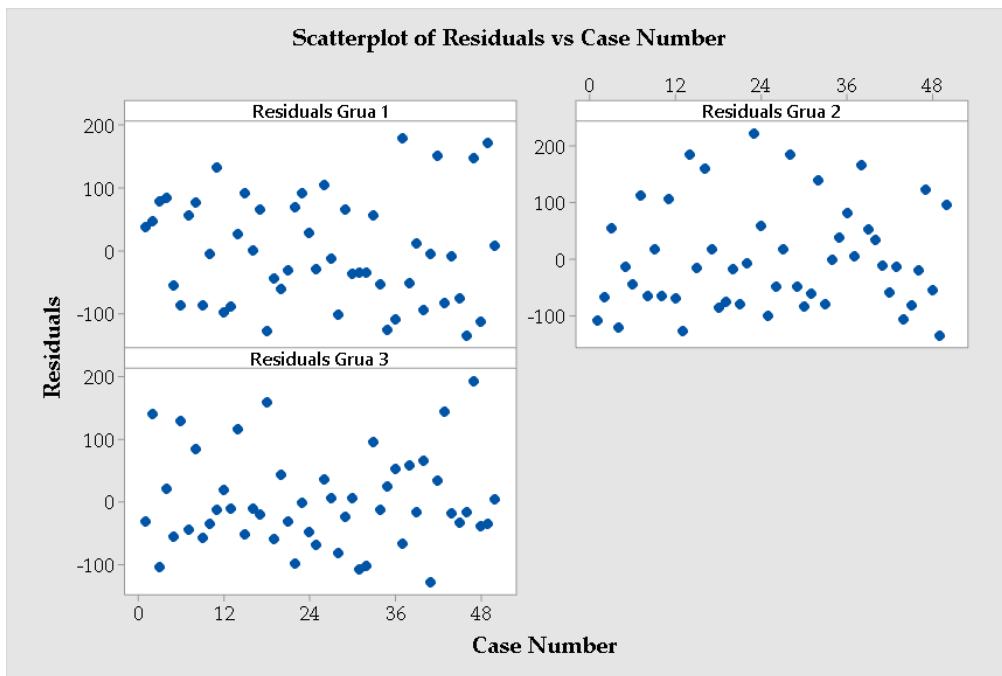


Anexo F.13 - Normalidade - Equipas de Viaturas do navio A2

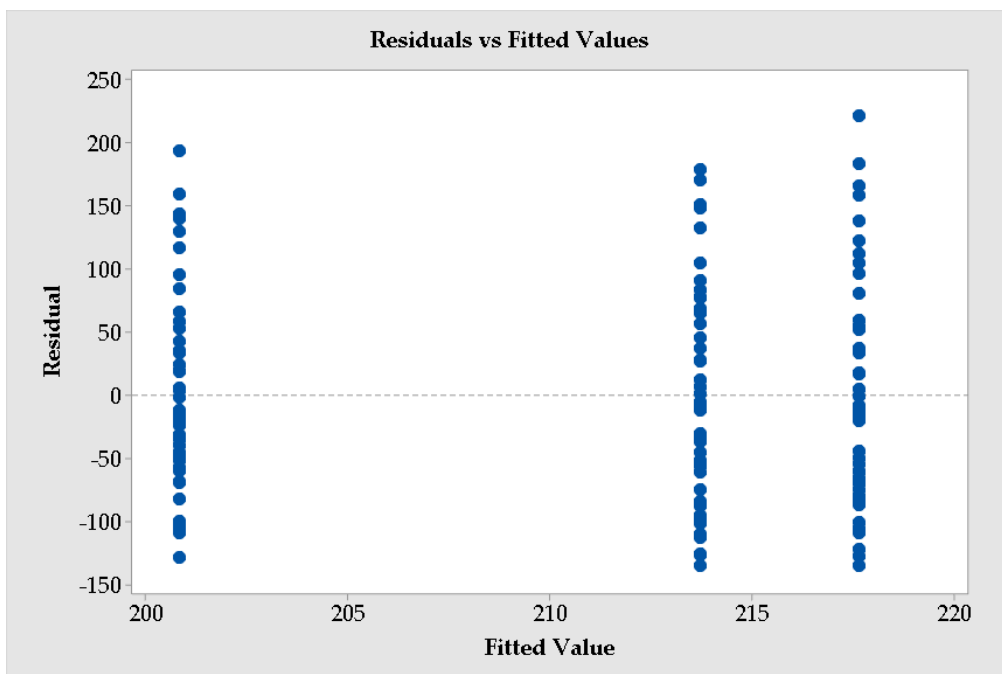
Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	7398,741	2	3699,370	0,456	0,639	3,403
Erro Interno	194879,556	24	8119,981			
Total	202278,296	26				

Anexo F.14 - One-Way ANOVA - Equipas de Viaturas do navio A2

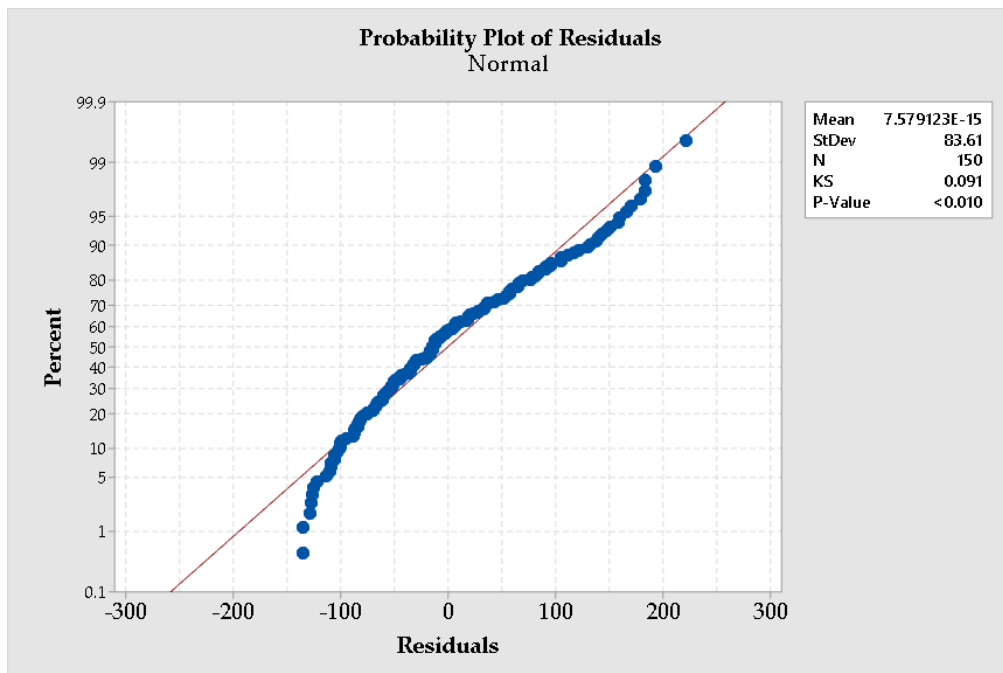
## Recursos de Viaturas



Anexo F.15 - Independência - Recursos de Viaturas do navio A2



Anexo F.16 - Homogeneidade - Recursos de Viaturas do navio A2



Anexo F.17 - Normalidade - Recursos de Viaturas do navio A2

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	7744,813	2	3872,407	0,547	0,580	3,058
Erro Interno	1041540,980	147	7085,313			
Total	1049285,793	149				

Anexo F.18 - One-Way ANOVA - Recursos de Viaturas do navio A2

## Test

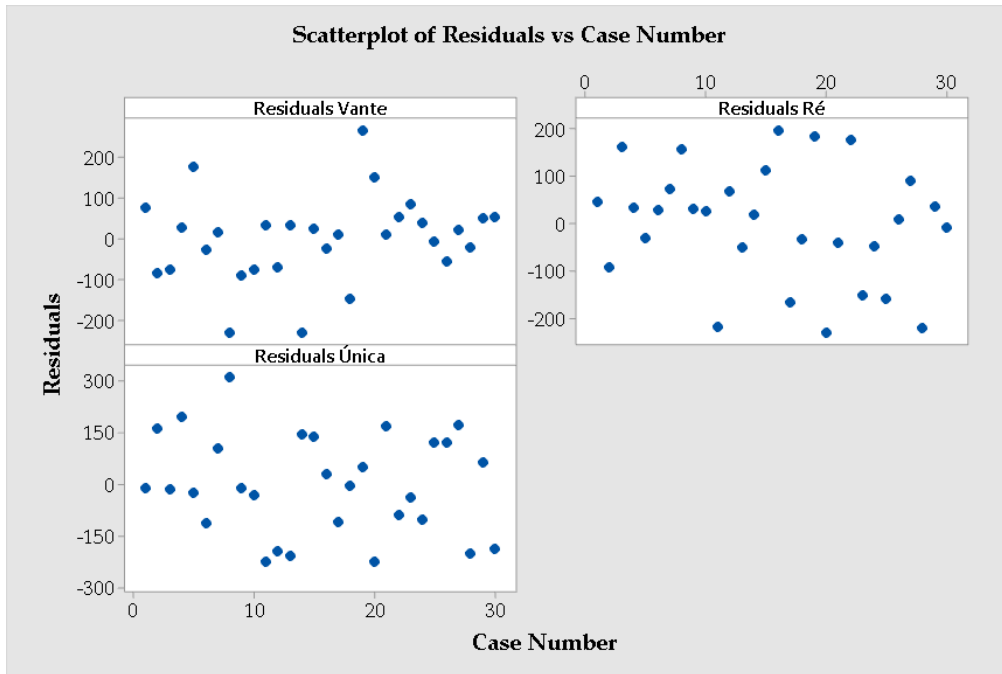
Null hypothesis  $H_0$ : All medians are equal

Alternative hypothesis  $H_1$ : At least one median is different

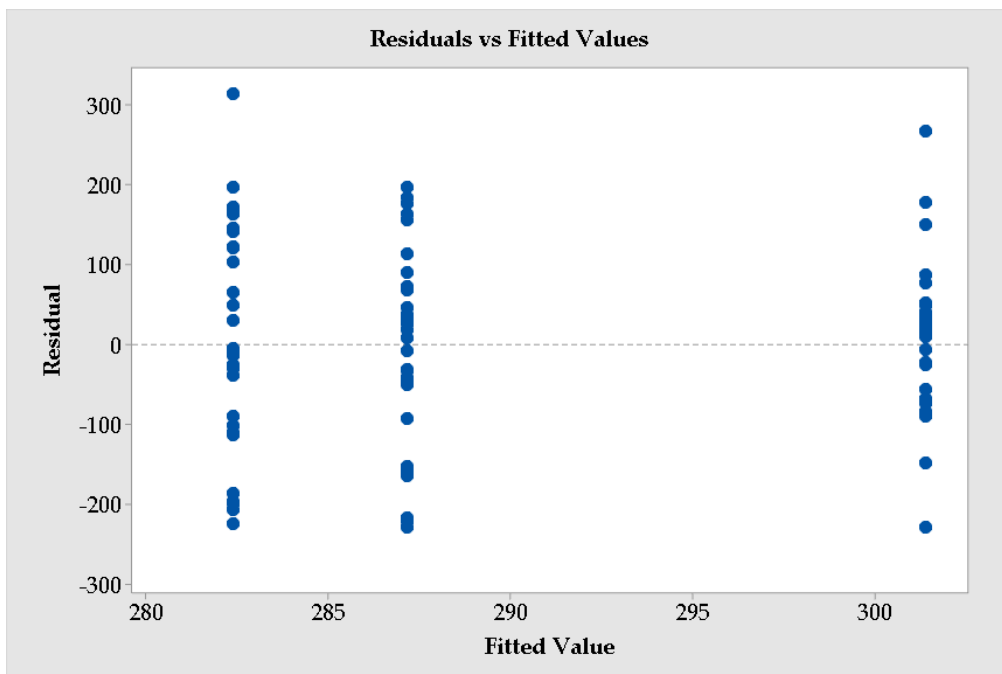
Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	0.51	0.775
Adjusted for ties	2	0.51	0.775

