

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL

GIOVANNA SPADA REDIVO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA A CRIAÇÃO DO PLANO
DE LINHAS DE EMBARCAÇÕES DESLOCANTES:
APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SÉRIES SISTEMÁTICAS E CURVAS
PARAMÉTRICAS**

Joinville

2019

GIOVANNA SPADA REDIVO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA A CRIAÇÃO DO PLANO
DE LINHAS DE EMBARCAÇÕES DESLOCANTES:
APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SÉRIES SISTEMÁTICAS E CURVAS
PARAMÉTRICAS**

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Naval do Centro
Tecnológico de Joinville da Universidade
Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Thiago Pontin Tancredi.

Joinville

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser o alicerce durante esta caminhada.

Aos meus pais, Argel Redivo e Zelair Therezinha Spada Redivo, pelo apoio, amor, confiança e ensinamentos. Ao meu grande irmão, Juliano Spada Redivo, e à toda minha família.

Ao meu namorado, Guilherme Santos Moraes, pela dedicação, amor, companheirismo e, principalmente, paciência.

Aos amigos que marcaram estes anos de faculdade, Bianca Gabardo, Maria Eugênia Reinke, Gabriela Garcia, Abigail Giovanoni, Bárbara Marcucci Sansonio, por suas amizades valiosas; Jully Giacomini, Ana Carolina Garcia, Andrei Kneipp, Monique Ellen, por formar uma grande equipe de trabalho e por deixar mais leves os semestres mais difíceis; assim como à todos do time Triplo X.

Aos amigos que conheci durante o intercâmbio, Marina Lopes, Aurélio Busnardo, Luis Filipe Cardoso, Marlon Batistella, Stela Barbosa, Felipe Maranzatto, Nicolas Bartolote, Renan Parisi, André Niquini, Yan Andrade, por compartilharem comigo desta fase.

Aos professores do curso de Engenharia Naval da UFSC – CTJ, Thiago Pontin Tancredi, Luis Fernando Peres Calil, André Luís Condino Fugarra, Lucas Weihmann, Ricardo Aurélio Quinhões Pinto, por suas aulas, pela sua dedicação e por darem uma identidade incrível ao nosso curso.

À equipe da Azimut Yachts que me concedeu uma oportunidade de estágio, engrandecendo minhas experiências no setor náutico.

A todos eles, minha admiração e meu agradecimento.

RESUMO

Dentre os métodos para a obtenção da geometria de cascos de navios deslocantes pode-se destacar as Séries Sistemáticas e as Curvas Paramétricas. Ambas as técnicas visam criar uma nuvem de pontos que, uma vez interpolados, descrevem a superfície do casco de uma embarcação. Tais técnicas têm como parâmetros de entrada as características associadas ao projeto conceitual do navio, tais como as dimensões principais e os coeficientes de forma do casco. Tendo em vista que ferramentas computacionais auxiliam e aceleram a criação de novos cascos, este trabalho descreve o desenvolvimento de uma ferramenta que automatiza o processo descrito pela Série 60, bem como permite a aplicação de uma versão preliminar da técnica de Curvas Paramétricas. Para estes desenvolvimentos, utilizou-se o programa Excel juntamente com seu recurso VBA. Considerando a ferramenta da Série 60, empregou-se três possíveis métodos para o ajuste do bojo da embarcação. Como resultado deste trabalho apresenta-se uma ferramenta de fácil utilização, transparente ao usuário, robusta e eficiente para o desenho de cascos de navios deslocantes. Tal ferramenta foi verificada e validada utilizando o programa Series como referência, considerando-se o desenvolvimento de 4 estudos de casos. A ferramenta das Curvas Paramétricas ainda pode retornar resultados incoerentes para algumas combinações de variáveis, mas os resultados iniciais são bastante promissores e motivam o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Plano de linhas. Série 60. Curvas Paramétricas. Cascos deslocantes. Ferramenta computacional.

ABSTRACT

Systematic Series and Parametric Curves are methods used to obtain the hull form of merchant ships, which can be highlighted among the others used for the same purpose. Both methods can create a point cloud that, when its points are interpolated, can describe the corresponding surface of a hull. These techniques require some input parameters related to the concept project of a ship, such as the main dimensions and forms coefficients. Considering that computer software help and accelerate the creation of new hulls, this work consists on the development of a computational tool that automates the procedure described by Series 60, and also implements an early version of the Parametric Curves. For this purpose, Microsoft Excel and its VBA were used to develop the program. Three different methods were applied in the Series 60 tool for the bilge radius adjustment. Furthermore, the result of this study provides a simple, yet efficient, program to obtain hull forms of merchant ships. Its verification and validation were based on a case study of 4 distinct ships, created by the software Series. Lastly, the Parametric Curves program can still return inconsistent results for some parameters combinations. However, the obtained results in this early stage were relevant enough to raise the importance of future work.

Keywords: Lines Plan. Series 60. Parametric Curves. Merchant ships. Program.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas do projeto naval	14
Figura 2 – Projeções do casco para geração do plano de linhas.....	16
Figura 3 – Representação do coeficiente de bloco	21
Figura 4 – CB para diferentes tipos de navios.....	22
Figura 5 – Representação do coeficiente da área de flutuação.....	22
Figura 6 – Representação do coeficiente prismático	23
Figura 7 – Representação do coeficiente vertical prismático	24
Figura 8 – Representação do coeficiente da seção mestra.....	24
Figura 9 – Regiões de um navio	25
Figura 10 – Exemplo do plano de linhas	26
Figura 11 – Ilustração do plano de balizas	26
Figura 12 – Ilustração do plano de linhas d'água.....	27
Figura 13 – Ilustração do plano de perfil.....	27
Figura 14 – Variação de parâmetros para os modelos mães da Série 60.....	30
Figura 15 – Variação típica de L/B e B/H para um determinado CB	30
Figura 16 – Metodologia aplicada neste trabalho.....	31
Figura 17 – Função PROJ.LIN do Excel.....	32
Figura 18 – Exemplo da função PROJ.LIN para uma equação de grau 1 a 6	33
Figura 19 – Fluxograma do desenvolvimento da ferramenta da Série 60	36
Figura 20 – Sobreposição da curva gerada e do gráfico da Série 60.....	38
Figura 21 – Fluxograma referente à utilização dos gráficos da Série 60	40
Figura 22 – Variáveis de entrada.....	41
Figura 23 – Tela de aviso gerada por valores fora dos intervalos da Série 60	41
Figura 24 – Tela de aviso sobre a continuidade do programa.....	42
Figura 25 – Tela de aviso da geração do arquivo .txt.....	42
Figura 26 – Variação de CX , CP , KR e LX/LBP com CB	43
Figura 27 – Variação de $12\alpha E$, LX/LBP e LE/LBP com CB	44
Figura 28 – Resultados gerados pelas curvas $LXLBP$ de diferentes gráficos.....	45
Figura 29 – Razão de $LELBP$ para diferentes valores de CB e posições LCB	46
Figura 30 – Razão de $CPECPR$ para diferentes valores de CB e posições LCB	46
Figura 31 – Curvas dos coeficientes da área seccional do corpo de vante.....	48
Figura 32 – Curvas dos coeficientes de área seccional do corpo de ré	49

Figura 33 – Coeficientes SAC para cada baliza	50
Figura 34 – SAC em termos de fração de Am	51
Figura 35 – Contornos de popa e proa da Série 60.....	53
Figura 36 – Transcrição das distâncias dos contornos de popa e proa	53
Figura 37 – Verificação das raízes de CB	56
Figura 38 – Resultados de cálculo para o Raio de Bojo	57
Figura 39 – Curva Kr	58
Figura 40 – Ilustração do Raio de Bojo	60
Figura 41 – Método de aquisição de pontos do Raio de Bojo.....	61
Figura 42 – Baliza sem ajuste do Raio de Bojo e da diferença entre áreas	64
Figura 43 – Baliza com diferença entre áreas nula e Raio de Bojo apropriado	65
Figura 44 – Raio de Bojo a partir do Método Áreas Seccionais	66
Figura 45 – Balizas do navio <i>Schuyler Otis Bland</i> pelo Método Áreas Seccionais	67
Figura 46 – Criação de curvas a partir da nuvem de pontos anterior	67
Figura 47 – Balizas 6 e 7 localizadas no corpo de ré	68
Figura 48 – Balizas 8 e 9 localizadas no corpo de ré	69
Figura 49 – Balizas 10 e 11 localizadas no corpo de ré	69
Figura 50 – Balizas 13 e 14 localizadas no corpo de vante.....	70
Figura 51 – Balizas 15 e 16 localizadas no corpo de vante.....	70
Figura 52 – Balizas 17 e 18 localizadas no corpo de vante.....	71
Figura 53 – Fluxograma da ferramenta	71
Figura 54 – Resultados do volume e centróide da SAC	74
Figura 55 – Resultados da verificação.....	75
Figura 56 – Exemplo da curva gerada para o cálculo da área seccional da baliza modelada ..	76
Figura 57 – Áreas dos diferentes métodos e seus respectivos erros comparados à SAC.....	78
Figura 58 – Navios selecionados	79
Figura 59 – Navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60).....	81
Figura 60 – Navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60).....	82
Figura 61 – Navio APL TEMASEK.....	83
Figura 62 – Navio APL TEMASEK.....	84
Figura 63 – Navio CAP INES	85
Figura 64 – Navio CAP INES	86
Figura 65 – Navio SEASMILE	87
Figura 66 – Navio SEASMILE	88

Figura 67 – Fluxograma do desenvolvimento da ferramenta das Curvas Paramétricas.....	90
Figura 68 – Dados de entrada utilizados na ferramenta	91
Figura 69 – SAC para o navio de análise	92
Figura 70 – Valores da curva SAC e restrições de projeto.....	93
Figura 71 – Valores da curva de linha d’água e restrições de projeto.....	94
Figura 72 – Curva de área de linha d’água para o navio de análise	95
Figura 73 – Curva da quilha do navio de análise	95
Figura 74 – Valores da curva da quilha.....	95
Figura 75 – Curva $C(x)$ do navio de análise	96
Figura 76 – Balizas e seus respectivos valores $A(x)$, $B(x)$, $z(x)$ e $C(x)$	97
Figura 77 – Exemplo de baliza bojuda do navio de análise	98
Figura 78 – Valores e restrições de projeto para uma baliza bojuda.....	99
Figura 79 – Exemplo de casco anômalo	99
Figura 80 – Exemplo de baliza quadrática localizada na proa do navio de exemplo.....	100
Figura 81 – Dados e restrições de projeto para uma baliza quadrática	100

LISTA DE SÍMBOLOS

α_E	Ângulo de entrada para o corpo de vante	(°)
A_M	Área da secção mestra	(m ²)
A_X	Área seccional de uma baliza	(m ²)
B	Boca	(m)
H	Calado	(m)
C_{WP}	Coeficiente da área de flutuação	
C_B	Coeficiente de bloco	
K_r	Coeficiente de raio de bojo	
C_X	Coeficiente de secção	
C_M	Coeficiente de secção mestra	
C_P	Coeficiente prismático	
C_{PR}	Coeficiente prismático do corpo de ré	
C_{PE}	Coeficiente prismático do corpo de vante	
C_{VP}	Coeficiente vertical prismático	
L_{oa}	Comprimento de roda a roda	(m)
L_R	Comprimento do corpo de ré	(m)
L_E	Comprimento do corpo de vante	(m)
L_X	Comprimento do corpo médio paralelo	(m)
L_{WL}	Comprimento na flutuação	(m)
L	Comprimento na linha d'água	(m)
CMP	Corpo médio paralelo	
SAC	Curva de área seccional (<i>Seccional Area Curve</i>)	
Δ	Deslocamento	(tons)
WL	Linha d'água (<i>Waterline</i>)	
DWL	Linha d'água de projeto (<i>Designed waterline</i>)	
BL	Linha de base (Baseline)	
CL	Linha de centro (Centerline)	
m	Massa	(kg)
ρ_{SW}	Massa específica da água salgada	(kg/m ³)
HB	Meia boca (<i>Half-breadth</i>)	(m)
F_n	Número de Froude	
AP	Perpendicular à ré	

FP	Perpendicular à vante	
D	Pontal	(m)
LCB	Posição longitudinal do centro de carena (<i>Longitudinal Center of Buoyancy</i>)	(m)
LCF	Posição longitudinal do centro de flutuação (<i>Longitudinal Center of Flotation</i>)	(m)
SM	Secção mestra	
VBA	Visual Basic for Applications	
V	Volume	(m ³)
∇	Volume deslocado	(m ³)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVO.....	17
1.1.1 Objetivo Geral.....	17
1.1.2 Objetivos Específicos.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 DIMENSÕES PRINCIPAIS	19
2.2 COEFICIENTES DE FORMA	21
2.2.1 Coeficiente de bloco (CB):.....	21
2.2.2 Coeficiente da área de flutuação (CWP):.....	22
2.2.3 Coeficiente prismático (CP):.....	23
2.2.4 Coeficiente vertical prismático (CVP):.....	23
2.2.5 Coeficiente da seção mestra (CM):.....	24
2.3 CORPO DE RÉ, CORPO MÉDIO PARALELO E CORPO DE VANTE	25
2.4 PLANOS DE LINHAS	26
2.5 CURVAS PARAMÉTRICAS.....	28
2.6 SÉRIES SISTEMÁTICAS	29
3 METODOLOGIA: TÉCNICAS E FERRAMENTAS	31
3.1 EXCEL	32
3.1.1 Função PROJ.LIN.....	32
3.1.2 Coeficiente de Determinação R^2	33
3.1.3 Visual Basic for Applications (VBA).....	33
3.2 SERIES.....	34
3.3 RHINOCEROS	34
3.4 VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO	34
4 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DA SÉRIE 60.....	36
4.1 TRANSCRIÇÃO DOS GRÁFICOS DE FORMA DA SÉRIE 60.....	37

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DA SÉRIE 60	39
4.2.1 Aquisição de parâmetros	41
4.2.2 Curva de área seccional (SAC)	48
4.2.3 Gráficos dos coeficientes de meia boca para diferentes linhas d'água	51
4.2.4 Gráfico dos contornos de popa e proa.....	52
4.2.5 Raios de bojo.....	54
4.2.6 Nuvem de pontos da Série 60.....	66
4.2.7 Balizas da Série 60	67
4.3 VERIFICAÇÃO	71
4.4 VALIDAÇÃO	79
5 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA CURVAS PARAMÉTRICAS	89
5.1 CURVA DE ÁREA SECCIONAL (SAC).....	92
5.2 CURVA DE LINHA D'ÁGUA	94
5.3 CURVA DA QUILHA	95
5.4 CURVA $C(x)$	96
5.5 BALIZAS	96
5.5.1 Baliza Bojuda	98
5.5.2 Baliza Quadrática	99
5.6 NUVEM DE PONTOS	100
6 CONCLUSÃO.....	101
REFERÊNCIAS	103
APÊNDICE A – TRANSCRIÇÃO DOS GRÁFICOS DE FORMA DA SÉRIE 60 E GERAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE SUAS RESPECTIVAS CURVAS.....	105
APÊNDICE B – ESPECIFICAÇÕES DA CURVA Kr	129
APÊNDICE C – CURVATURA DO BOJO NO MÉTODO Kr	130
APÊNDICE D – CÁLCULOS DAS ÁREAS REAIS DE BALIZAS PELO MÉTODO DO TRAPÉZIO	131
APÊNDICE E – BALIZAS DO MÉTODO ÁREAS SECCIONAIS	135