Anexo F.19 - Teste Kruskal-Wallis - Recursos de Viaturas do navio A2

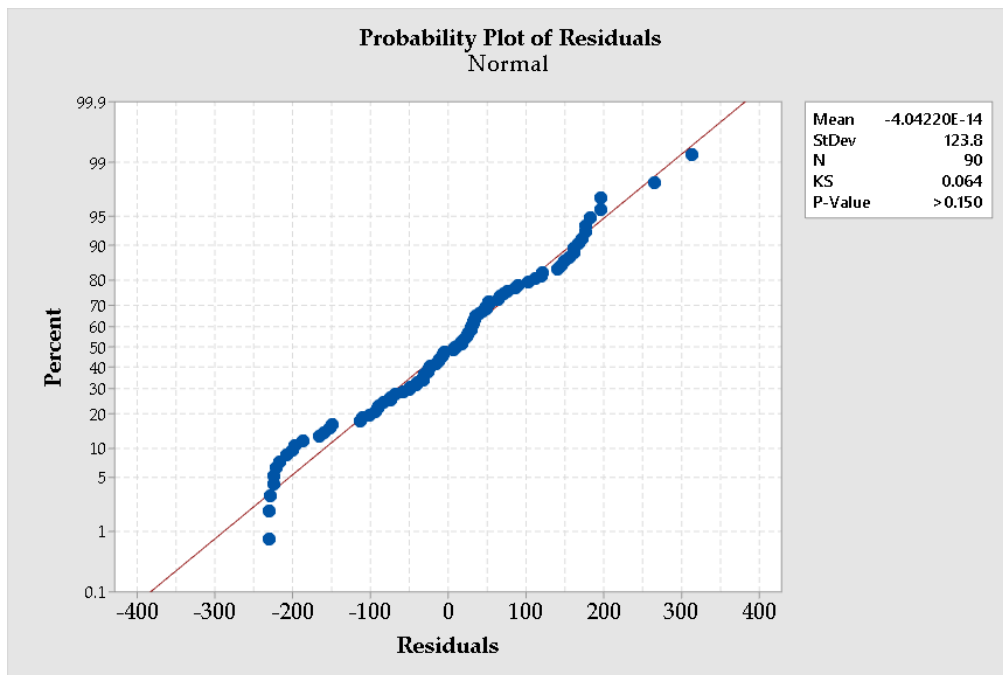
## Equipas de Carga Convencional



Anexo F.20 - Independência - Equipas de Carga Convencional do navio A2



Anexo F.21 - Homogeneidade - Equipas de Carga Convencional do navio A2

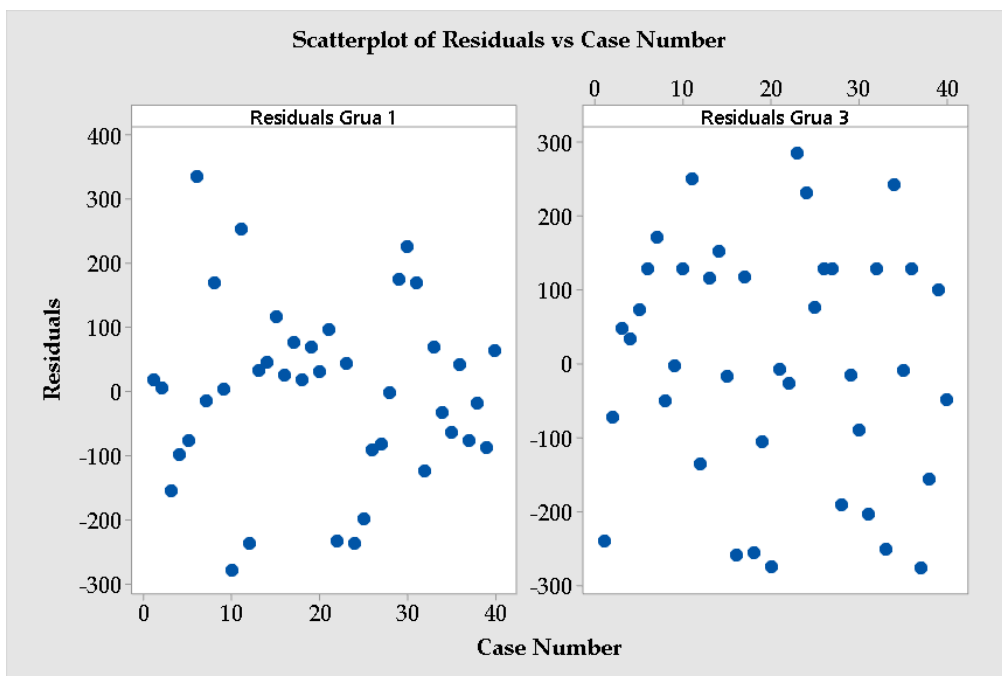


Anexo F.22 - Normalidade - Equipas de Carga Convencional do navio A2

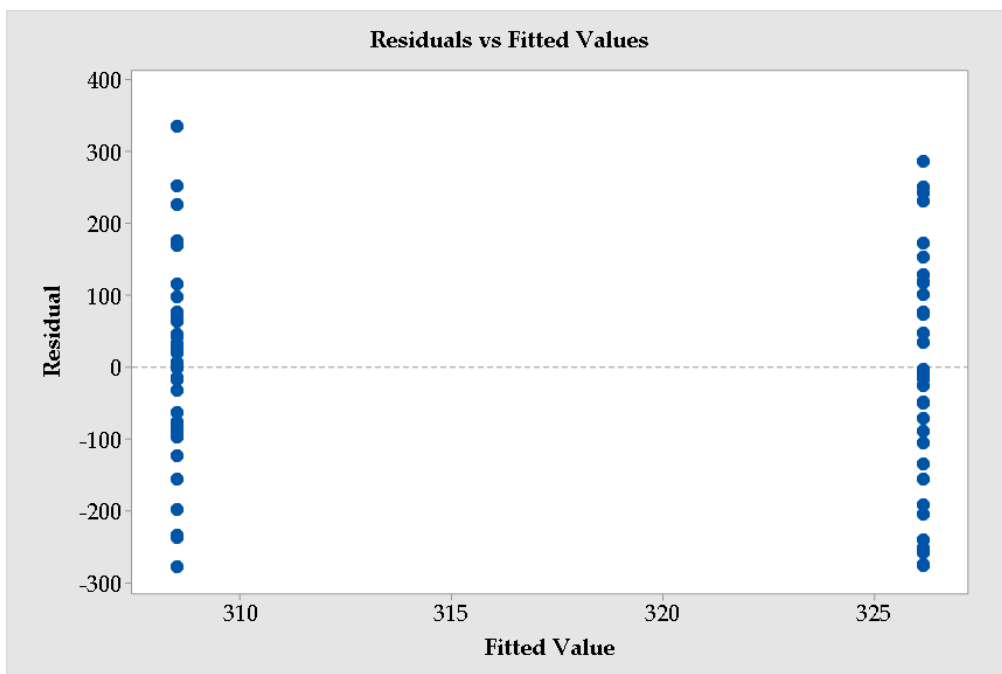
Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	5878,956	2	2939,478	0,187	0,829	3,101
Erro Interno	1364776,333	87	15687,084			
Total	1370655,289	89				

Anexo F.23 - One-Way ANOVA - Equipas de Carga Convencional do navio A2

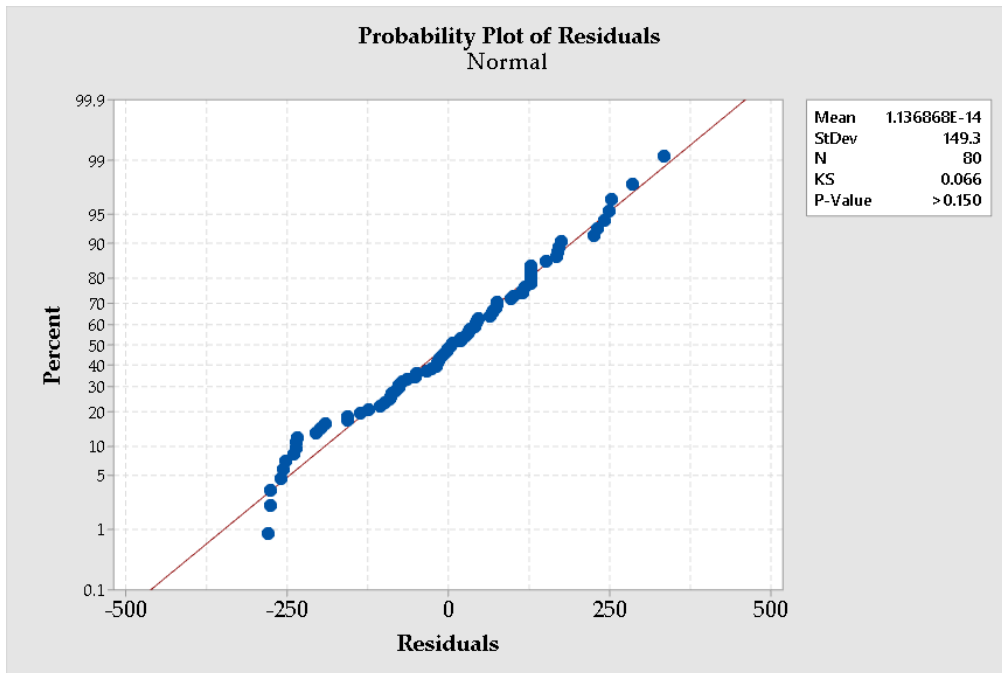
## Recursos de Carga Convencional



Anexo F.24 - Independência - Recursos de Carga Convencional do navio A2



Anexo F.25 - Homogeneidade - Recursos de Carga Convencional do navio A2



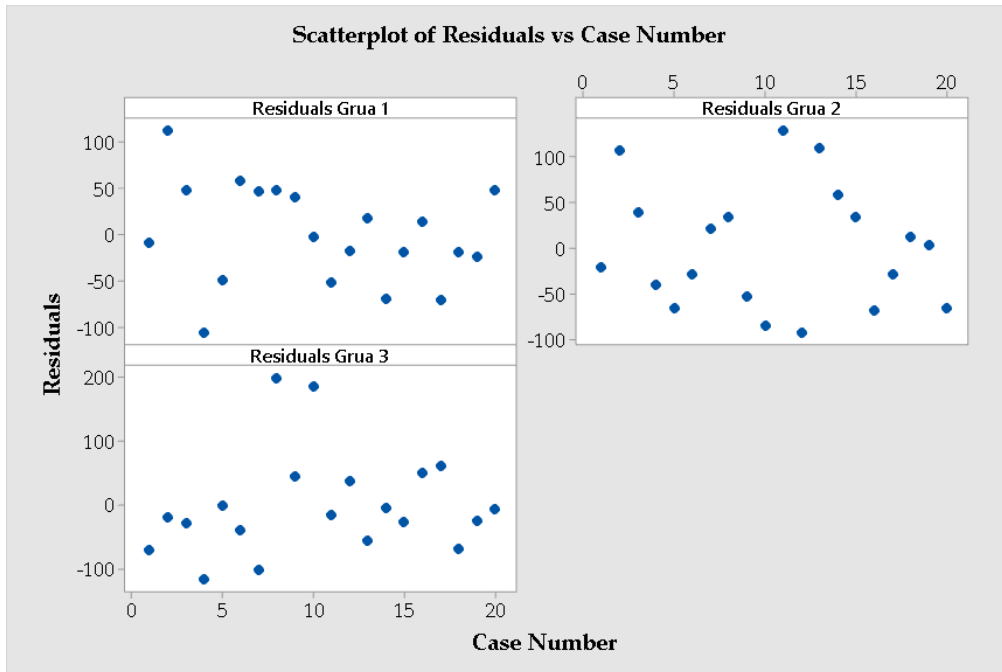
Anexo F.26 - Normalidade - Recursos de Carga Convencional do navio A2

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	$F_0$	$p$ -value	$F_{crit}$
Entre Níveis	6230,450	1	6230,450	0,276	0,601	3,963
Erro Interno	1760751,100	78	22573,732			
Total	1766981,550	79				

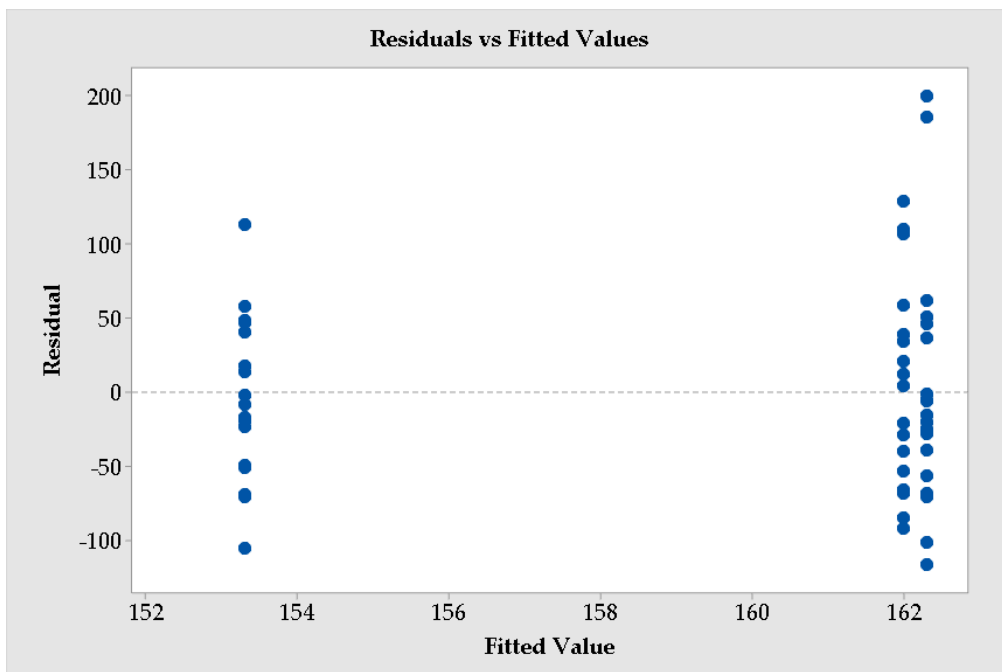
Anexo F.27 - One-Way ANOVA - Recursos de Carga Convencional do navio A2

## Anexo G Análise do tempo de descarga das componentes do navio B2

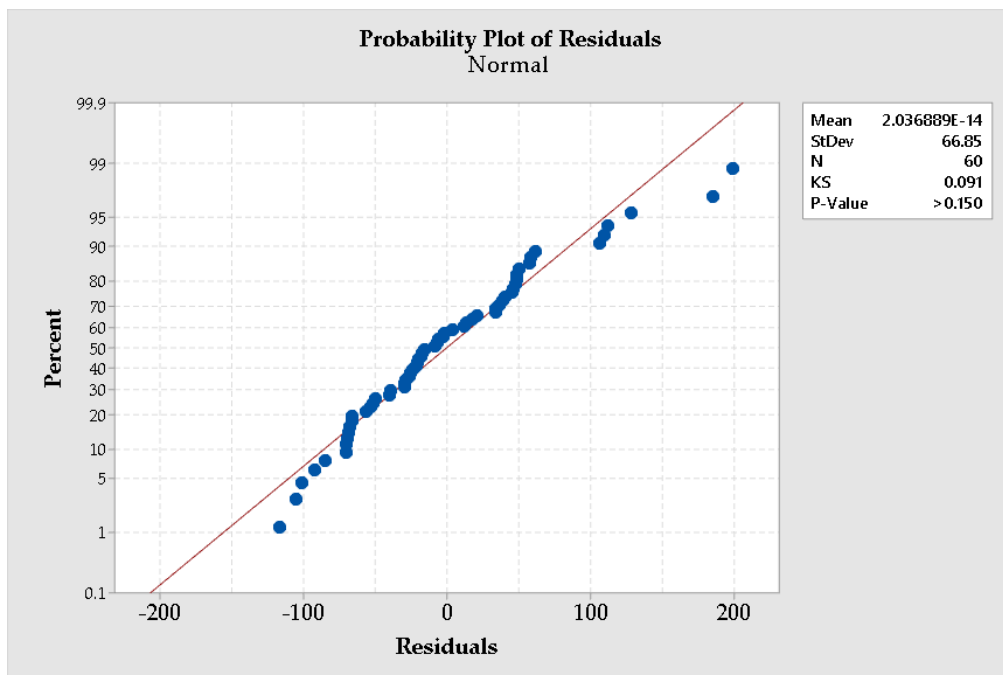
### Recursos de Contentores



Anexo G.1 - Independência - Recursos de Contentores do navio B2



Anexo G.2 - Homogeneidade - Recursos de Contentores do navio B2

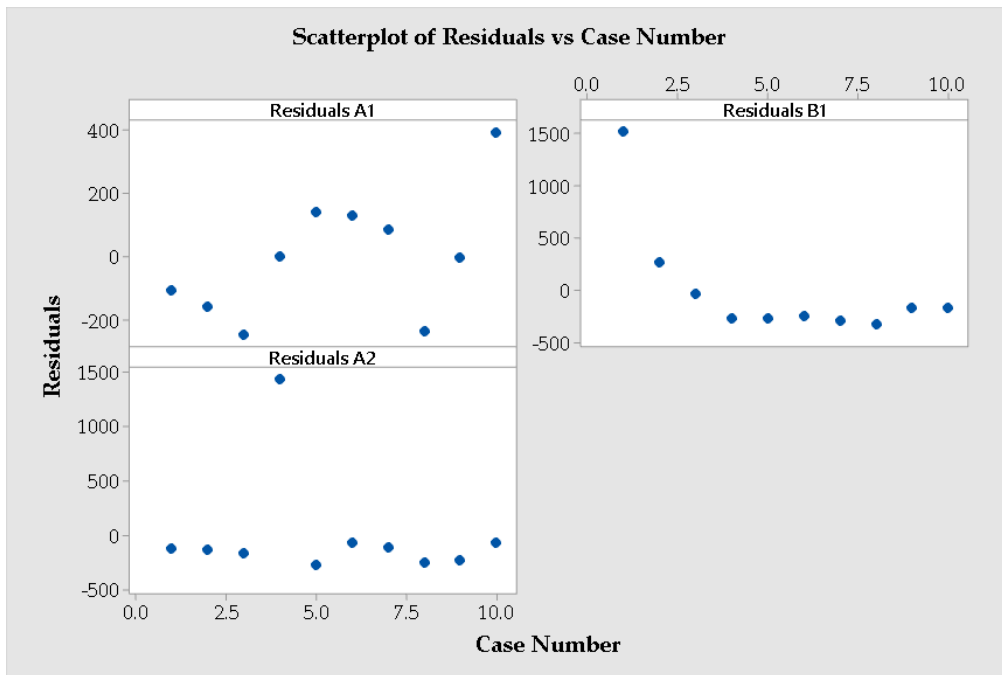


Anexo G.3 - Normalidade - Recursos de Contentores do navio B2

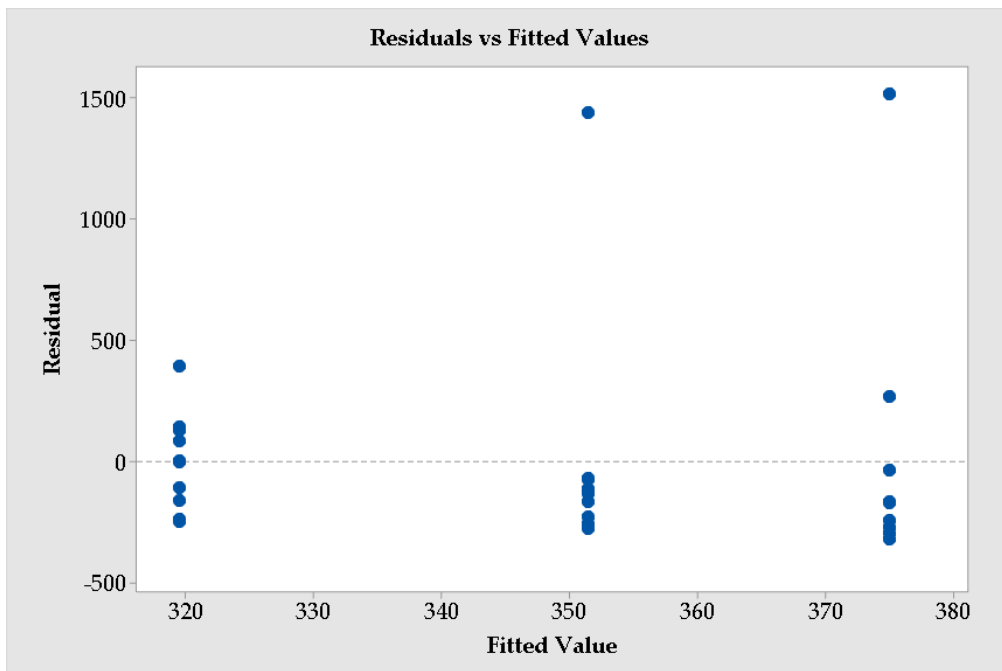
Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	1045,200	2	522,600	0,113	0,893	3,159
Erro Interno	263702,400	57	4626,358			
Total	264747,600	59				