APÊNDICE F – PROGRAMA SERIES.....	147
APÊNDICE G – TABELA DE ERROS ENTRE AS COTAS GERADAS PELO PROGRAMA SERIES E PELA FERRAMENTA.....	150
ANEXO A – DADOS PRINCIPAIS DO NAVIO DE EXEMPLO DA SÉRIE 60.....	162
ANEXO B – GRÁFICOS DE FORMA DA SÉRIE 60	163

1 INTRODUÇÃO

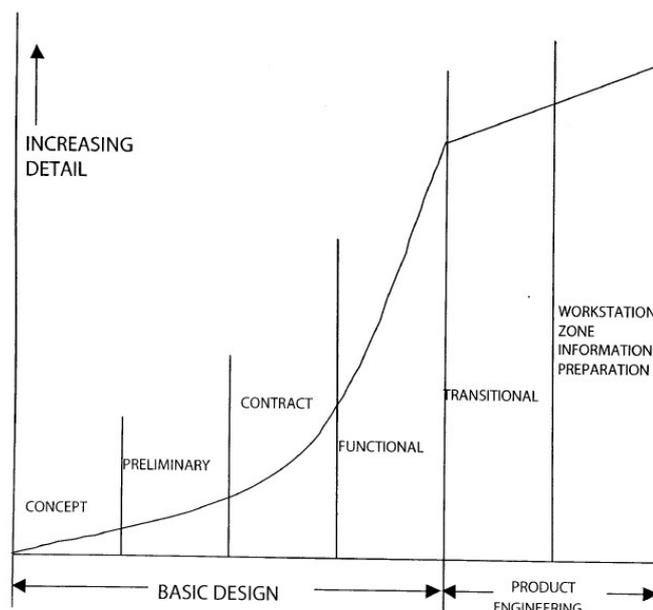
O projeto de embarcações é uma tarefa complexa composta de diversas etapas, as quais objetivam satisfazer as necessidades de operação do armador, além de atender à diversas normas associadas à segurança e ao meio ambiente. Concomitantemente, o projeto naval inclui a busca pela melhor relação de custo benefício da embarcação, visando atender aos requisitos de projeto com o menor custo de construção e/ou operação possível.

É justamente o fator eficiência que, no cenário competitivo atual, desafia arquitetos e projetistas navais.

Assim, em se tratando de uma atividade complexa, é comum separar o projeto de um navio em diversas fases. Embora não exista consenso, usualmente divide-se o projeto em quatro fases: projeto conceitual, projeto preliminar, projeto contratual e projeto funcional, tal como proposto por Gale (2003).

Ao longo de cada fase, o nível de detalhamento (e de análise) da solução aumenta (Figura 1), passando de uma solução conceitual descrita por poucos parâmetros até o projeto funcional; o qual contém uma descrição completa do projeto que permite a efetiva construção da embarcação.

Figura 1 – Etapas do projeto naval



Fonte: Lamb (2003)

Uma descrição mais aprofundada sobre a elaboração do projeto, bem como as diversas metodologias aplicáveis, foge ao escopo deste trabalho. O leitor interessado pode encontrar farta discussão em Moraes (2017).

Entre as etapas do projeto naval, destaca-se a definição da geometria da embarcação, também conhecida como desenho do casco. Aspectos como estabilidade, comportamento no mar, eficiência propulsiva, arranjo geral e estética são diretamente influenciados pela forma do casco da embarcação. Segundo Gillmer e Johnson (1982, p. 37), “considerando as complexidades e exigências dos vários sistemas e subsistemas dentro de um navio, não há aspecto mais importante para uma embarcação que a configuração de sua geometria”.

Desta forma, a criação e modelagem geométrica do casco é fundamental para o desempenho da embarcação, sendo justamente este o ponto focal do presente trabalho.

Tradicionalmente, a representação da geometria do casco é realizada a partir de vistas bidimensionais, chamadas de plano de linhas. Conforme mostrado na Figura 2, essa representação contempla três vistas: a superior, a frontal e a lateral, conhecidas respectivamente como plano de linhas d’água, plano de balizas, e plano de alto (LEWIS, 1988).

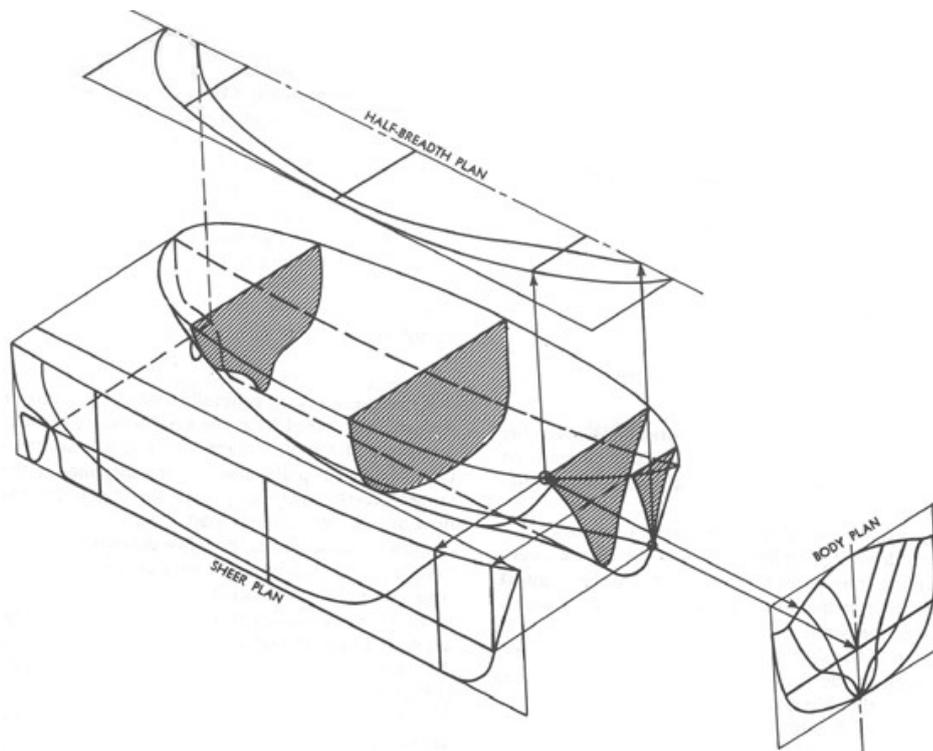
Além do plano de linhas, a geometria de um casco costuma ser representada por uma tabela de cotas, cujos pontos descrevem posições localizadas no espaço tridimensional. Estas cotas geram uma nuvem de pontos que, quando conectados, determinam o próprio plano de linhas da embarcação.

É interessante observar que a construção de embarcações antecede aquilo que se entende hoje por engenharia. Assim, durante séculos, projetistas desenhavam o casco intuitivamente, buscando em anos de experiência as formas mais suaves e eficientes. Nesses casos, a tabela de cotas era extraída *a posteriori*.

No entanto, o desenvolvimento computacional ocorrido em anos recentes motivou o surgimento de técnicas automatizadas para o desenho de cascos. O objetivo passou a ser não apenas visualizar tridimensionalmente as formas da embarcação, mas também buscar técnicas sistematizadas para a geração de tais formas. Nessa abordagem, modelos matemáticos propõem pontos chaves posicionados ao longo do casco, sobre os quais superfícies interpoladoras são geradas.

Entre as técnicas desenvolvidas para a geração automatizada do casco de embarcações, destacam-se, por exemplo, as Séries Sistemáticas e o método das curvas paramétricas; as quais são objetos desta pesquisa.

Figura 2 – Projeções do casco para geração do plano de linhas



Fonte: Guillmer (1982)

Ambas as técnicas abordadas neste trabalho, podem ser utilizadas de forma manual ou com o auxílio de ferramentas computacionais. Alguns exemplos de ferramentas computacionais que utilizam tais técnicas são os programas Series, Caeses e Maxsurf Modeler, cada qual tendo restrições e/ou dificuldades de utilização.

Entre as críticas mais comuns às ferramentas disponíveis, destacam-se a dificuldade e o tempo necessário para a modelagem de um casco, além da dificuldade em se obter corretamente os coeficientes de projeto almejados.

A busca por uma maior eficiência na obtenção de plano de linhas de cascos deslocantes, assim como a unificação dos métodos em apenas uma ferramenta, são objetivos que, se atingidos, geram economia de tempo no desenvolvimento de projetos.

A preocupação com o desenvolvimento e atualização de ferramentas destinadas ao projeto de embarcações é vista, por exemplo, no Departamento de Engenharia Naval na *National Technical University of Athens* na Grécia, o qual conta com uma equipe responsável por automatizar os processos de modelagem, análise, estimativa de custos, construção, operação e manutenção de navios.

No entanto, a quantidade de referências associadas ao desenho do casco de embarcações é ainda bastante escassa, abrangendo poucos trabalhos; que variam desde aplicação de Séries

Sistemáticas (TODD, 1963), passando por técnicas baseadas em Curvas Paramétricas (KRAMEL, 2016), escalonamento de cascos conhecidos (PIEPER, 2018), transformada de Lackamby (LEWIS, 1988), otimização das linhas de fluxo (PAPANIKOLAOU, 2014), entre outras.

Considerando embarcações deslocantes, e partindo da constatação de que a geração de planos de linhas de cascos é um processo extenso e demorado, observou-se a necessidade de melhorar este procedimento com a criação de uma ferramenta automatizada. Para suprir essa necessidade, este trabalho visa desenvolver a primeira versão de uma ferramenta, no programa Excel, para que diferentes geometrias de cascos sejam criadas a partir de parâmetros provenientes do projeto conceitual do navio.

Além de auxiliar no desenvolvendo do casco, a ferramenta proposta representará graficamente o plano de linhas do navio em projeto, o qual poderá ser exportado para diversos programas de modelagem 3D.

Por fim, estudos de caso serão realizados com projetos de navios já existentes para avaliar a funcionalidade e eficiência da ferramenta desenvolvida.

1.1 OBJETIVO

Dentro do contexto apresentado na introdução, propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos nos âmbitos geral e específico.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver a primeira versão de uma ferramenta para a geração do plano de linhas de embarcações deslocantes a partir dos métodos: Séries Sistemáticas e Curvas Paramétricas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Criar um programa empregando as técnicas de Séries Sistemáticas (Série 60) e Curvas Paramétricas para a obtenção da nuvem de pontos correspondentes ao plano de linhas de uma embarcação;
- b) Aplicar etapas de verificação e validação para a Série 60, empregando navios conhecidos como referência;

- c) Propor uma abordagem preliminar de Curvas Paramétricas visando uma continuação e aprimoramento da técnica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos fundamentais associados ao desenvolvimento deste trabalho.

Conforme será melhor documentado no próximo capítulo, a ferramenta desenvolvida terá interação com o usuário, sendo que esse deverá fornecer as dimensões principais e os coeficientes de forma da embarcação a ser projetada. Com base nesses dados, a ferramenta desenvolvida fornecerá, além da modelagem do casco, o plano de linhas da embarcação.

Tais conceitos são bem estabelecidos na Engenharia Naval e podem ser vistos em quaisquer livros de referência sobre o assunto. Entre as principais obras disponíveis destacam-se Lewis (1988), Watson (2002) e Fonseca (2002).

2.1 DIMENSÕES PRINCIPAIS

As dimensões principais de uma embarcação podem ser representadas pelas letras L , B , H e D , as quais representam, respectivamente, o comprimento, a boca, o calado, e o pontal de um navio.

As dimensões típicas de uma embarcação variam de acordo com o tipo e objetivo do projeto. Labes (2015) estabelece importantes correlações entre o tipo de embarcação (navios de carga, embarcações de apoio, petroleiros, graneleiros etc.) e as dimensões principais do casco.

Por fim, Labes (2015) mostra ainda como tais dimensões variaram ao longo das últimas décadas, refletindo novas tendências econômicas e tecnológicas para o projeto de embarcações deslocantes.

Portanto, a escolha das dimensões principais deve ser realizada após a definição dos requisitos de projeto, sendo que portos e canais podem ser fatores limitantes que devem ser considerados,

A definição dessas dimensões vai muito além da escolha de valores ótimos, pois um projeto leva em consideração muitos fatores que devem ser ponderados para que uma combinação de soluções adequada seja atingida.

Por exemplo, quanto mais comprido um navio em relação a sua boca, ou seja, quanto maior a relação L/B , menor será a resistência ao avanço específica do casco¹. No entanto, o

¹ Define-se “resistência ao avanço específica” como sendo a resistência ao avanço por metro cúbico deslocado pelo casco. Tal grandeza pode ser facilmente associada ao consumo de combustível, e, portanto, ao custo operacional da embarcação.

aumento da relação L/B pode dificultar a alocação da carga, bem como reduzir a estabilidade transversal e a capacidade de manobra da embarcação.

Além disso, outra característica importante em relação ao aumento do comprimento é o aumento do custo de construção, devido ao maior comprimento de carreira utilizado no estaleiro, a maior quantidade de blocos edificados, bem como o aumento na espessura de chapas e reforçadores associado ao aumento do momento fletor.

A boca do navio é outro fator fortemente influenciado pelo objetivo da embarcação. Se a velocidade é um aspecto do projeto mais importante que a quantidade de carga a ser transportada; a boca do navio tende a ser menor.

Para navios contêineres, a determinação da boca deve considerar também a quantidade de fileiras de containers requeridas, evitando espaços internos incapazes de abrigar um contêiner.

Por fim, a estabilidade transversal de uma embarcação aumenta com o quadrado do aumento da boca, estabelecendo assim, valores mínimos de boca para cada novo projeto.

Já o calado do navio é influenciado principalmente pelo seu deslocamento, variando de acordo com a quantidade de carga presente na embarcação. Porém, para a determinação do calado de projeto, considera-se o navio carregado com a carga requerida pelo projeto, bem como os consumíveis necessários ao cumprimento da rota estabelecida.

O pontal do navio está diretamente relacionado com o calado de projeto. Em geral, para navios mercantes, o pontal de um casco é definido como sendo a soma do calado de projeto com a borda livre mínima exigida por norma. A borda livre é regulamentada por normas, como por exemplo a IMO (1966), e visa reduzir a entrada de água causada pelas ondas, bem como garantir uma reserva de flutuabilidade e estabilidade para o casco.