Anexo G.4 - One-Way ANOVA - Recursos de Contentores do navio B2

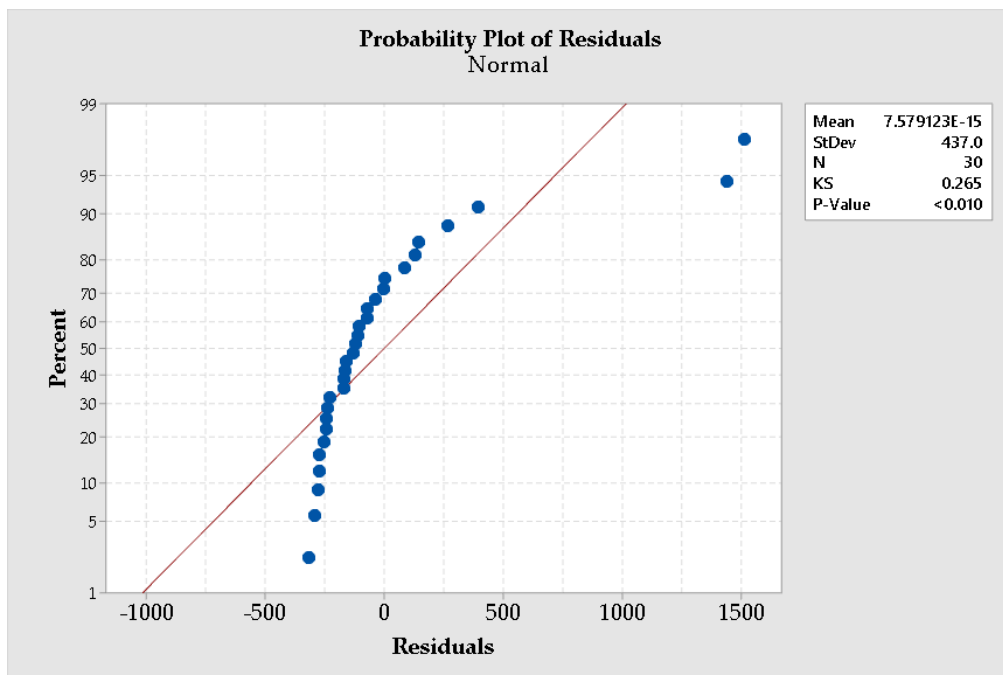
## Anexo H Análise do tempo de descarga de Outra Carga



Anexo G.1 - Independência - Outra Carga



Anexo H.2 - Homogeneidade - Outra Carga



Anexo H.3 - Normalidade - Outra Carga

Fonte de Variação	SS	g.l.	MS	F <sub>0</sub>	p-value	F <sub>crit</sub>
Entre Níveis	15516,067	2	7758,033	0,038	0,963	3,354
Erro Interno	5538822,900	27	205141,589			
Total	5554338,967	29				

Anexo H.4 - One-Way ANOVA - Outra Carga

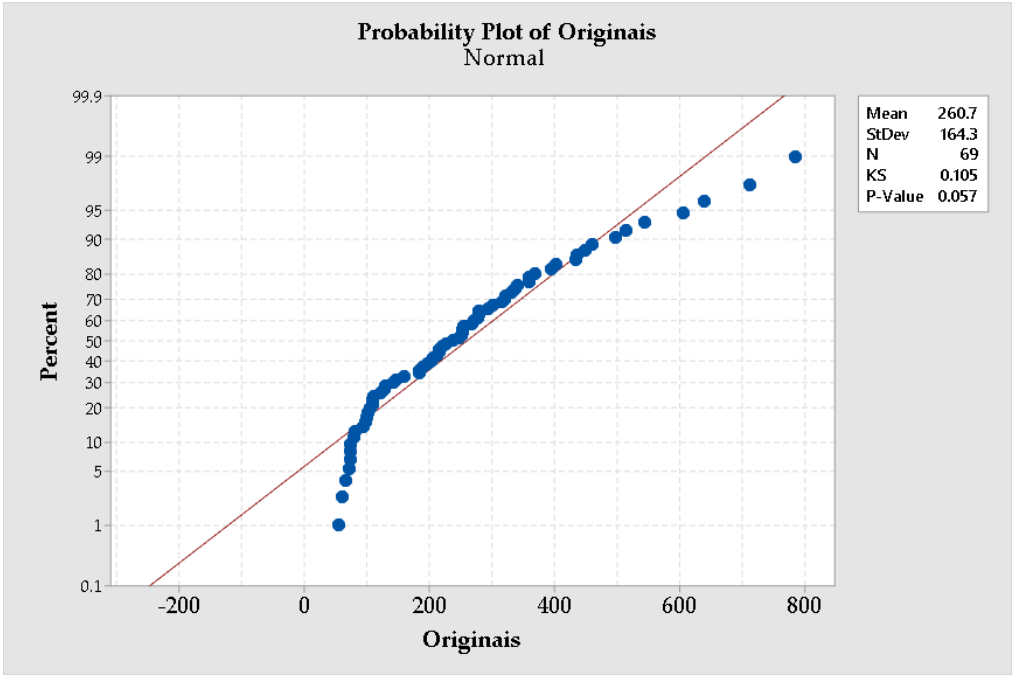
## Test

Null hypothesis H<sub>0</sub>: All medians are equal

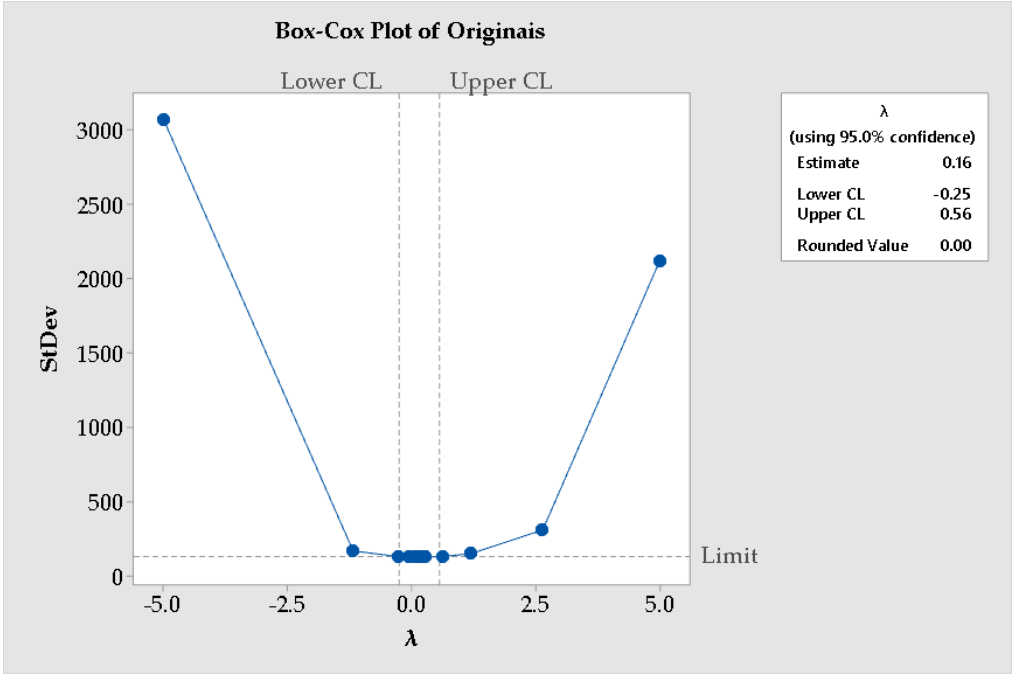
Alternative hypothesis H<sub>1</sub>: At least one median is different

Method	DF	H-Value	P-Value
Not adjusted for ties	2	1.25	0.536
Adjusted for ties	2	1.25	0.536

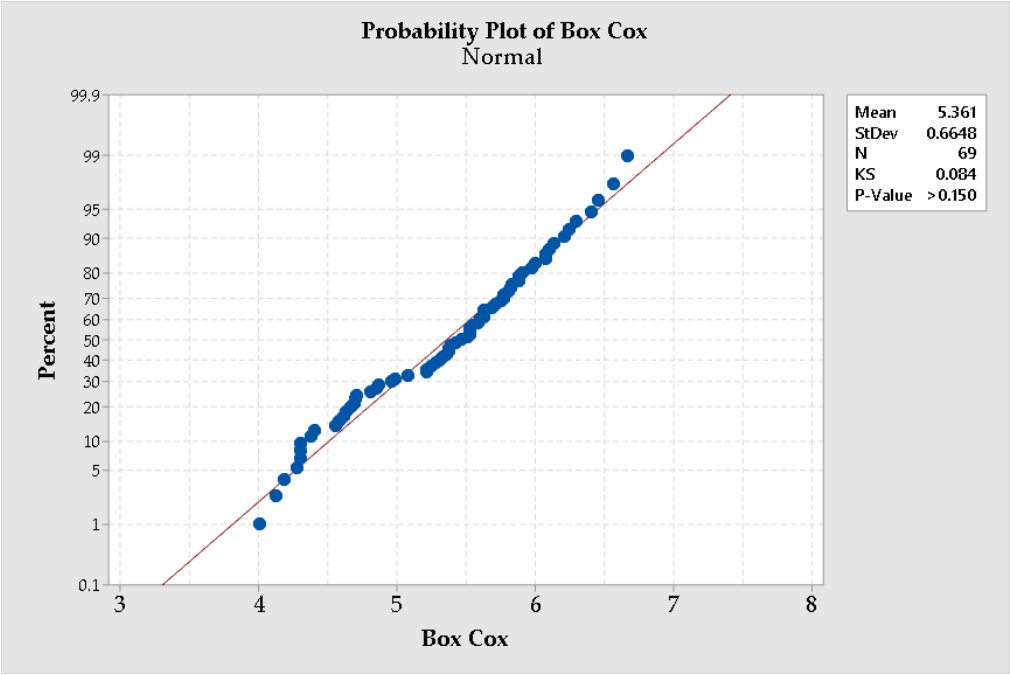
Anexo H.5 - Teste Kruskal-Wallis - Outra Carga



Anexo H.6 - Normalidade - Dados originais de Outra Carga



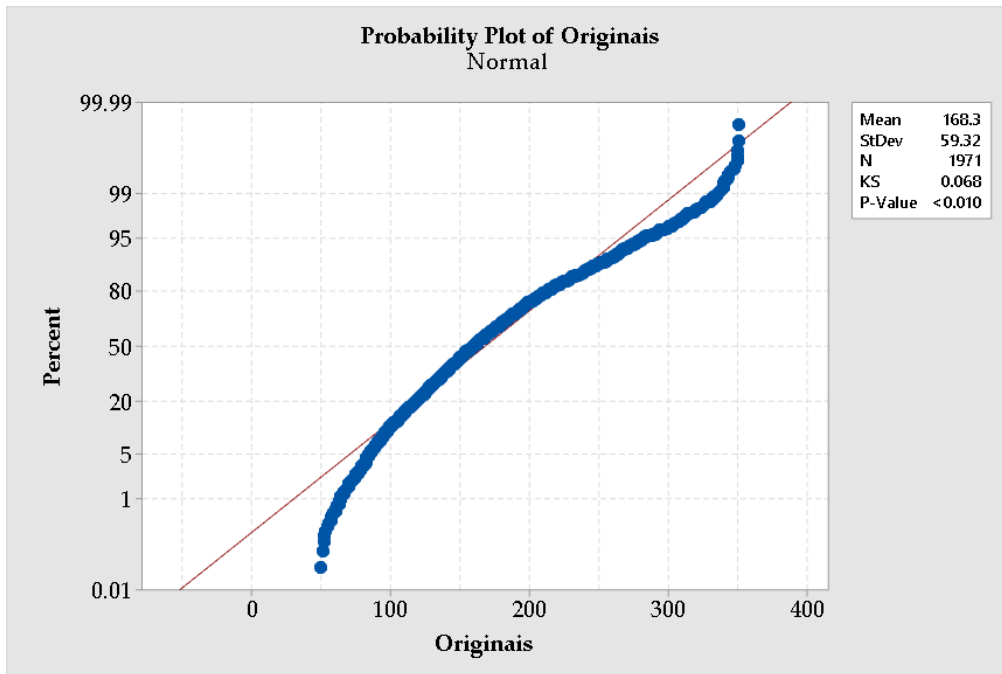
Anexo H.7 - Transformação Box-Cox - Outra Carga



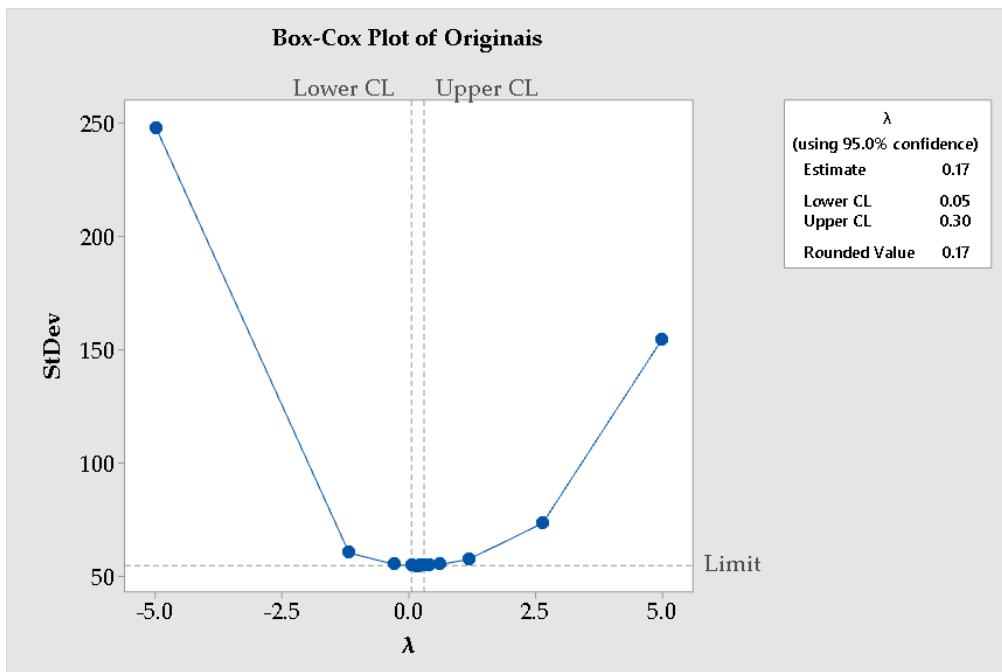
Anexo H.8 - Normalidade - Outra Carga após transformação Box-Cox