Além das dimensões já citadas, destaca-se ainda o comprimento entre perpendiculares, L_{BP} . As perpendiculares são linhas imaginárias verticais existentes na proa e na popa da embarcação. A perpendicular de ré (popa), AP, é alinhada com o eixo vertical do leme, e a perpendicular de vante (proa), FP, é alinhada com a intersecção entre linha d'água e a proa (VAN DOKKUM, 2010). Portanto, L_{BP} representa o comprimento do navio entre estas referências.

É importante observar que se utiliza o termo “moldada” para designar uma dimensão medida no interior do casco² ao invés do padrão que é a medida de qualquer dimensão considerando-se sempre o limite externo do casco. Tal diferença só ganha importância no caso de embarcações dotadas de apêndices relevantes, cuja consideração no cálculo das dimensões

² Por exemplo: comprimento moldado, boca moldada, calado moldado etc.

distorceria o cálculo dos coeficientes de forma do casco. Destarte este trabalho utiliza sempre a dimensão medida no interior do casco, mesmo que o termo “moldada” seja suprimido em prol da concisão textual.

2.2 COEFICIENTES DE FORMA

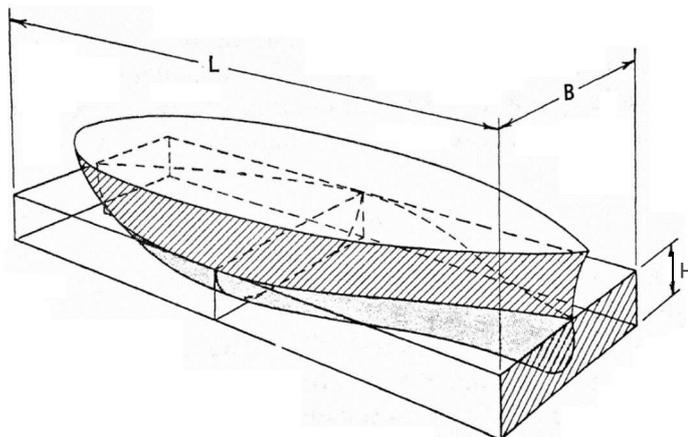
São adimensionais que exprimem a relação entre as diversas áreas e volumes submersos do casco e as áreas e volumes das figuras planas ou sólidas circunscritas. Os coeficientes de forma têm grande utilidade para o projeto do navio, pois definem a esbeltez do casco e de suas seções, estando diretamente relacionados com o desempenho da embarcação (FONSECA, 2002).

2.2.1 Coeficiente de bloco (C_B):

Consiste na razão entre o volume deslocado e o volume de um bloco obtido a partir dos valores de comprimento, boca e calado do navio, conforme a Equação 1³.

$$C_B = \frac{\nabla}{L \times B \times H} \quad (1)$$

Figura 3 – Representação do coeficiente de bloco



Fonte: Guillmer (1982)

³ Considerou-se o comprimento L como sendo L_{BP} , ao invés de L_{WL} . Valores de L_{WL} são mais difíceis de serem determinados. Apesar da pequena diferença entre ambas variáveis, os coeficientes podem sofrer alterações dependendo dessa determinação (LABES, 2015).

Na Figura 4 são exibidos valores comuns de C_B para alguns tipos de embarcações, assim como suas respectivas faixas de velocidade de operação. Observa-se uma correlação entre as velocidades e os coeficientes de bloco, onde quanto maior o C_B , menor será a velocidade de operação do navio. Como navios de elevado C_B possuem, geralmente, maiores espaços destinados à carga, sua forma será menos afilada e seu deslocamento será maior, o que reflete diretamente na diminuição das velocidades de operação.

Figura 4 – C_B para diferentes tipos de navios

Tipo de navio	Coefficiente de bloco	Velocidade aprox. do navio
Barça	0,90	5 – 10 nós
Graneleiro	0,80 – 0,85	12 – 17 nós
Petroleiro	0,80 – 0,85	12 – 16 nós
Carga geral	0,55 – 0,75	13 – 22 nós
Conteineiro	0,50 – 0,70	14 – 26 nós
Balsa (<i>Ferry boat</i>)	0,50 – 0,70	15 – 26 nós

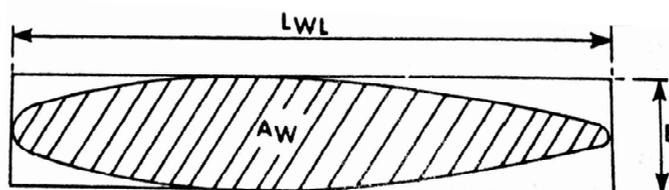
Fonte: Adaptado de Van Dokkum (2010)

2.2.2 Coeficiente da área de flutuação (C_{WP}):

Consiste na razão entre a área do plano de flutuação e a área do retângulo circunscrito a este plano, como mostrado na Equação 2. Um alto coeficiente de área de flutuação em combinação com um baixo coeficiente de bloco favorece à estabilidade longitudinal e transversal do navio (VAN DOKKUM, 2010).

$$C_{WP} = \frac{A_W}{L \times B} \quad (2)$$

Figura 5 – Representação do coeficiente da área de flutuação



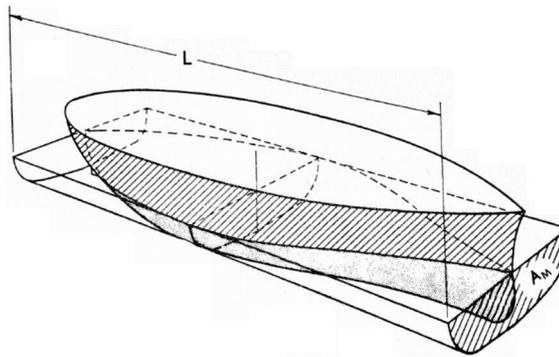
Fonte: Guillmer (1982)

2.2.3 Coeficiente prismático (C_P):

Consiste na razão entre o volume deslocado e o volume de um sólido que possui o comprimento do navio na linha d'água e uma área submersa de seção transversal da meia nau, de acordo com a Equação 3. Assim como C_B , o coeficiente prismático (C_P) influencia na capacidade de carga e resistência ao avanço específica do navio.

$$C_P = \frac{\nabla}{L \times A_x} \quad (3)$$

Figura 6 – Representação do coeficiente prismático



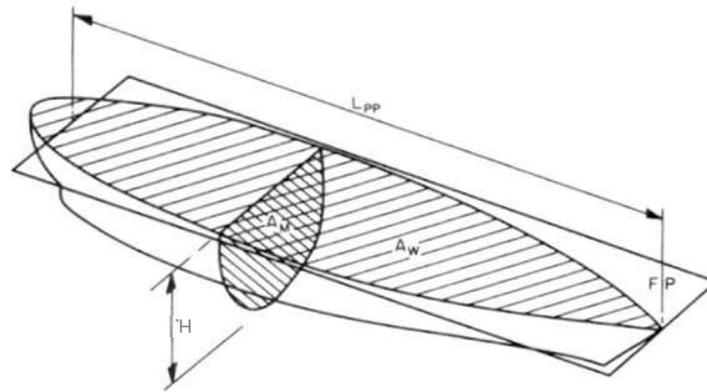
Fonte: Guillmer (1982)

2.2.4 Coeficiente vertical prismático (C_{VP}):

É semelhante ao coeficiente prismático, porém é calculado no sentido vertical, representando a razão entre o volume deslocado e o volume de um sólido que possui uma área de seção transversal igual a área de plano de flutuação e altura igual ao calado do navio (Equação 4).

$$C_{VP} = \frac{\nabla}{H \times A_W} \quad (4)$$

Figura 7 – Representação do coeficiente vertical prismático



Fonte: Papanikolaou (2014)

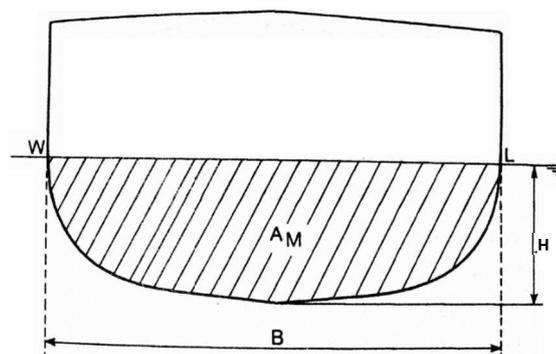
2.2.5 Coeficiente da seção mestra (C_M):

Consiste na razão entre a seção transversal na meia nau (A_M), na linha d'água, e a área do retângulo com as dimensões da boca e do calado, de acordo com a Equação 5. Em analogia ao coeficiente da seção mestra, pode-se definir um coeficiente de forma para cada uma das balizas do casco. Neste caso, o coeficiente será representado por C_X e relaciona a área da baliza considerada e o retângulo definido pela boca e o calado medidos na posição da baliza considerada (Equação 5.1).

$$C_M = \frac{A_M}{B \times H} \quad (5)$$

$$C_X = \frac{A_X}{B(x) \times H(x)} \quad (5.1)$$

Figura 8 – Representação do coeficiente da seção mestra



Fonte: Guillmer (1982)

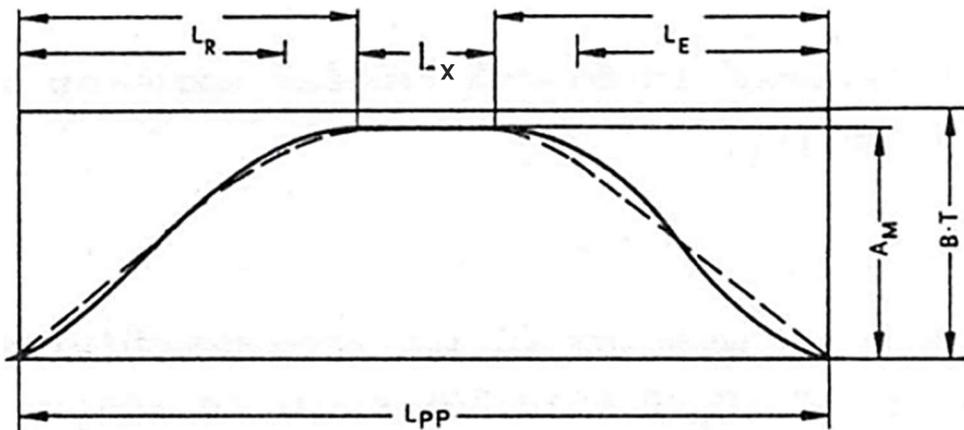
2.3 CORPO DE RÉ, CORPO MÉDIO PARALELO E CORPO DE VANTE

Uma embarcação pode ser representada por três regiões ao longo de seu comprimento: o corpo de ré (L_R), o corpo médio paralelo (L_X) e o corpo de vante (L_E). Na Figura 9 essa divisão é mostrada em uma curva de área seccional.

O corpo médio paralelo representa o comprimento do navio no qual as secções transversais são constantes em área e forma. Conseqüentemente, as balizas do CMP serão idênticas à secção mestra do navio.

O corpo de ré tem início na perpendicular de ré (AP) do navio, e termina na primeira baliza do CMP. Já o corpo de vante tem início na última baliza que representa o CMP, e se estende até a perpendicular de vante (FP) do navio.

Figura 9 – Regiões de um navio



Fonte: Papanikolaou (2014)

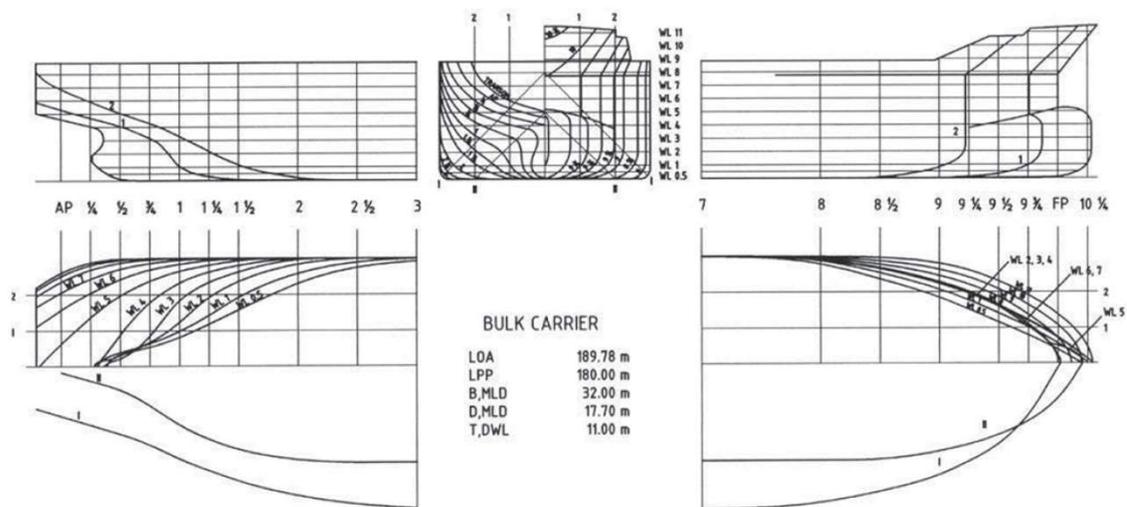
Retomando o conceito de coeficiente prismático (C_P), pode-se calcular esse coeficiente para cada uma das três regiões descritas anteriormente. Assim, C_{PR} , C_X e C_{PE} são calculados pela divisão do volume deslocado de cada corpo em relação a área gerada pela extrusão longitudinal da secção mestra do navio.

Tendo isso em vista, pode-se afirmar que $C_X = 1$, pois o CMP ocupa integralmente o volume que é base para o cálculo do coeficiente prismático.

2.4 PLANOS DE LINHAS

O plano de linhas de uma embarcação é a representação do desenho do casco tridimensional em um conjunto de planos bidimensionais, conhecidos como plano de linhas d'água, plano de balizas, e plano de alto (Figura 10.). Essas linhas representam as intersecções do casco com planos perpendiculares espaçados ao longo do comprimento, boca e pontal da embarcação, conforme pode ser visto nas Figura 11, Figura 12 e Figura 13.

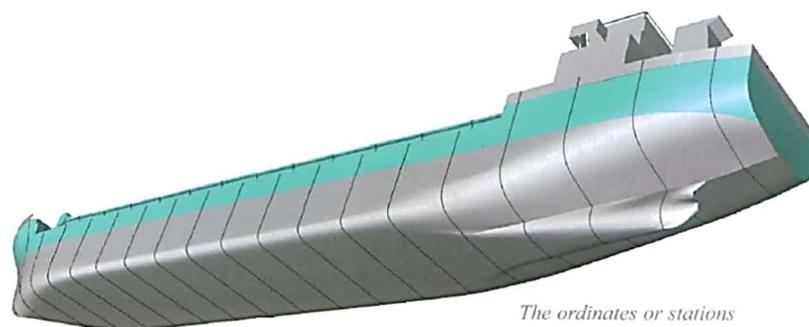
Figura 10 – Exemplo do plano de linhas



Fonte: Papanikolaou (2014)

O plano de balizas possui as secções transversais do navio igualmente espaçadas ao longo de seu comprimento, como mostrado pela Figura 11. No entanto, em muitos casos, para navios com extenso corpo médio paralelo, omitem-se balizas repetidas no entorno da meia nau.