## Anexo I Análise do tempo de descarga do navio A1

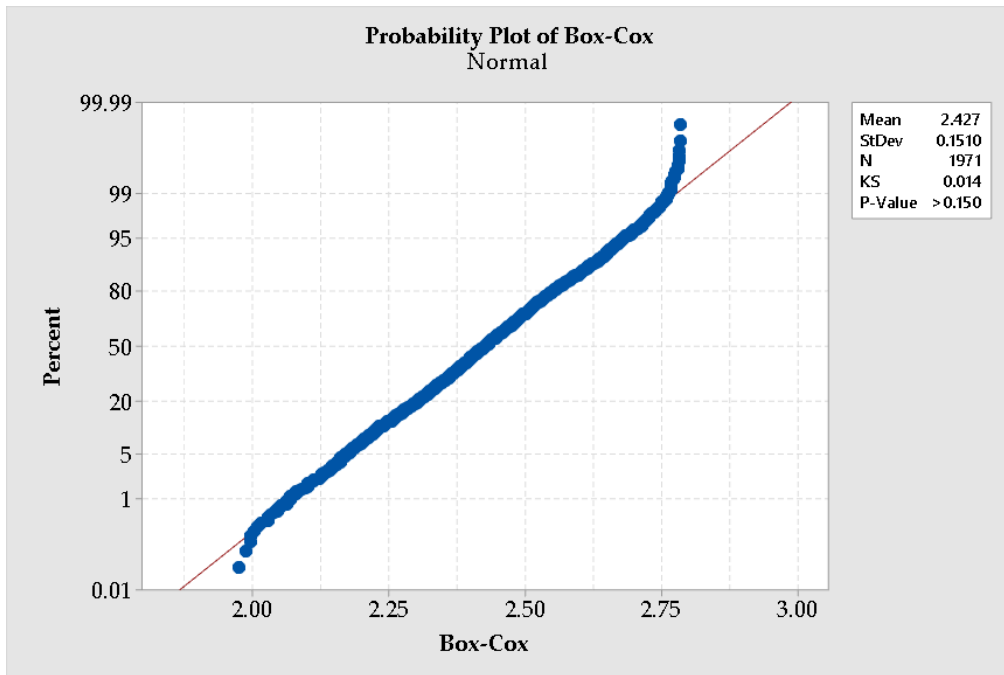
### Contentores



Anexo I.1 - Normalidade - Contentores do navio A1

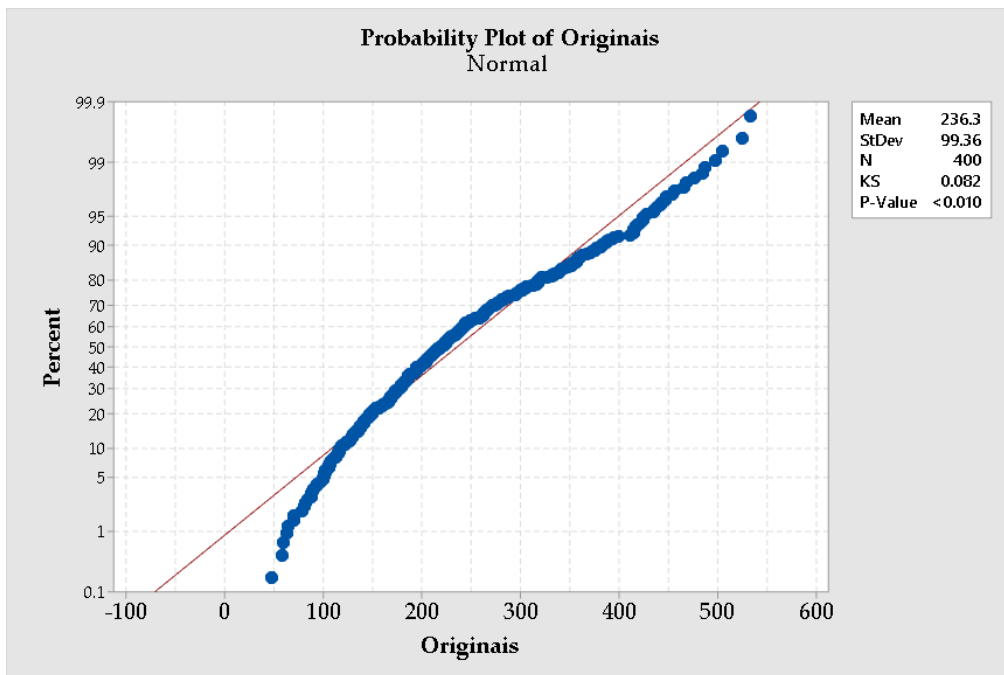


Anexo I.2 - Transformação Box-Cox - Contentores do navio A1

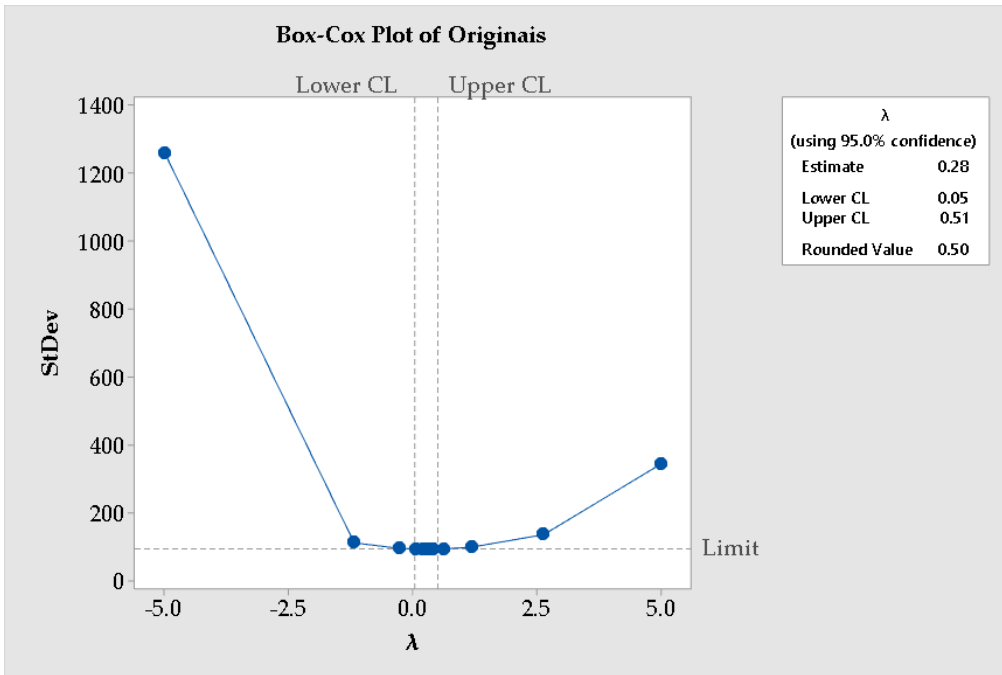


Anexo I.3 - Normalidade - Contenedores do navio A1 após transformação Box-Cox

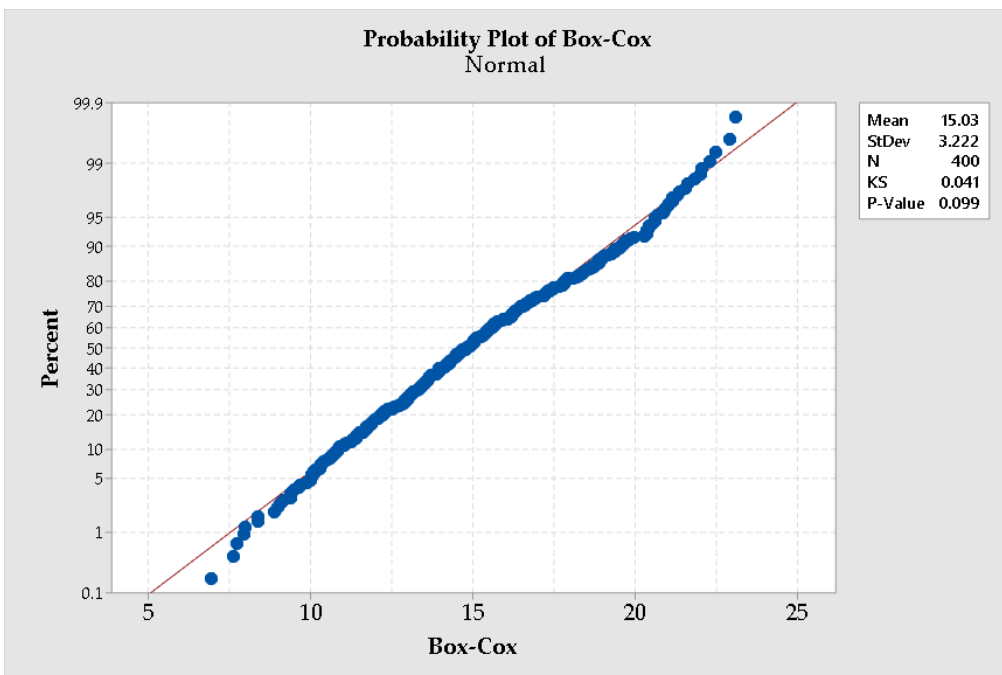
### Viaturas



Anexo I.4 - Normalidade - Viaturas do navio A1



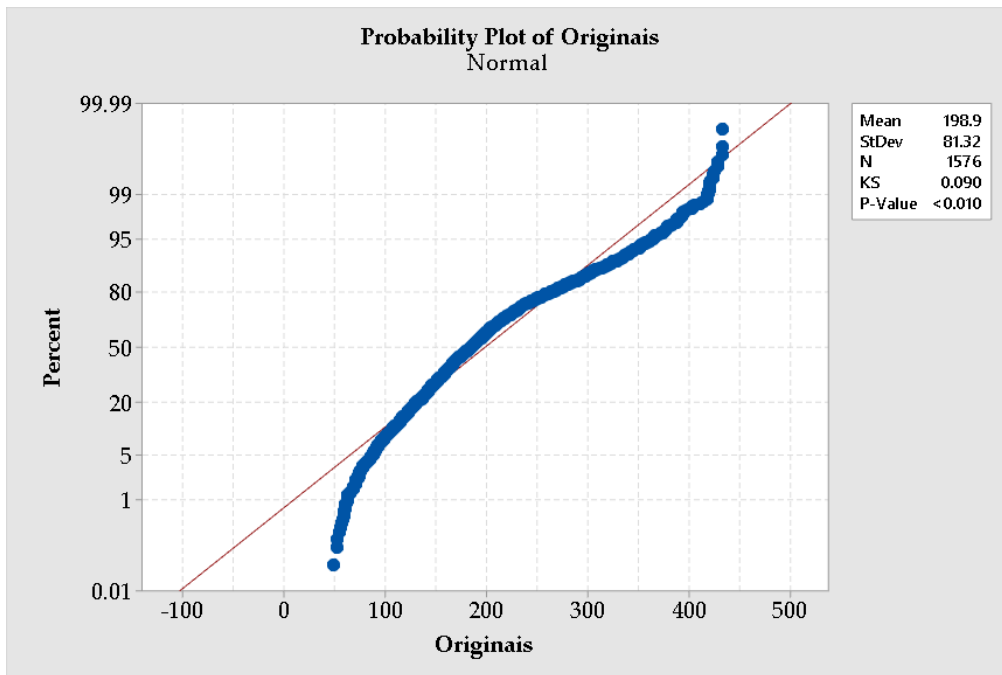
Anexo I.5 - Transformação Box-Cox - Viaturas do navio A1



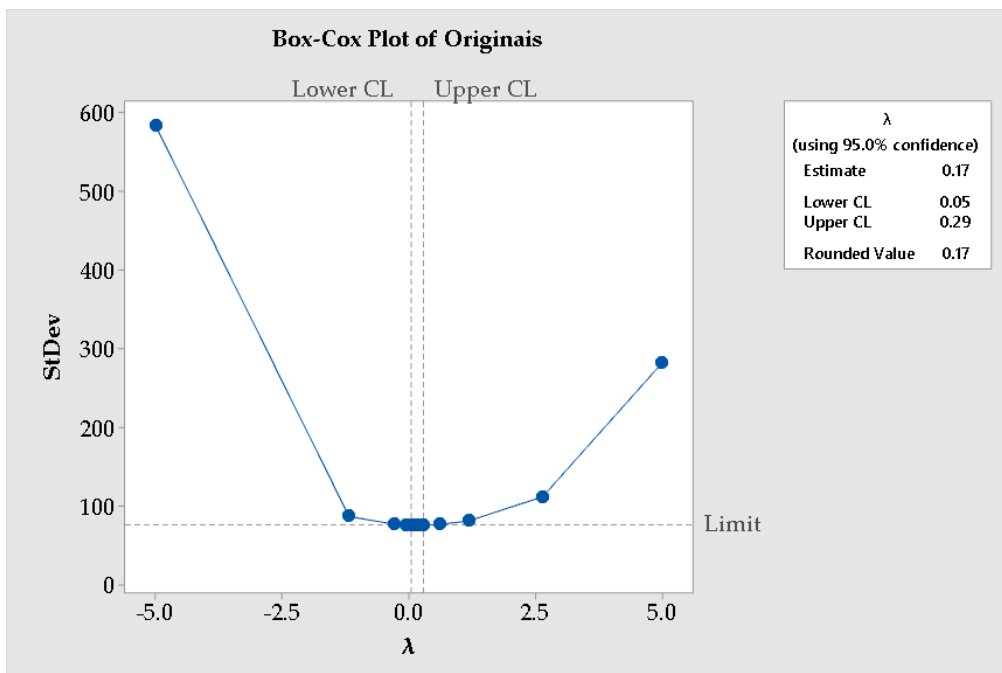
Anexo I.6 - Normalidade - Viaturas do navio A1 após transformação Box-Cox