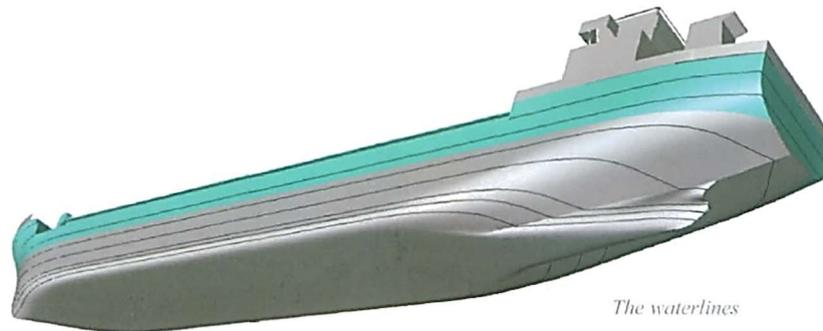
Figura 11 – Ilustração do plano de balizas



Fonte: Van Dokkum (2010)

O plano de linhas d'água, mostrado na Figura 12, é definido pela a intersecção do casco com planos paralelos à superfície da água, sendo que um deles representa o calado de projeto do navio e define a chamada área de linha d'água do casco.

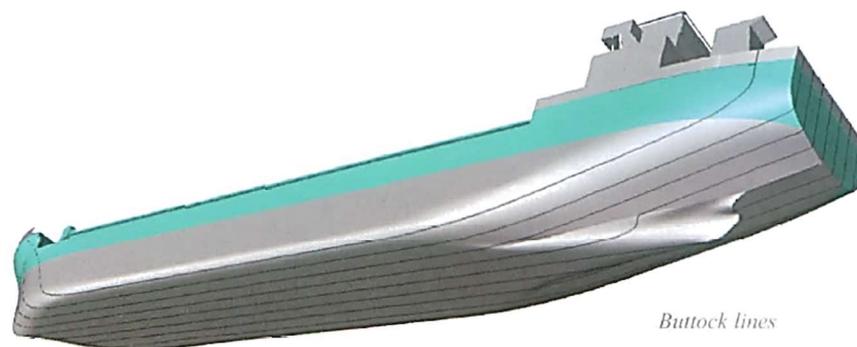
Figura 12 – Ilustração do plano de linhas d'água



Fonte: Van Dokkum (2010)

Por fim, o plano de alto é definido pela intersecção do casco com planos longitudinais (Figura 13), e permitem estabelecer a inclinação do costado da embarcação, entre outras características de operação.

Figura 13 – Ilustração do plano de perfil



Fonte: Van Dokkum (2010)

É importante observar que a determinação das dimensões principais e coeficientes de forma referentes ao projeto conceitual de uma embarcação representa uma tarefa anterior a modelagem do casco, e, portanto, fogem ao escopo deste trabalho. Ao contrário da modelagem do casco, existe uma grande quantidade de trabalhos destinados ao projeto conceitual de uma embarcação (Papanikolaou (2014), Watson (2002), Moraes (2019), Barrass (2004) etc.), abordando as mais diferentes técnicas, tais como: otimização, navios semelhantes, raiz cúbica, equações empíricas, projeto baseado em volume, projeto baseado em objetivo etc.

No entanto, o desenvolvimento de técnicas numéricas associadas à análise do desempenho estrutural e hidrodinâmico de um casco exige que a solução conceitual seja descrita não apenas por meio das dimensões principais e coeficientes de forma, mas também por meio da superfície do casco.

Assim, uma ferramenta computacional capaz de fornecer uma estimativa inicial da geometria do casco a partir da solução conceitual, permitirá ao projetista explorar um maior número de alternativas para o projeto, permitindo, inclusive, que procedimentos de otimização sejam incorporados ao projeto de embarcações.

2.5 CURVAS PARAMÉTRICAS

Conforme mencionado na introdução, o desenho do casco por Curvas Paramétricas é uma das técnicas possível para a geração das balizas de um navio, e que será utilizada neste trabalho. Um dos melhores textos sobre essa técnica pode ser visto em Papanikolaou (2014).

Em linhas gerais, a geometria do casco é definida a partir de três curvas de base: a curva de área seccional (SAC), a curva de área de linha d'água e a curva da quilha, as quais, por sua vez, são definidas em função das dimensões principais e coeficientes de forma do navio. As formulações específicas de cada curva, bem como as técnicas de interpolação utilizadas, serão descritas no capítulo de desenvolvimento, o qual descreverá como tal técnica foi implementada.

Observa-se que essa técnica apresenta uma maior dificuldade de implementação quando comparada às Séries Sistemáticas, se destacando pela alta capacidade de inovação do formato do casco.

Um das limitações dessa técnica refere-se ao desenho do bulbo, que inicialmente é desconsiderado na modelagem do casco. A inclusão desse apêndice pode modificar o volume deslocado, o coeficiente de bloco, a posição do *LCB* e o calado da embarcação.

Uma vez que o projeto de um bulbo representa um acréscimo entre 5 a 10% do volume do casco, a ferramenta desenvolvida reduz o deslocamento de projeto antes de iniciar a modelagem do casco.

O fator de redução do deslocamento deve ser fornecido pelo usuário e refere-se justamente ao volume do bulbo considerado no projeto conceitual. Da mesma forma, o *LCB* do casco a ser modelado é recuado em uma fração proporcional a relação entre o deslocamento do casco sem o bulbo e o próprio bulbo, cujo centro de flutuação é suposto próximo a perpendicular de vante do navio.

Uma vez que o bulbo é, por definição, um apêndice do casco, este deverá ser modelado *a posteriori*, fugindo do escopo desta pesquisa. No entanto, recomenda-se a leitura de Zimmermann (2015) que disserta sobre tipos e modelagens de bulbo, bem como a influência destes no desempenho de uma embarcação.

2.6 SÉRIES SISTEMÁTICAS

O método das Séries Sistemáticas baseia-se em uma família de cascos que possui características obtidas a partir de uma variação sistemática de um ou mais parâmetros de um casco mãe. Essas Séries fornecem resultados experimentais na forma de gráficos, os quais permitem desenvolver um novo casco a partir da interpolação dos dados referentes aos cascos integrantes da Série.

A limitação mais evidente dessa técnica refere-se à impossibilidade de se obter um casco inovador, visto que a modelagem da superfície do casco encontra-se limitada aos parâmetros da Série. Em contrapartida, para projetos convencionais, cujas características atendam à estas limitações, tal técnica é uma forma bastante eficiente de se obter uma nova geometria, oferecendo um casco com desempenho bem documentado e facilmente estimado.

Neste trabalho, a abordagem se restringirá apenas a Série 60, que abrange a maior parte dos projetos de embarcações mercantes de grande porte. No entanto, destaca-se que tal série se refere a projetos clássicos, que não apresentam bulbo e possuem um único eixo propulsor; não sendo recomendada para navios que navegam em elevado número de Froude ($F_n \geq 0,27$) (PAPANIKOLAOU, 2014).

Como pode ser visto em Molland (2008), a elevação do número de Froude resulta na elevação da parcela referente a resistência de ondas do casco, bem como exige uma maior potência a ser produzida pelo propulsor. Ambas as características não são encontradas em cascos da Série 60 que, como já mencionado, destina-se a embarcações deslocantes (baixo Froude) dotadas de um único propulsor.

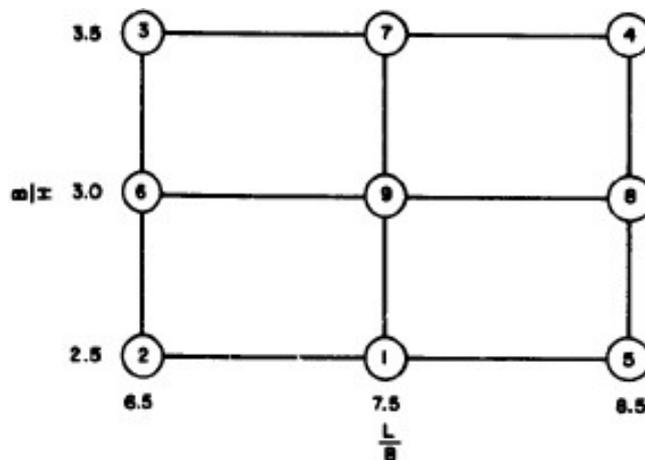
A Série 60 (TODD, 1963), objeto deste trabalho, foi criada a partir de testes feitos em modelos em escala reduzida de embarcações contendo secções em U, com bojo circular e sem ângulo de *deadrise*. Esta Série também estipula os limites inferior e superior de C_B como 0,60 e 0,80, respectivamente, os quais foram considerados satisfatórios para a época do seu desenvolvimento. A Figura 14 exhibe esses limites por meio dos C_B escolhidos para os modelos mães.

Figura 14 – Variação de parâmetros para os modelos mães da Série 60

C_B	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
$\frac{L}{B}$	7.50	7.25	7.00	6.75	6.50
$\frac{E}{H}$	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
$\frac{\Delta}{(L/100)^3}$	122.0	141.4	163.4	188.2	216.5
$L/\Psi^{1/3}$	6.165	5.869	5.593	5.335	5.092
LCB as percent of L_{BP} from $\square BP$	1.5 aft	0.5 aft	0.5 fwd	1.5 fwd	2.5 fwd

Fonte: Todd (1963)

Outra faixa de valores mostrada na Série 60 se refere a variação das relações L/B e B/H . Desta forma, o estudo variou essas razões de acordo com a Figura 15, de tal modo a criar um total de nove diferentes modelos para cada valor de C_B ensaiado.

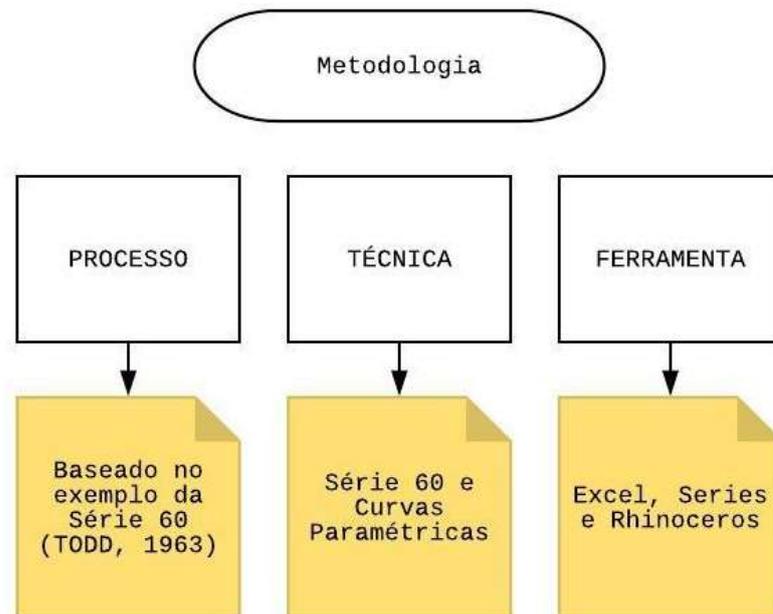
Figura 15 – Variação típica de L/B e B/H para um determinado C_B 

Fonte: Todd (1963)

3 METODOLOGIA: TÉCNICAS E FERRAMENTAS

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho, destacando-se o processo de construção da ferramenta computacional, bem como as técnicas e ferramentas utilizadas na elaboração e na verificação dos resultados (Figura 16).

Figura 16 – Metodologia aplicada neste trabalho



Fonte: Autora (2019)

O processo para a criação desta ferramenta teve como base o exemplo apresentado no Apêndice D de Todd (1963), referente ao navio *Schuler Otis Bland*, cujos dados estão disponíveis no Anexo A. O procedimento utilizado no exemplo deu suporte para que fosse desenvolvido um sequenciamento lógico durante a obtenção dos dados, possibilitando a geração do plano de linhas.

As técnicas utilizadas, conforme descrito na fundamentação teórica, foram a Série 60 e a técnica de Curvas Paramétricas.

A implementação dessas técnicas pode ser feita em diversas plataformas, tais como: Excel, Octave e MatLab. Existem ainda as implementações comerciais, das quais destacam-se o programa Caeses (Curvas Paramétricas) e o programa Series (Série 60).

As ferramentas utilizadas no presente trabalho são apresentadas nos subtópicos seguintes.

3.1 EXCEL

Em se tratando de procedimentos que dependem da geração, interpolação e visualização de curvas bidimensionais, optou-se pelo programa Excel, unicamente devido a flexibilidade e familiaridade com essa ferramenta.

Este programa consiste em uma planilha eletrônica que contém uma série de recursos nativos, além de permitir uma visualização em tempo real dos resultados. Pela sua versatilidade, robustez e confiabilidade o Excel possui inúmeras aplicações, podendo ser utilizado para diversos níveis de complexidade. Utilizou-se a versão Excel 2018 (Microsoft Office 365), custeado pela autora.

Alguns dos recursos disponibilizados pelo Excel foram de grande importância durante o desenvolvimento, os quais são discutidos a seguir.

3.1.1 Função PROJ.LIN

A função PROJ.LIN auxilia na análise de regressão de curvas bidimensionais. Neste trabalho utilizou-se curvas polinomiais cujo grau foi definido para cada uma das curvas analisadas. Esta função utiliza os dados que descrevem uma curva, para então retornar os valores dos coeficientes da equação polinomial que melhor representa a tendência desses dados.

Os coeficientes obtidos a partir da função PROJ.LIN podem ser utilizados em uma equação polinomial, para que, a partir de um valor de entrada qualquer, seja calculado o resultado correspondente a curva interpoladora.

Na Figura 17 é mostrada a sintaxe da função e o significado de seus argumentos.

Figura 17 – Função PROJ.LIN do Excel

PROJ.LIN(val_conhecidos_y, [val_conhecidos_x], [constante], [estatísticas])	
▪ val_conhecidos_y	Necessário. O conjunto de valores y que você já conhece na relação $y = mx + b$.
▪ val_conhecidos_x	Opcional. Um conjunto opcional de valores x que talvez você já conheça na relação $y = mx + b$.
▪ constante	Opcional. Um valor lógico que especifica se a constante b será ou não forçada a se igualar a 0.
▪ estatísticas	Opcional. É um valor lógico que especifica se estatísticas de regressão adicionais serão retornadas.