## Anexo J Análise do tempo de descarga do navio B1

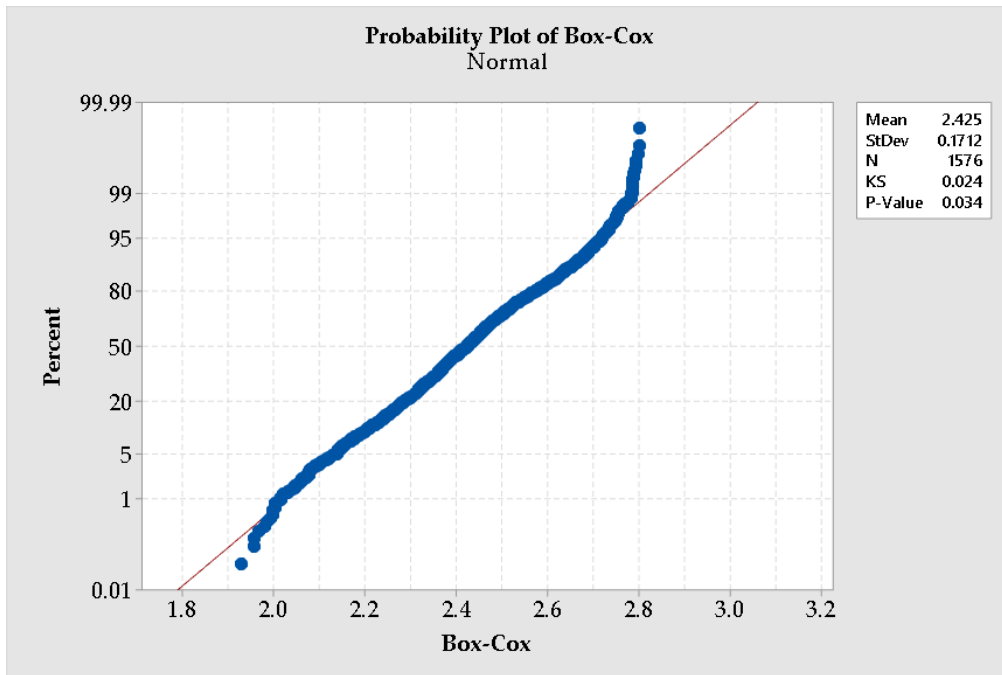
### Contentores



Anexo J.1 - Normalidade - Contentores do navio B1

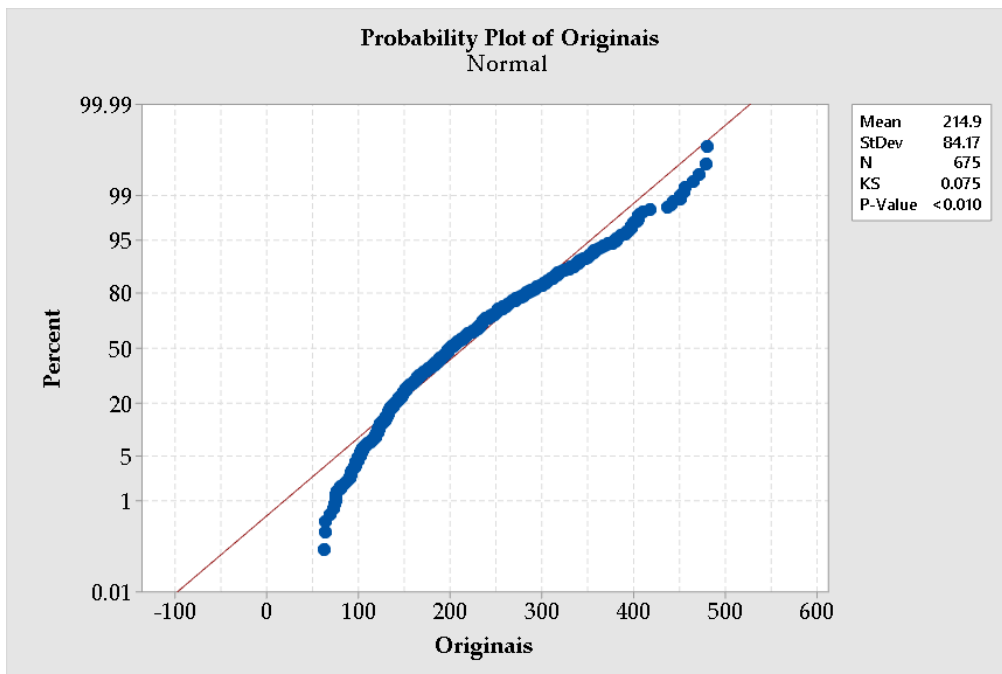


Anexo J.2 - Transformação Box-Cox - Contentores do navio B1

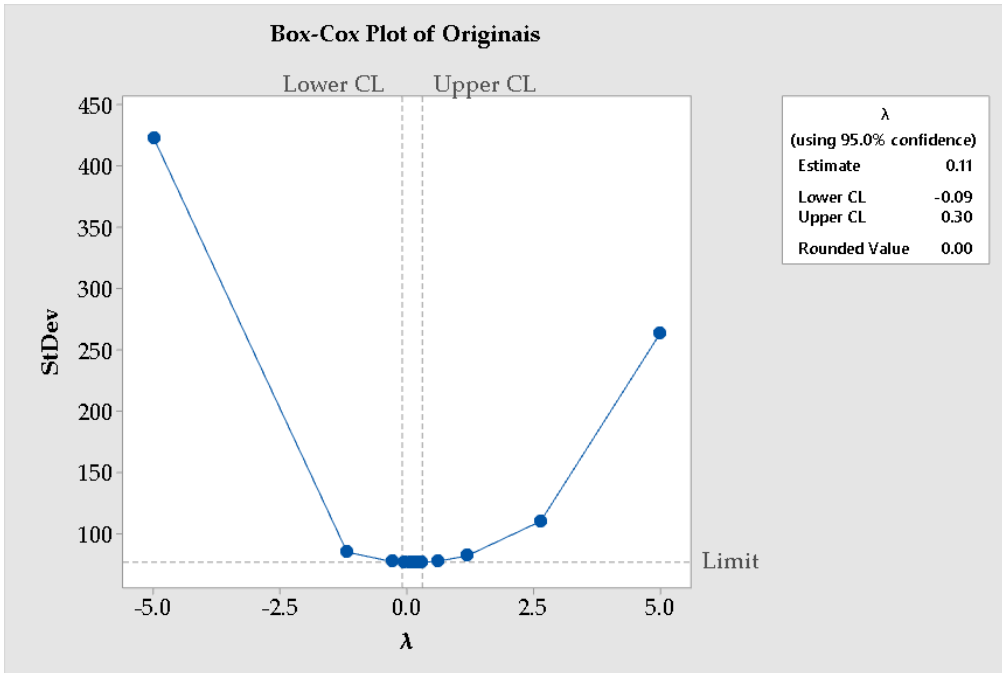


Anexo J.3 - Normalidade - Contentores do navio B1 após transformação Box-Cox

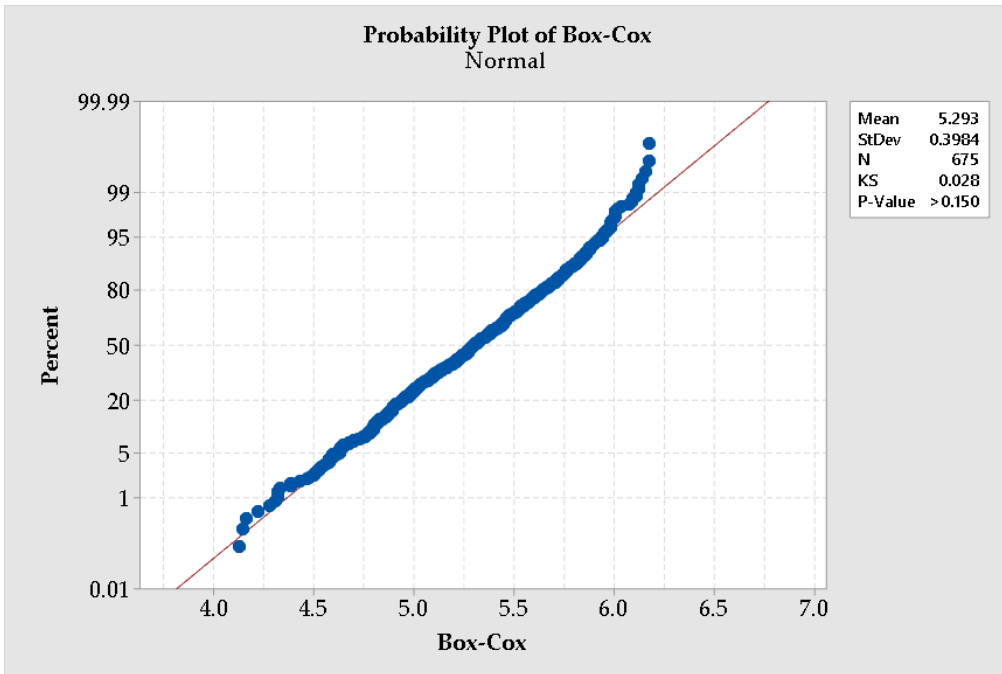
## Viaturas



Anexo J.4 - Normalidade - Viaturas do navio B1



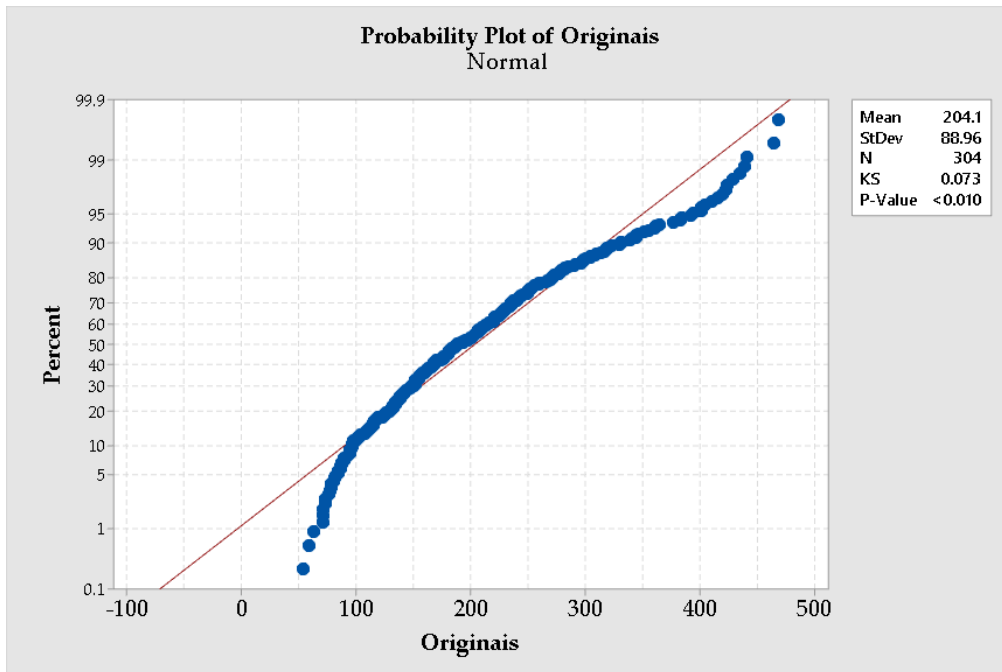
Anexo J.5 - Transformação Box-Cox - Viaturas do navio B1



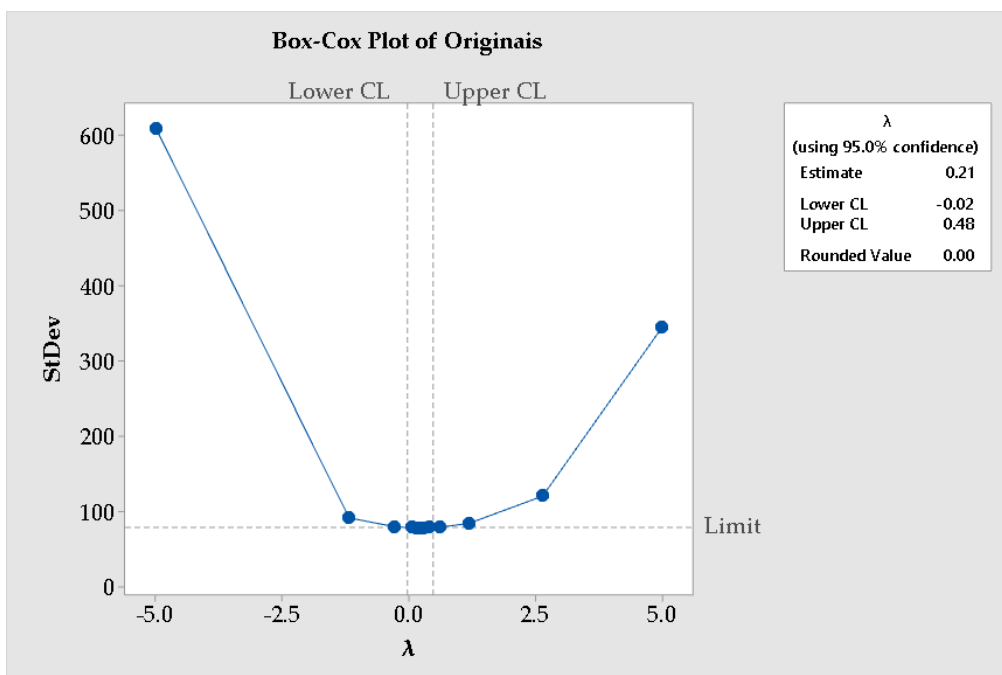
Anexo J.6 - Normalidade - Viaturas do navio B1 após transformação Box-Cox