Fonte: Microsoft Excel (2018)

Apenas os argumentos *val_conhecidos_y* e *val_conhecidos_x* são de interesse para este desenvolvimento. Vale ressaltar que a função acima descreve uma equação linear, ou seja, de grau 1. Para equações polinomiais de grau 2 a 6, a Figura 18 exibe a função modificada, onde os números representam os possíveis graus da função interpoladora.

Figura 18 – Exemplo da função PROJ.LIN para uma equação de grau 1 a 6

`PROJ.LIN(val_conhecidos_y, [val_conhecidos_x]^{1\2\3\4\5\6})`

Fonte: Microsoft Excel (2018)

A função acima deve ser aplicada a um número de células igual a quantidade de coeficientes que a equação possui. Por exemplo, para uma equação polinomial de grau 3, PROJ.LIN deve possuir os argumentos $\{1\2\3\}$ e ser aplicada em 4 células que representarão os coeficientes *a*, *b*, *c* e *d* da equação de terceiro grau.

3.1.2 Coeficiente de Determinação R^2

O Coeficiente de Determinação é representado pela variável R^2 , e é proveniente do Coeficiente de Correlação de Pearson, *R*. Este último é também conhecido como “coeficiente de correlação do momento do produto de Pearson, um índice sem dimensão situado ente -1,0 e 1,0” (MICROSOFT EXCEL, 2018). Este coeficiente representa o grau de associação existente entre dois conjuntos de dados.

O Coeficiente de Determinação varia entre 0 e 1 e corresponde ao quadrado do Coeficiente de Correlação de Pearson. Este coeficiente determina o quão bem a linha de tendência, que representa a equação da curva obtida pela regressão, está descrevendo os dados que a gerou (ASUERO, 2006).

Esse recurso auxilia na escolha do modelo cuja linha representa a melhor tendência entre os dados. Portanto, uma linha de tendência será mais confiável tanto quanto o valor de R^2 está perto de 1 (MICROSOFT EXCEL, 2018).

3.1.3 Visual Basic for Applications (VBA)

O VBA é a linguagem de programação do Excel que permite criar e automatizar tarefas. Este recurso permitiu a criação de uma ferramenta rápida e prática para a geração da nuvem de pontos que descreve a superfície do casco, bem como a exportação das coordenadas desses

pontos para o programa *Rhinoceros*. Assim, a partir da inserção de diferentes parâmetros de entrada, a ferramenta é capaz de atualizar e gerar novos resultados utilizando as rotinas desenvolvidas no VBA.

No capítulo seguinte são apresentadas e discutidas as principais rotinas especialmente desenvolvidas para a ferramenta de geração automatizada de cascos deslocantes.

3.2 SERIES

O programa Series é um aplicativo que gera a geometria do casco, na forma de uma tabela de cotas, nos padrões geométricos de diversas Séries Sistemáticas de navios (SANGLARD, 2009).

Este programa foi desenvolvido pelo professor José Henrique Erthal Sanglard, docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e foi escolhido devido à confiabilidade dos resultados; sendo utilizado na etapa de validação da implementação da Série 60.

3.3 RHINOCEROS

Por fim, uma vez gerada a nuvem de pontos que representa a geometria do casco, utilizou-se o programa *Rhinoceros* para interpolar tais pontos, oferecendo uma representação tridimensional do casco modelado.

O *Rhinoceros* é um programa de modelagem tridimensional que permite desenvolver curvas, superfícies e sólidos de variados níveis de complexidade. A plataforma auxiliou nas fases de verificação e validação da ferramenta por meio da criação de curvas e da aquisição de áreas. Além do comando “Area”, utilizou-se o “Curve: interpolate points”, o qual gera uma curva que passa exatamente nos pontos desejados⁴.

Utilizou-se a versão *Rhinoceros* 5.0, disponível no Laboratório de Informática da UFSC.

3.4 VALIDAÇÃO E VERIFICAÇÃO

Os processos de verificação e validação, conhecidos como V&V, são etapas que podem englobar uma grande gama de práticas que aprovam ou desaprovam um desenvolvimento.

⁴ Embora em primeira leitura pareça evidente que a curva interpoladora passe exatamente pelos pontos utilizados, existem rotinas de geração de curvas que determinam o ajuste mais suave (com menor taxa de variação) que mais se aproxima dos pontos utilizados.

Embora pareçam similares, esses conceitos são claramente diferenciados pela expressão de Boehm (1979): “Verificação: estamos construindo o produto da maneira certa? Validação: estamos construindo o produto certo?”

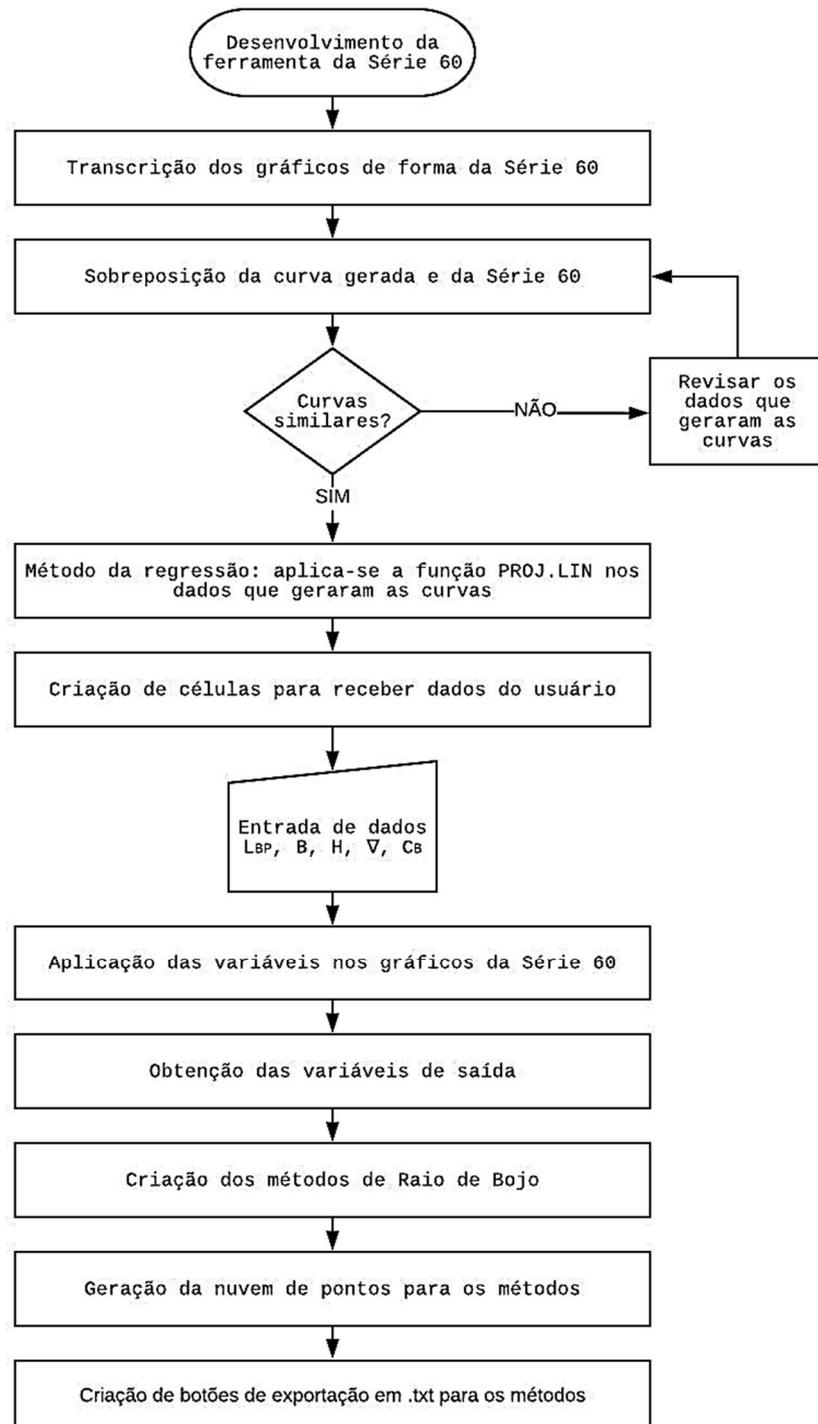
Desta forma, a verificação pode garantir a conformidade do programa de acordo com suas especificações, a qual pode ser aplicada em diversas fases do desenvolvimento. Aqui, a verificação será realizada de maneira mais prática, verificando a confiabilidade e a coerência dos valores calculados a cada etapa do processo de geração do casco.

Já a validação consiste em saber se o programa está de acordo com a funcionalidade esperada, conforme explica Sommerville (2011). Ou seja, se a ferramenta desenvolvida está atendendo à expectativa de gerar planos de linha capazes de serem utilizados de forma confiável. A validação será feita comparando-se os resultados obtidos em estudos de casos, com àqueles obtidos em um programa já conceituado e, sabidamente confiável.

4 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DA SÉRIE 60

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento da ferramenta para geração da superfície do casco baseado na Série 60, cujo procedimento é mostrado no fluxograma da Figura 19.

Figura 19 – Fluxograma do desenvolvimento da ferramenta da Série 60



Fonte: Autora (2019)

A obtenção da nuvem de pontos que representa a forma de cascos que se enquadram nos limites da Série 60 podem ser obtidos pelos gráficos apresentados em Todd (1963). Esses gráficos representam as características de forma, resistência e propulsão da família de cascos da série em forma de curvas cruzadas, as quais fornecem as informações para a obtenção de um novo casco com parâmetros interpolados a partir dos cascos ensaiados para a construção da série.

O programa busca automatizar o processo de obtenção da forma do casco para quaisquer parâmetros desejados pelo usuário, desde que tais parâmetros estejam dentro dos limites estabelecidos para a série, e que são mostrados na Figura 14 e Figura 15. Pois a extrapolação desses limites pode gerar resultados distorcidos ou incoerentes, além de erros numéricos que resultam em cascos anômalos ou impossíveis de serem modelados.

A estrutura da ferramenta se inicia com a inserção dos dados de comprimento entre perpendiculares (L_{BP}), boca (B), calado (H), deslocamento (∇), e coeficiente de bloco (C_B) do navio em projeto. Assim, uma vez ativada a geração do casco, o programa fornecerá as coordenadas tridimensionais dos pontos que estabelecem a forma do casco, os quais são chamados de nuvem de pontos.

Por fim, o comando de exportação irá gerar um arquivo em forma de texto (.txt), compatível com outros programas, como por exemplo, o programa *Rhinoceros*, o qual será utilizado na interpolação dos pontos.

4.1 TRANSCRIÇÃO DOS GRÁFICOS DE FORMA DA SÉRIE 60

O desenvolvimento da ferramenta da Série 60 iniciou-se com a transcrição dos gráficos de forma contidos na referência. Esta etapa consistiu na obtenção manual dos pontos dos gráficos disponíveis na Série, com a quantidade de pontos variando de acordo com a complexidade de cada curva.

A seguir, criou-se linhas de tendência que representassem cada curva da forma mais próxima possível das originais. Tais curvas foram descritas, em sua maioria, por um polinômio interpolador de grau 6, o qual foi o maior grau utilizado no trabalho.

A escolha do grau de interpolação de cada curva foi determinada a partir de uma inspeção visual na qual observou-se que a curva interpoladora se aproximava da curva original dentro da precisão de leitura de cada gráfico analisado.

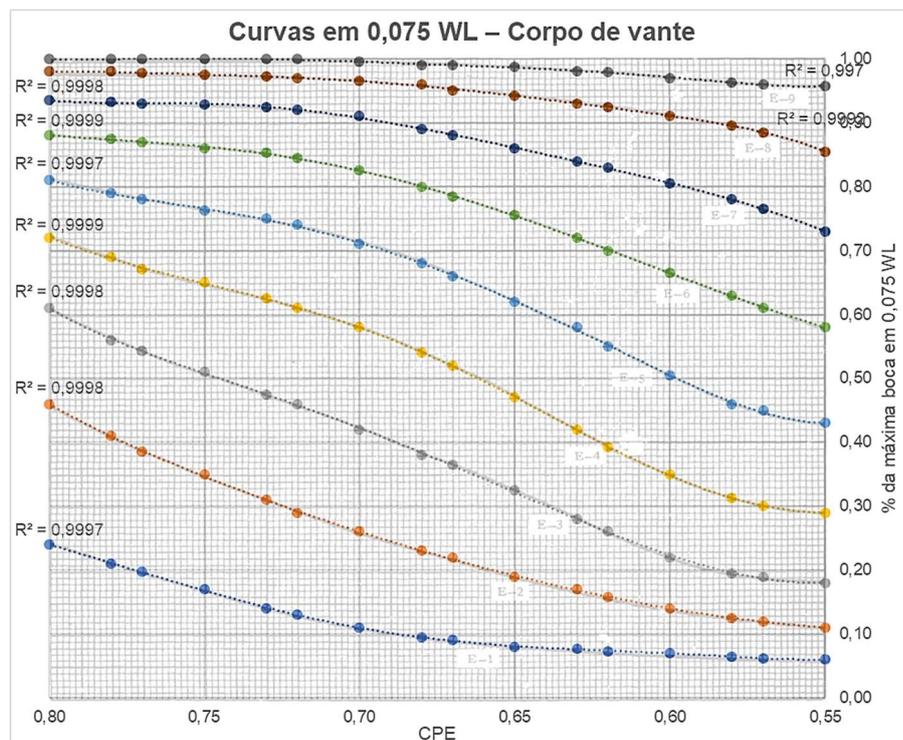
No entanto, recomenda-se que o grau de interpolação utilizado em cada curva possa ser testado em trabalhos futuros visando verificar a influência de tal parâmetro, tanto na nuvem de pontos gerada, quanto na eficiência da ferramenta.

A verificação visual do ajuste das curvas, apesar de simples, permitiu identificar pequenos erros na aquisição de dados, e também permitiu pequenos ajustes visando igualar, da melhor forma possível, as curvas interpoladas com às curvas originais da série. Vale ressaltar que nesta fase podem ocorrer pequenos erros de leitura devido à baixa qualidade das imagens disponibilizadas no trabalho original de 1963, além de ser um procedimento manual e passível de erros.

Com o auxílio do programa Excel, calculou-se o Coeficiente de Determinação R^2 , descrito na seção 3.1.2, para cada um dos gráficos gerados. Assim, R^2 foi utilizado para verificar o ajuste da curva polinomial em relação aos dados coletados manualmente nos gráficos da referência. Todas as curvas obtiveram R^2 entre 0,994 e 1, o que se mostra satisfatório para a aplicação desejada.

Na Figura 20 é mostrada, a título de exemplo, a comparação feita entre o gráfico da Série 60 (TODD, 1963) e o gráfico gerado nessa fase do trabalho. Todos os pontos que originaram as curvas e seus respectivos gráficos estão disponíveis no Anexo B.