## Anexo K Análise do tempo de descarga do navio A2

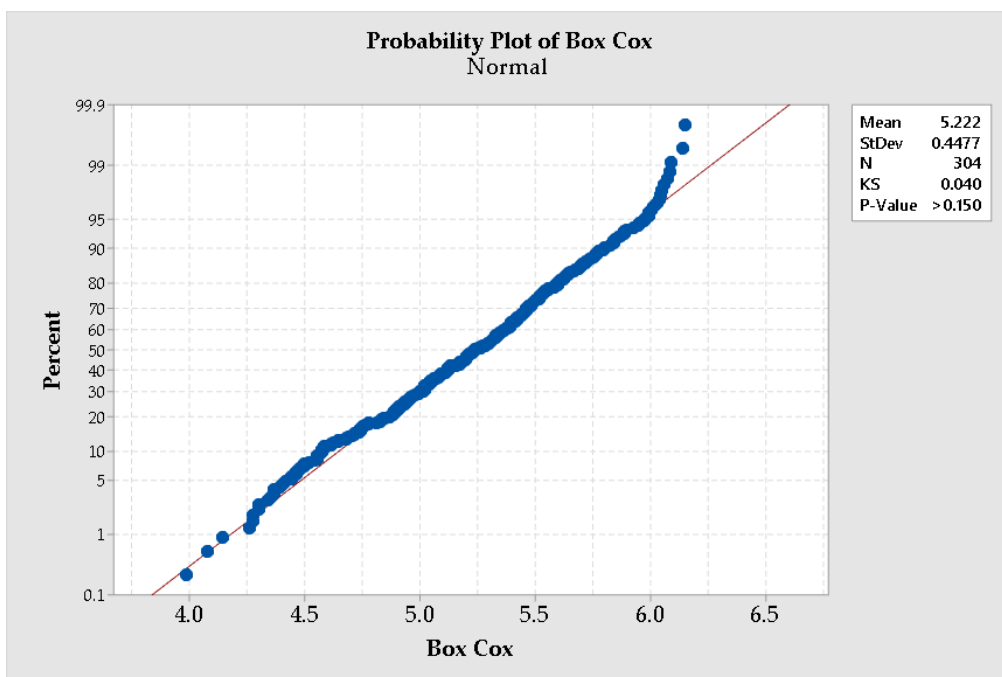
### Viaturas



Anexo K.1 - Normalidade - Viaturas do navio A2

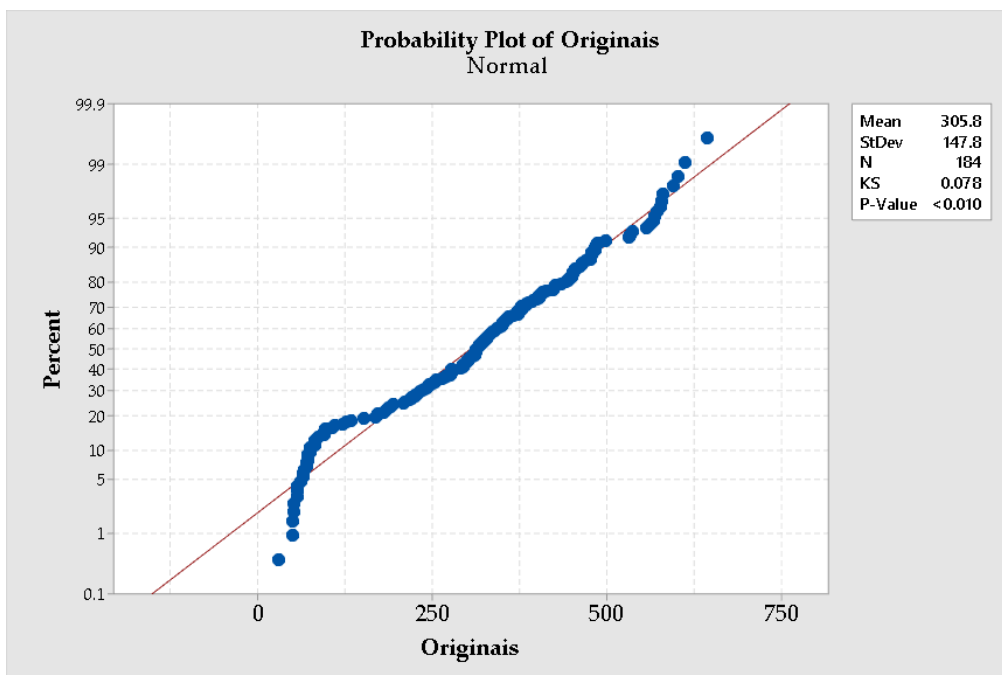


Anexo K.2 - Transformação Box-Cox - Viaturas do navio A2

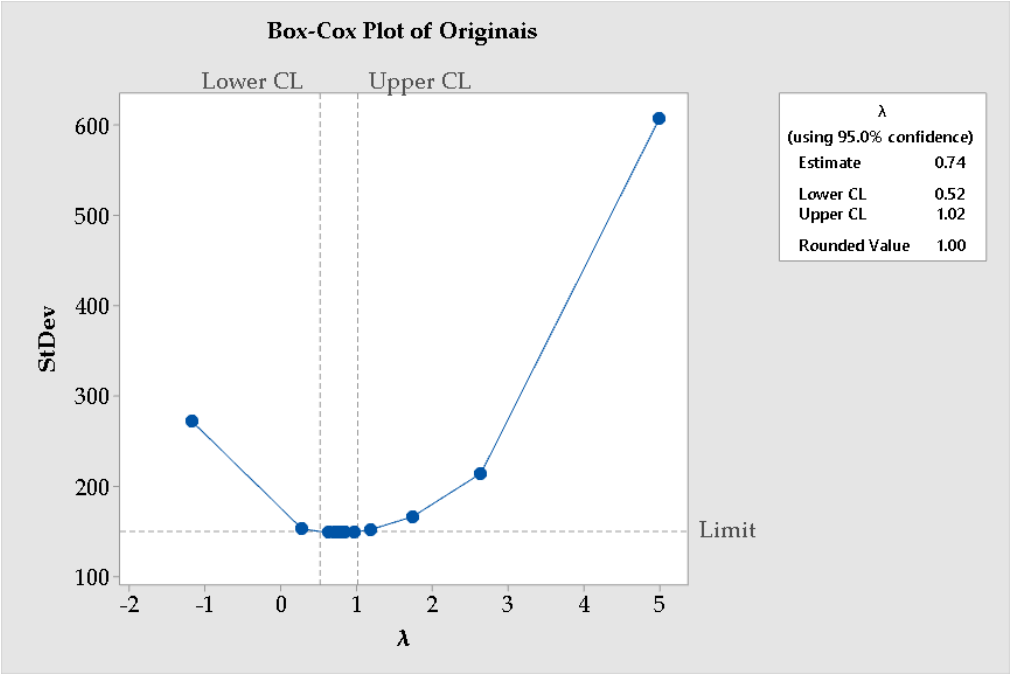


Anexo K.3 - Normalidade - Viaturas do navio A2 após transformação Box-Cox

### Carga Convencional



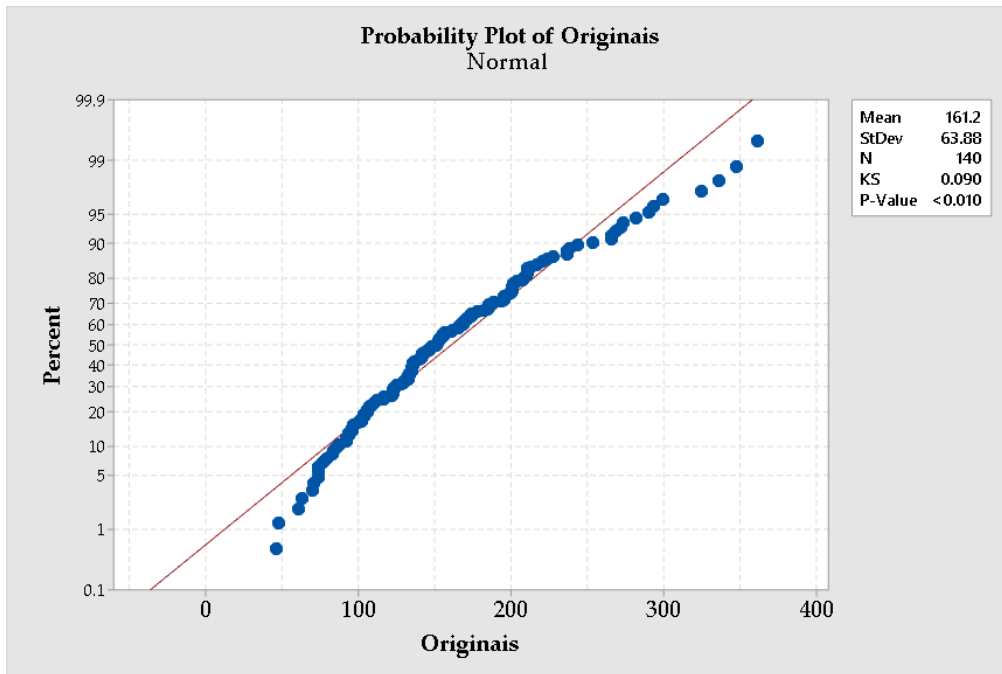
Anexo K.4 - Normalidade - Carga Convencional do navio A2



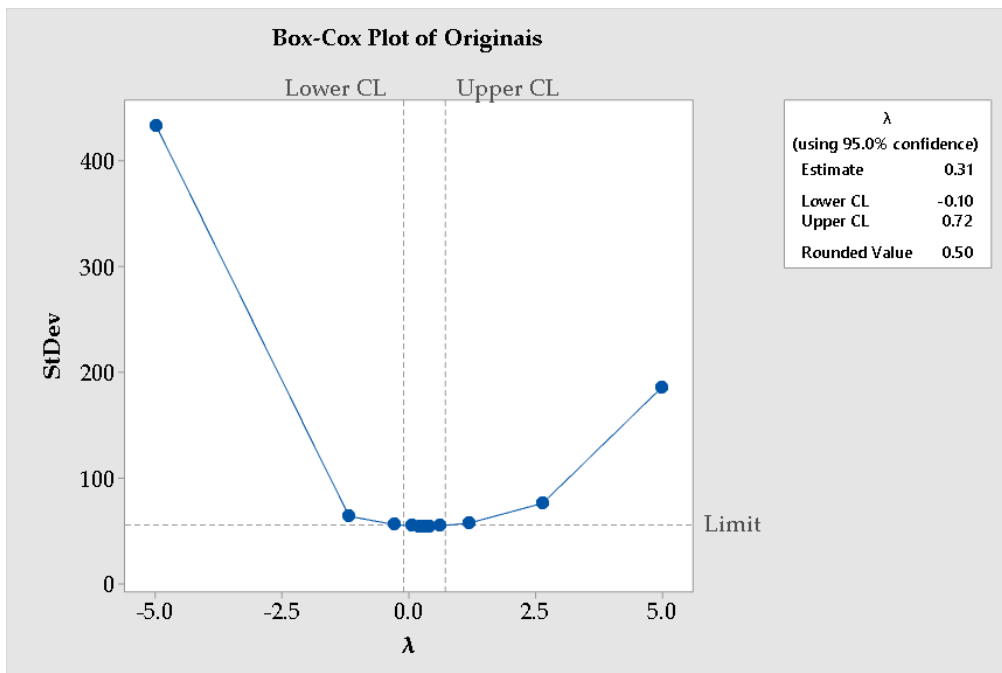
Anexo K.5 - Transformação Box-Cox - Carga Convencional do navio A2

## Anexo L Análise do tempo de descarga do navio B2

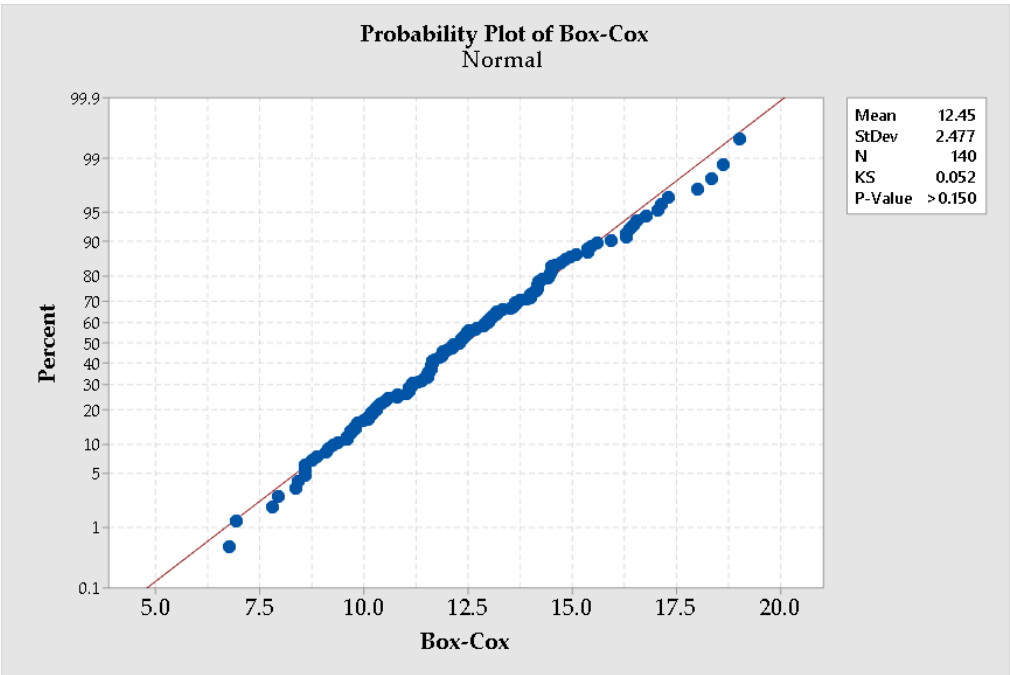
### Contentores



Anexo L.1 - Normalidade - Contentores do navio B2



Anexo L.2 - Transformação Box-Cox - Contentores do navio B2



Anexo L.3 - Normalidade - Contentores do navio B2 após transformação Box-Cox