Figura 20 – Sobreposição da curva gerada e do gráfico da Série 60



Fonte: Autora (2019)

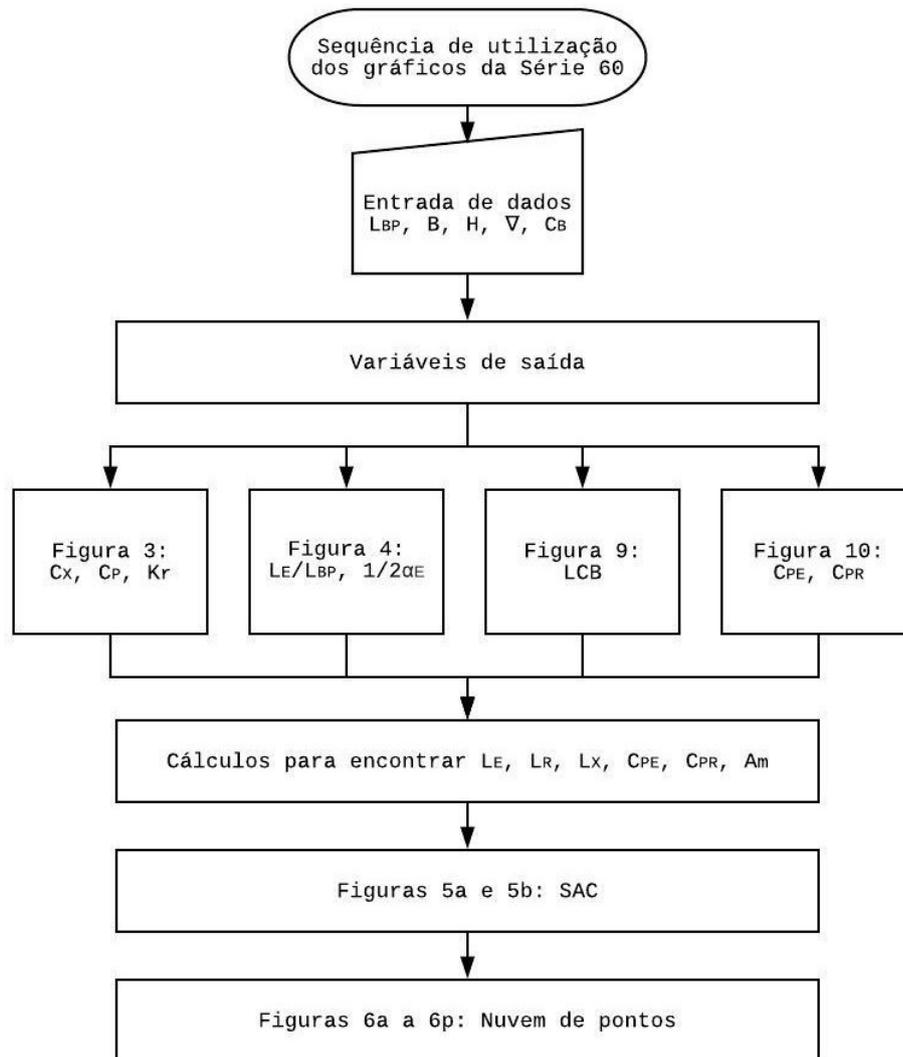
Na sequência, foram obtidas as equações que descrevem cada uma das curvas interpoladas a partir dos gráficos da referência, visando automatizar a leitura desses gráficos para quaisquer valores de entrada considerados. Com essa finalidade, o método de regressão polinomial foi utilizado a fim de determinar os coeficientes das expressões que representam cada uma das curvas. O método é aplicado por meio da função PROJ.LIN, a partir do grau das curvas e dos pontos que as originaram.

O grau da curva, determinado pela linha de tendência, define também a quantidade de coeficientes que serão obtidos. Por conseguinte, esses coeficientes são então aplicados à equação polinomial que passa a descrever cada uma das curvas modeladas.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DA SÉRIE 60

A obtenção da nuvem de pontos de um casco inicia-se a partir da inserção das variáveis de entrada do projeto, e segue o procedimento mostrado na Figura 21.

Figura 21 – Fluxograma referente à utilização dos gráficos da Série 60



Fonte: Autora (2019)

Conforme discutido no capítulo anterior, o procedimento descrito pelo fluxograma mostrado na Figura 21, seguiu o proposto no exemplo numérico da Série 60 – Apêndice D (TODD, 1963). O sequenciamento dos gráficos nele apresentado direcionou o desenvolvimento da ferramenta, além de permitir a verificação preliminar dos resultados obtidos.

No entanto, é importante ressaltar que as informações fornecidas pelos gráficos são, em sua maioria, expressas na forma de coeficientes adimensionais. Assim, quando esses coeficientes são multiplicados pelas variáveis de entrada, obtém-se os valores associados ao projeto do navio em escala real.

Por fim, destaca-se que o procedimento descrito a seguir exibirá imagens com valores referentes ao navio *Schuyler Otis Bland* utilizado no exemplo numérico da Série 60 – Apêndice D.

4.2.1 Aquisição de parâmetros

Inicialmente, as seguintes variáveis de entrada devem ser inseridas pelo usuário: comprimento entre perpendiculares (L_{BP}), boca (B), calado (H), deslocamento (∇) e coeficiente de bloco (C_B), conforme a interface mostrada na Figura 22, a qual exibe as células de entrada da ferramenta criada no Excel. As medidas devem ser expressas em pés e em toneladas, tal como proposto originalmente na Série 60 (TODD, 1963).

Figura 22 – Variáveis de entrada.

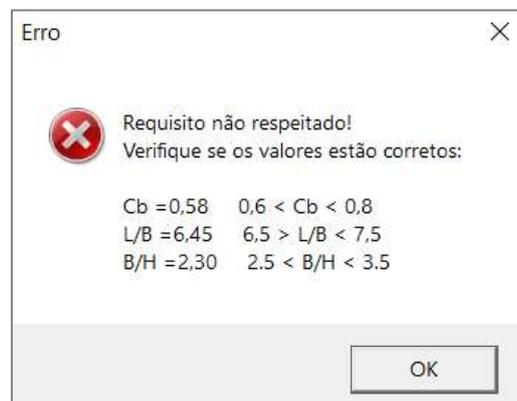
LBP	450,0 ft
Boca	66,0 ft
Calado	27,0 ft
Deslocamento	14920 tons
CB	0,651

Fonte: Autora (2019)

Como já comentado, a Série 60 possui limitação quanto a faixa de valores permitidos para as variáveis de entrada. Desta forma, se valores C_B , L/B e B/H estiverem fora dos intervalos, respectivamente, 0,60 a 0,80; 6,5 a 8,5; e 2,5 a 3,5; a ferramenta gera uma caixa de mensagem com um aviso para o usuário (Figura 23). Apesar do programa informar o erro, é possível dar continuidade ao processo e tentar gerar a tabela de cotas (Figura 24 e Figura 25). Neste caso, não é garantida a geração de resultados coerentes.

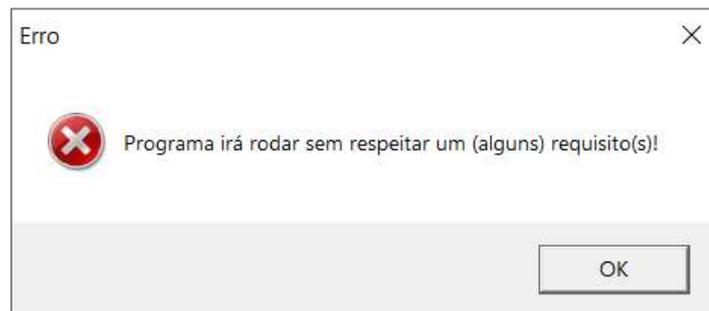
Desenvolveu-se uma rotina no VBA para que as caixas de aviso fossem exibidas automaticamente.

Figura 23 – Tela de aviso gerada por valores fora dos intervalos da Série 60



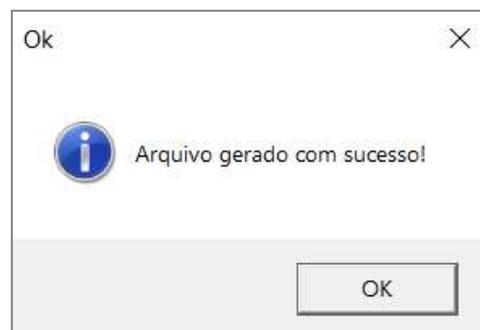
Fonte: Autora (2019)

Figura 24 – Tela de aviso sobre a continuidade do programa



Fonte: Autora (2019)

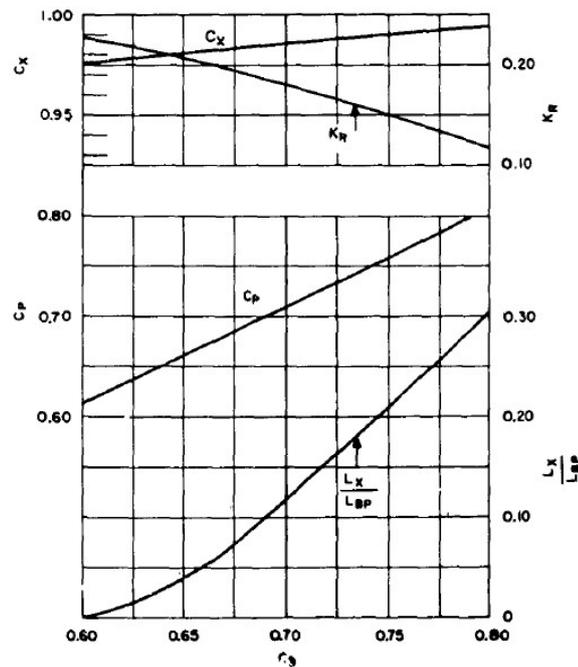
Figura 25 – Tela de aviso da geração do arquivo .txt



Fonte: Autora (2019)

A seguir, o primeiro gráfico a ser utilizado é apresentado na Figura 26, e representa a variação dos Coeficiente de Seção Mestra (C_X), Coeficiente Prismático (C_P), e Coeficiente de Raio de Bojo (K_R) em relação ao Coeficiente de Bloco (C_B). Neste gráfico, observa-se uma relação linear positiva entre C_B e C_X , e linear negativa entre C_B e K_R . Isto demonstra que um maior C_B resulta em uma maior área da seção mestra, e consequente, um menor raio de bojo.

Figura 26 – Variação de C_X , C_P , K_R e L_X/L_{BP} com C_B



Fonte: Todd (1963)

A partir de K_R , é possível encontrar o valor do raio de bojo do corpo médio paralelo (CMP) do navio pela relação da Equação 6.

$$K_R = \frac{\text{Raio de bojo}}{\sqrt{B \times H}} \quad (6)$$

Por fim, a Figura 26 fornece ainda as curvas do Coeficiente Prismático C_P e a razão L_X/L_{BP} , ambos em relação à C_B . Uma vez que L_X representa o comprimento do corpo médio paralelo, essa relação começa a definir as três grandes regiões do navio: corpo de ré, corpo médio paralelo e corpo de vante.

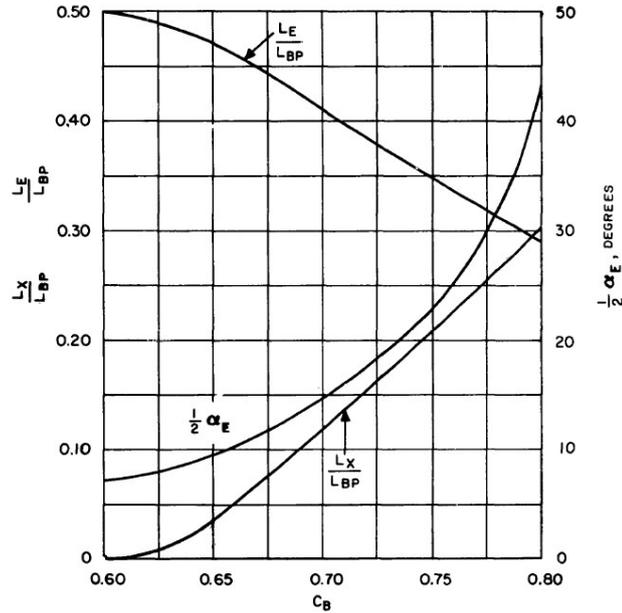
Portanto, a variável de entrada utilizada na Figura 26 é C_B , e as variáveis de saída são: C_X , C_P , K_r e L_X .

A Figura 27 da série fornece as variáveis de meio ângulo de entrada no calado de projeto ($1/2 \alpha_E$) e também a relação L_E/L_{BP} , a qual possibilita determinar o valor do comprimento do corpo de vante do navio.

Partindo dessas informações, é possível determinar o comprimento do corpo de ré do navio, representado por L_R , a partir do pressuposto que a soma de L_X , L_E , e L_R devem resultar

no valor total de L_{BP} , como mostrado na Equação 7. Os valores de L_E , L_X e L_R são encontrados nas relações da Equação 8, Equação 9 e Equação 10, respectivamente.

Figura 27 – Variação de $1/2 \alpha_E$, L_X/L_{BP} e L_E/L_{BP} com C_B



Fonte: Todd (1963)

$$\frac{L_R}{L_{BP}} + \frac{L_E}{L_{BP}} + \frac{L_X}{L_{BP}} = 1 \quad (7)$$

$$L_E = \frac{L_E}{L_{BP}} \times L_{BP} \quad (8)$$

$$L_X = \frac{L_X}{L_{BP}} \times L_{BP} \quad (9)$$

$$L_R = \frac{L_R}{L_{BP}} \times L_{BP} \quad (10)$$

Na Figura 27 é exibida também a curva de L_X/L_{BP} , a qual fornece valores muito próximos da curva da Figura 26, sendo que a variação dos resultados encontra-se dentro da precisão associada a leitura dos gráficos. Para demonstrar essa similaridade, comparou-se ambos resultados gerados pelas equações das curvas L_X/L_{BP} (Figura 28). Portanto, a utilização de uma curva ou outra foi indiferente, e optou-se pela utilização do resultado proveniente da

Figura 26. O valor do meio ângulo de entrada não será utilizado nesse trabalho, mas, em tese, permitiria um melhor ajuste da curva referente ao plano de linha d'água do casco.

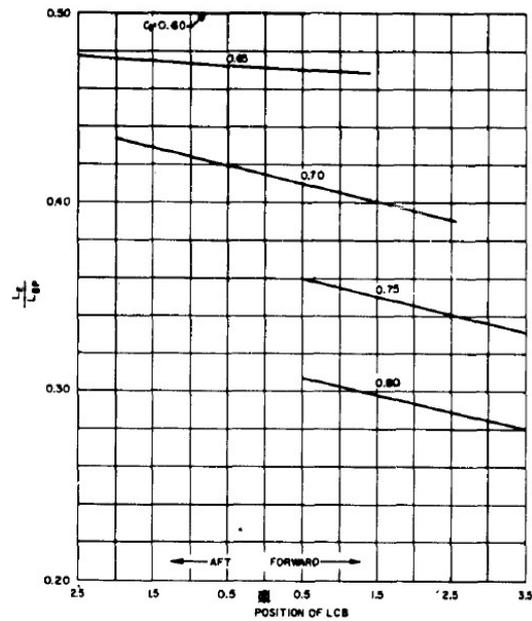
Figura 28 – Resultados gerados pelas curvas L_X/L_{BP} de diferentes gráficos

C_B Entrada	L_X/L_{BP} Fig. 3	L_X/L_{BP} Fig. 4
0,640	0,024	0,023
0,651	0,036	0,036
0,660	0,048	0,049
0,673	0,067	0,070
0,680	0,079	0,082
0,690	0,096	0,099
0,705	0,124	0,126
0,710	0,134	0,135
0,720	0,153	0,153
0,730	0,172	0,171
0,740	0,191	0,189
0,750	0,209	0,207
0,760	0,227	0,225
0,770	0,245	0,244

Fonte: Autora (2019)

A Figura 29 fornece uma relação entre C_B , L_E/L_{BP} e a posição LCB , expressa como uma porcentagem do comprimento medida a partir da meia nau. A partir das variáveis de entrada C_B e L_E/L_{BP} , é possível determinar o valor de LCB . Para isso, desenvolveu-se um algoritmo capaz de interpolar resultados não apenas como uma função de L_E/L_{BP} , mas também como uma função de C_B , permitindo uma estimativa coerente para quaisquer valores de C_B e L_E/L_{BP} dentro dos limites estabelecidos pelo gráfico da Figura 29.

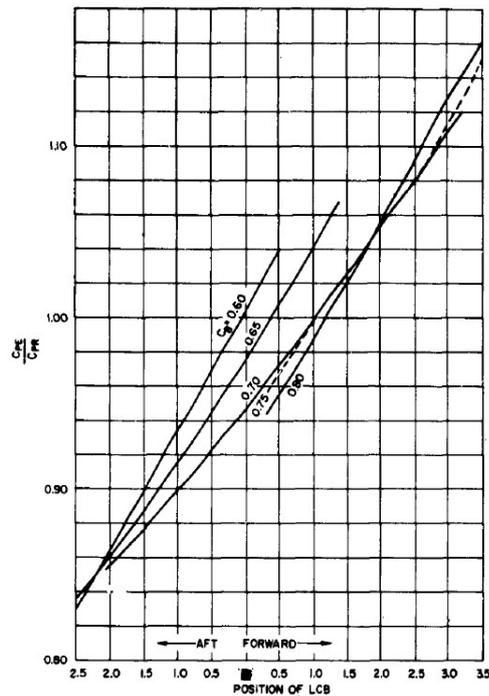
Figura 29 – Razão de L_E/L_{BP} para diferentes valores de C_B e posições LCB



Fonte: Todd (1963)

A Figura 30 estabelece relações entre a posição de LCB , C_B e C_{PE}/C_{PR} . Esses últimos representam a razão entre os coeficientes prismáticos do corpo de vante e do corpo de ré. Nesse caso, também foi desenvolvido um algoritmo de interpolação que permite obter o resultado para qualquer valor de C_B dentro da faixa representada na Figura 30.

Figura 30 – Razão de C_{PE}/C_{PR} para diferentes valores de C_B e posições LCB



Fonte: Todd (1963)

A relação C_{PE}/C_{PR} é de grande importância para as etapas seguintes, pois é a partir dela que são obtidos os coeficientes associados a curva de áreas seccionais das balizas e os contornos de linhas d'água do casco.

A relação entre os coeficientes prismáticos dos corpos de vante e ré é mostrada na Equação 11. É importante destacar que o coeficiente prismático do corpo médio paralelo de um navio é, por definição igual a 1, conforme discutido na fundamentação teórica.

$$C_P \times L_{BP} = (C_{PE} \times L_E) + L_X + (C_{PR} \times L_R) \quad (11)$$

Dividindo por LCB , obtêm-se:

$$C_P = \left(C_{PE} \times \frac{L_E}{L_{BP}} \right) + \frac{L_X}{L_{BP}} + \left(C_{PR} \times \frac{L_R}{L_{BP}} \right) \quad (12)$$

Assim,

$$C_P - \frac{L_X}{L_{BP}} = \left(C_{PE} \times \frac{L_E}{L_{BP}} \right) + \left(C_{PR} \times \frac{L_R}{L_{BP}} \right) \quad (13)$$

Pretendendo-se isolar C_{PE} , optou-se por trabalhar os termos $\left(C_{PR} \times \frac{L_R}{L_{BP}} \right)$ para eliminar a variável C_{PR} da equação, mantendo a relação conhecida de C_{PE}/C_{PR} . Desta forma:

$$C_P - \frac{L_X}{L_{BP}} = \left(C_{PE} \times \frac{L_E}{L_{BP}} \right) + \left(\left(C_{PR} \times \frac{C_{PE}}{C_{PR}} \right) \times \left(\frac{L_R}{L_{BP}} \times \frac{C_{PR}}{C_{PE}} \right) \right) \quad (14)$$

Simplificando, temos a Equação 15:

$$C_P - \frac{L_X}{L_{BP}} = \left(C_{PE} \times \frac{L_E}{L_{BP}} \right) + \left(C_{PE} \right) \times \left(\frac{L_R}{L_{BP}} \times \frac{C_{PR}}{C_{PE}} \right) \quad (15)$$

Assim:

$$C_P - \frac{L_X}{L_{BP}} = C_{PE} \times \left(\frac{L_E}{L_{BP}} + \left(\frac{L_R}{L_{BP}} \times \frac{C_{PR}}{C_{PE}} \right) \right) \quad (16)$$

Isolando C_{PE} , temos:

$$C_{PE} = \frac{C_P - \frac{L_X}{L_{BP}}}{\frac{L_E}{L_{BP}} + \left(\frac{L_R}{L_{BP}} \times \frac{C_{PR}}{C_{PE}}\right)} \quad (17)$$

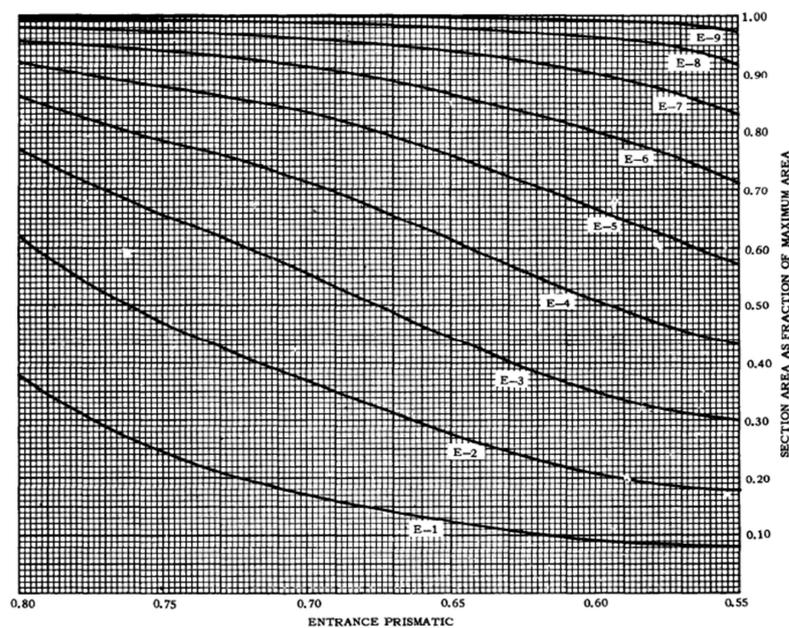
Com o valor de C_{PE} conhecido, podemos obter facilmente o valor de C_{PR} (Equação 11) e dar sequência a obtenção dos próximos parâmetros.

4.2.2 Curva de área seccional (SAC)

A curva de área seccional, que também pode ser chamada de SAC (*Sectional Area Curve*), é criada a partir das Figuras 5a e 5b da Série 60 (TODD, 1963). Nelas são mostradas as curvas dos coeficientes de áreas seccional para cada baliza ao longo de L_{BP} . Portanto, cada curva representa uma baliza do navio. A Figura 31 representa o corpo de vante, e a Figura 32 representa o corpo de ré.

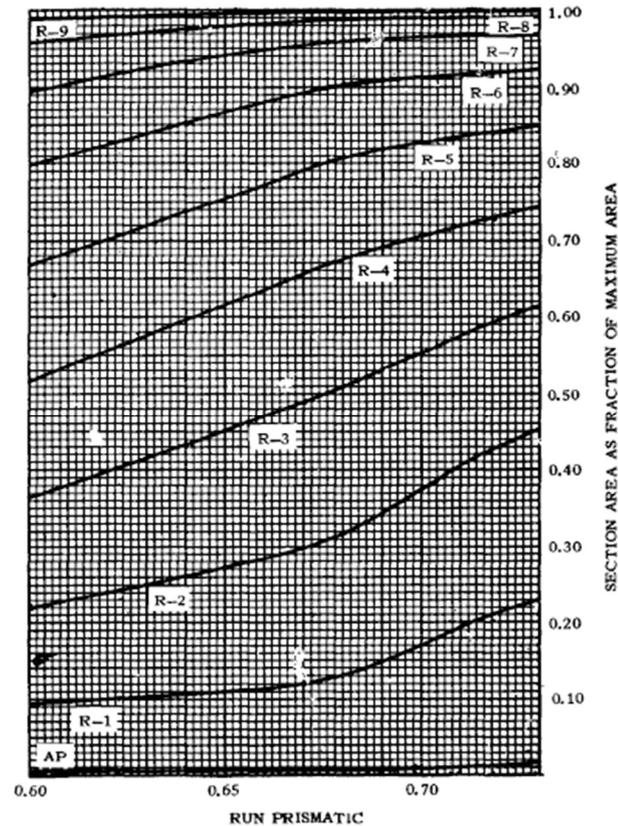
Para prosseguir, é importante ressaltar que a Série divide o casco em 10 balizas no corpo de ré, e 10 balizas no corpo de vante. Além disso, a última baliza do corpo de ré é igual a primeira do corpo de vante, as quais representam o início do CMP, sendo então, iguais a secção mestra do navio.

Figura 31 – Curvas dos coeficientes da área seccional do corpo de vante



Fonte: Todd (1963)

Figura 32 – Curvas dos coeficientes de área seccional do corpo de ré



Fonte: Todd (1963)

O método de regressão descrito anteriormente foi aplicado novamente para cada uma das curvas contidas na Figura 31 e Figura 32, as quais em sua maioria são polinomiais de grau seis. Uma vez determinado os coeficientes de interpolação, a Equação 18 foi utilizada para calcular as variáveis de saída do gráfico, ou seja, os coeficientes de área seccional para cada baliza.

$$C_i^{SAC} = a_i x^6 + b_i x^5 + c_i x^4 + d_i x^3 + e_i x^2 + f_i x + g_i \quad (18)$$

Onde,

$a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, g_i$: Coeficientes da equação polinomial de sexto grau para cada baliza i .

C_i^{SAC} : Área seccional para cada baliza i como fração da maior área.

Os gráficos da SAC fornecem informações de área para as balizas no corpo de vante, e as balizas no corpo de ré. Uma vez que o comprimento do corpo de vante (L_E) e o comprimento do corpo de ré (L_R) são conhecidos é possível determinar o espaçamento dessas balizas.

Assim, L_R dividido por dez resulta no valor do espaçamento a partir da baliza 0 (AP), enquanto L_E dividido por dez resulta no valor do espaçamento a partir da baliza 23 (FP).

A região entre L_R e L_E corresponde ao corpo médio paralelo do casco, e inclui a baliza de meia nau do navio (*midship*). Nessa região, a secção transversal se mantém constante ao longo do comprimento do navio.

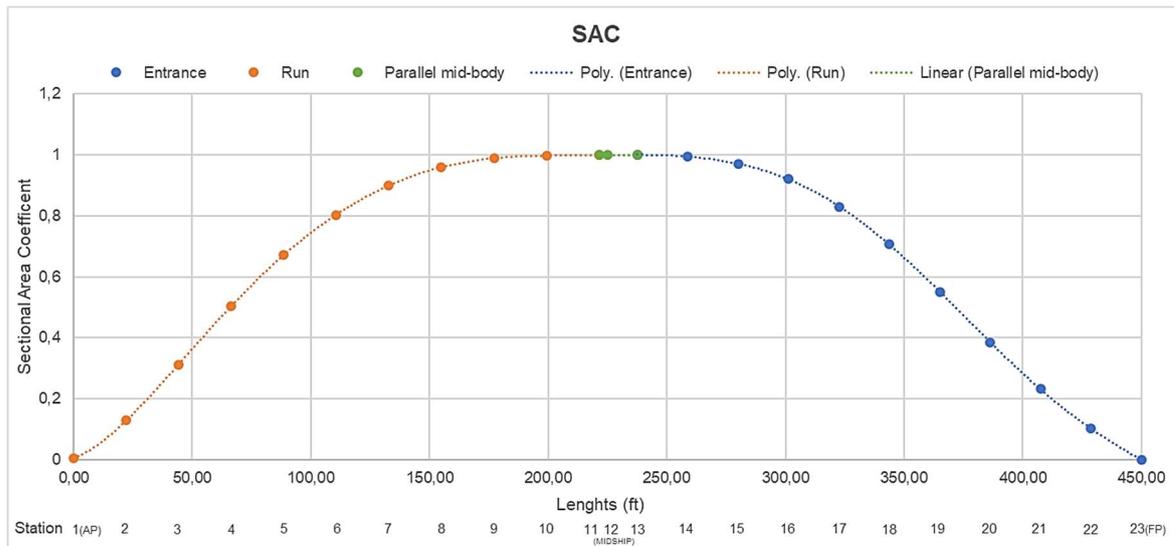
Na Figura 33 são mostrados os coeficientes de área seccional para cada uma das balizas do navio, obtidos a partir dos gráficos das Figura 31 e Figura 32. Na Figura 34 é mostrada a SAC resultante desse processo, a qual é construída considerando-se a fração da área da secção mestra⁵ (A_m) em cada baliza.

Figura 33 – Coeficientes SAC para cada baliza

Corpo de Vante (Fwd)											
Curva	E-0	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10
Baliza	23 (FP)	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
Dist. a partir de AP, ft	450,00	428,76	407,52	386,28	365,04	343,80	322,56	301,32	280,08	258,84	237,60
Coeficiente de área	0,000	0,102	0,233	0,385	0,551	0,707	0,830	0,920	0,970	0,995	1,000
Corpo de Ré (Aft)											
Curva	AP	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10
Baliza	1 (AP)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Dist. a partir de AP, ft	0,00	22,14	44,28	66,42	88,56	110,70	132,84	154,98	177,12	199,26	221,40
Coeficiente de área	0,006	0,129	0,313	0,505	0,672	0,803	0,900	0,960	0,988	0,998	1,000

Fonte: Autora (2019)

⁵A definição de secção mestra pode variar dependendo do objetivo considerado. Neste trabalho considera-se a secção mestra como sendo a secção de maior área e, portanto, pertencente ao corpo médio paralelo. Assim, uma vez que, na maioria dos casos, a meia nau também se localiza no corpo médio paralelo, é comum que ambos os termos representem a mesma secção do navio.

Figura 34 – SAC em termos de fração de A_m 

Fonte: Autora (2019)

Por fim, conforme apresentado na fundamentação teórica, a A_m pode ser calculada utilizando-se a Equação 19.

$$A_m = C_m \times B \times H \quad (19)$$

Desta forma, multiplicando-se os coeficientes C_i^{SAC} (Figura 33) pela área A_m , define-se a área seccional para cada uma das balizas localizadas ao longo do comprimento L_{BP} do navio.

4.2.3 Gráficos dos coeficientes de meia boca para diferentes linhas d'água

Os gráficos dos coeficientes de meia boca são mostrados na Série 60, considerando oito diferentes linhas d'água. Estes gráficos determinam valores de meia boca como uma fração da boca do navio.

Cada um dos gráficos representa o corpo de vante (ou de ré), e uma determinada linha d'água. Os valores das linhas d'água são expressos como porcentagens (0%, 7,5%, 25%, 50%, 75%, 100%, 125%, 150%) do calado de projeto do navio.

Os procedimentos aplicados nestes gráficos são os mesmos realizados nos gráficos da SAC e que foram descritos no tópico anterior: coleta de pontos, interpolação, geração dos coeficientes polinomiais e por fim, determinação da equação polinomial de grau 6 que representa cada uma das curvas apresentadas na série.

Assim, ao final dessa etapa, obtém-se as equações que permitem determinar os coeficientes de meia boca para cada uma das balizas, em cada uma das 8 linhas d'água consideradas. Os coeficientes de meia boca são então multiplicados pela boca do navio, sendo possível determinar a posição de 8 pontos em cada uma das balizas consideradas pela série.

Todos os gráficos e equações obtidos nessa etapa são mostrados no Apêndice A.

4.2.4 Gráfico dos contornos de popa e proa

Até essa fase foi possível determinar as coordenadas do conjunto de pontos que representam as balizas do casco em projeto. No entanto, restam ainda a definição dos contornos referentes a proa e a popa do casco.

Na Figura 35 são fornecidas as curvas que determinam os contornos de popa e proa para os navios da Série 60. Neste caso, o espaçamento entre balizas é fixado em 20 ft. As perpendiculares de vante e de ré são as referências do gráfico, sendo que as balizas 20 (AP) e 0 (FP) do gráfico correspondem, respectivamente, às balizas 0 (AP) e 23 (FP) da ferramenta.

Nota-se que o eixo das ordenadas corresponde às diferentes linhas d'água consideradas e, para cada altura de linha d'água, existe uma distância horizontal que se refere à distância desse ponto em relação a perpendicular de referência.

Desta forma, obtendo as distâncias adimensionais descritas na Série 60 (TODD, 1963), automatizou-se tais distâncias em relação as perpendiculares constantes na ferramenta desenvolvida.

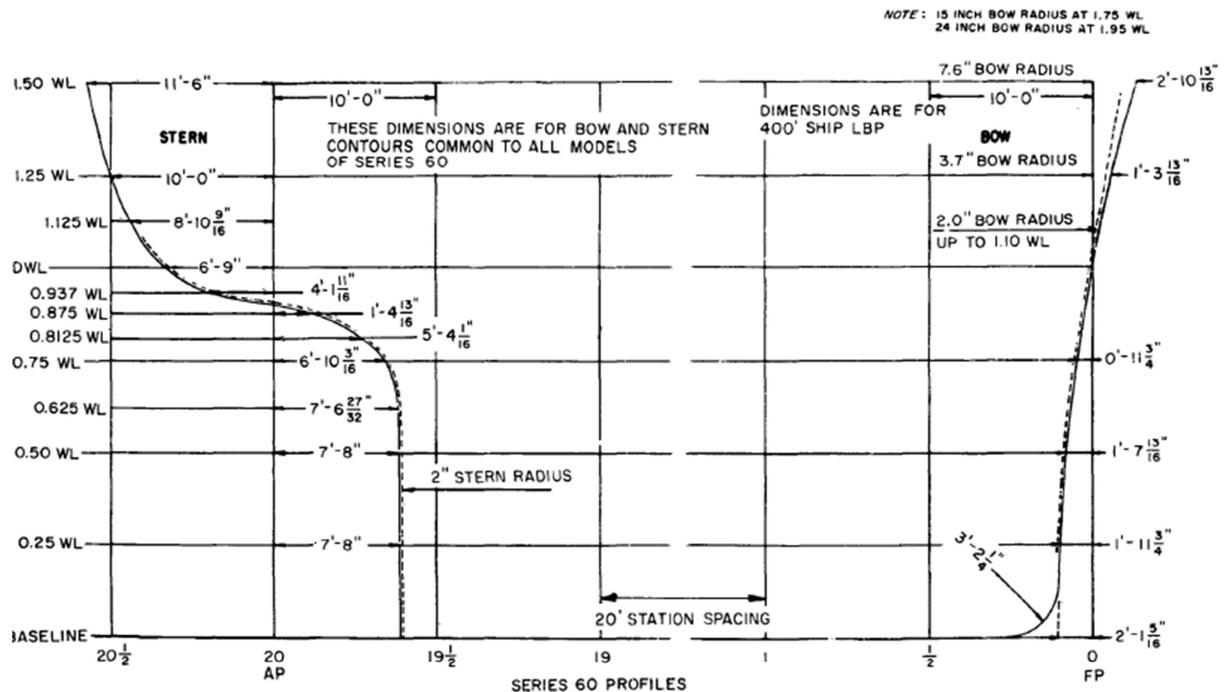
O conjunto de pontos obtidos a partir da Figura 35 fornece então os últimos pontos necessários para a determinação da nuvem de pontos que representa a geometria do casco modelado utilizando-se a técnica da Série 60.

O procedimento utilizado para a automatização dessa etapa segue os passos utilizados nas etapas anteriores. No entanto, não foi possível utilizar uma única curva de interpolação para cada linha, pois a complexidade das curvas da proa e da popa não são bem representadas por equações polinomiais.

A curva de popa foi dividida em três segmentos, enquanto a curva de proa foi dividida em dois segmentos. É importante observar que, para o primeiro segmento da curva de proa utilizou-se uma equação que descreve um quarto de circunferência, a qual foi modelada a partir do raio observado na Figura 35.

Na Figura 36 é mostrada a transcrição das distâncias retiradas do gráfico da Figura 35 e a conversão dos coeficientes adimensionais em distâncias dimensionais para a definição das coordenadas dos pontos referentes as curvas de proa e popa do navio em projeto.

Figura 35 – Contornos de popa e proa da Série 60



Fonte: Todd (1963)

Figura 36 – Transcrição das distâncias dos contornos de popa e proa

Contorno de Popa (ft in)	Distância do Contorno de Popa a partir de AP (ft)	% WL	WL (ft)	Distância do Contorno de Proa a partir de AP (ft)	Contorno de Proa (ft in)
(AP) 0 + 7'8"	7,67	0	0,00	444,70	(FP) LBP - 2'15/16" - 3'2 1/4"
-	-	-	1,59	447,46	anterior + tan...
-	-	-	3,19	447,89	LBP - 2'15/16"
0 + 7'8"	7,67	0,25	6,75	448,02	LBP - 1'11 3/4"
0 + 7'6 27/32"	7,57	0,625	13,50	448,35	LBP - 1'7 13/16"
0 + 6'10 3/16"	6,85	0,75	16,88	-	-
0 + 5'4 1/16"	5,34	0,8125	21,94	-	450 - 0'11 3/4"
0 + 1'4 13/16"	1,40	0,875	23,63	-	-
0 - 4'1 11/16"	-4,14	0,937	25,30	-	-
0 - 6'9"	-6,75	1	27,00	450	(FP) 450
0 - 8'10 9/16"	-8,88	1,125	30,38	-	-
0 - 10'0"	-10,00	1,25	33,75	451,32	450 + 1'3 13/16"
0 - 11'6"	-11,50	1,5	40,50	452,90	450 + 2'10 13/16"

Fonte: Autora (2019)

4.2.5 Raios de bojo

A nuvem de pontos adquirida a partir dos gráficos de meia boca para diferentes linhas d'água (seção 4.2.3) não inclui dados referentes ao raio de bojo de cada uma das balizas. O método de implantação das curvaturas dos raios de bojo fica implícito no texto original da Série 60 (TODD, 1963) e, por este motivo, buscou-se alternativas para a geração dos pontos que descrevem esses raios.

Dois métodos foram desenvolvidos com este propósito, os quais foram chamados de Método Kr e Método das Áreas Seccionais.

4.2.5.1 Método Kr

O coeficiente de raio de bojo (K_R) pode ser obtido através da curva localizada no gráfico da Figura 26, apresentado anteriormente. A curva possibilita que valores de K_R sejam encontrados a partir do valor de C_B de projeto do navio.

Por consequência, pode-se calcular o raio de bojo a partir do valor conhecido de K_R . Para isso, utiliza-se a Equação 6 apresentada na seção 4.2.1 que, se rearranjada, resulta na Equação 20 mostrada a seguir.

$$\text{Raio de bojo} = K_R \times \sqrt{B \times H} \quad (20)$$

Por meio da Figura 26 é observado que o valor de K_R obtido a partir da variável de entrada C_B corresponde ao coeficiente de raio de bojo da seção mestra. Isto é constatado pois, a partir deste C_B , o mesmo gráfico retorna o valor de C_X , o qual corresponde ao valor de C_m , coeficiente da seção mestra.

Assim, o raio de bojo da seção mestra e das balizas do corpo médio paralelo podem ser calculados facilmente. A título de exemplo, verifica-se que no caso do $C_B = 0,651$, encontra-se $K_R = 0,204$, e, portanto:

$$\text{Raio de bojo}_{SM} = 0,204 \times \sqrt{66 \times 27} \quad (21)$$

$$\text{Raio de bojo}_{SM} = 8,63 \text{ ft} \quad (22)$$

Pretendendo viabilizar a aquisição de raios de bojo para as demais balizas do navio, foi testado a obtenção de K_R para os C_X de cada baliza. Relembrando da Equação 5.1 do coeficiente da secção mestra, temos que:

$$C_X = \frac{A_X}{B(x) \times H(x)} \quad (23)$$

Assim, a Equação 23 possibilita calcular C_X para qualquer baliza, desde que sua área seccional seja conhecida. Desta forma, as áreas seccionais das balizas provenientes da curva SAC são utilizadas nos cálculos de C_X .

O próximo passo consiste em se determinar os valores K_R correspondentes aos C_X , o que exige a determinação dos valores C_B relativos aos C_X . Nesse caso utilizou-se a correlação existente entre as curvas C_X e K_r , onde C_X é descrito por uma equação polinomial de segundo grau definida a partir da Equação 24.

$$C_X = eC_B^2 + fC_B + g \quad (24)$$

Aplicando os coeficientes já calculados e descritos no Apêndice A, temos:

$$C_X = -0,095C_B^2 + 0,231C_B + 0,872 \quad (25)$$

Para determinar os possíveis valores de C_B é necessário calcular as raízes desta equação. A fórmula de *Bhaskara* é apresentada na Equação 26, a qual gera duas possíveis respostas: C_{B1} e C_{B2} , respectivamente mostradas nas Equações 27 e 28.

$$C_{B1,2} = \frac{-f \pm \sqrt{f^2 - 4e(g - C_X)}}{2e} \quad (26)$$

Onde,

$$C_{B1} = \frac{-f - \sqrt{f^2 - 4e(g - C_X)}}{2e} \quad (27)$$

E,

$$C_{B2} = \frac{-f + \sqrt{f^2 - 4e(g - C_X)}}{2e} \quad (28)$$

Deve-se verificar qual raiz retornará um valor de C_B coerente, e para isso testou-se ambas as equações com valores de C_X aleatórios, como mostrado na Figura 37.

Figura 37 – Verificação das raízes de C_B

C_B Entrada	C_X	C_{B1}	C_{B2}
0,600	0,976	1,829	0,600
0,640	0,981	1,789	0,640
0,689	0,986	1,740	0,689
0,761	0,993	1,668	0,761
0,800	0,996	1,629	0,800

Fonte: Autora (2019)

É importante relembrar que os valores C_X inseridos nas fórmulas C_{B1} e C_{B2} foram gerados a partir de um C_B , neste caso dentro do intervalo $0,6 < C_B < 0,8$. Desta forma, observa-se que os resultados da equação C_{B2} estão de acordo com os C_B de entrada, sendo esta, portanto, a raiz que gera resultados coerentes e que será utilizada no decorrer deste trabalho.

Por fim destaca-se que os C_B mostrados na quarta coluna da Figura 38 não correspondem ao conceito do coeficiente de bloco e divergem do valor de projeto e , como já dito anteriormente, são valores gerados por uma análise gráfica e apenas utilizados como meio para se obter K_r . De certa forma, poder-se-ia pensar que estes valores representariam o C_B de um navio que tivesse coeficiente da seção mestra igual ao coeficiente C_X da baliza analisada.

Figura 38 – Resultados de cálculo para o Raio de Bojo

Baliza	SAC	Cx	C _B	K _r	Raio de Bojo
1 (AP)	10,50	0,062	-1,944	-3,358	-141,75
2	225,72	0,359	-1,404	-1,821	-76,85
3	547,68	0,524	-1,051	-1,041	-43,94
4	883,64	0,653	-0,729	-0,487	-20,55
5	1175,86	0,751	-0,440	-0,116	-4,90
6	1405,08	0,830	-0,167	0,125	5,26
7	1574,81	0,898	0,120	0,262	11,05
8	1679,79	0,944	0,369	0,285	12,05
9	1728,79	0,970	0,550	0,246	10,41
10	1746,29	0,980	0,633	0,213	8,99
11	1749,78	0,982	0,651	0,204	8,63
12 (SM)	1749,78	0,982	0,651	0,204	8,63
13	1749,78	0,982	0,651	0,204	8,63
14	1740,17	0,976	0,601	0,227	9,59
15	1697,29	0,963	0,495	0,263	11,12
16	1610,65	0,943	0,361	0,286	12,07
17	1452,32	0,914	0,197	0,279	11,76
18	1237,10	0,878	0,029	0,231	9,77
19	964,13	0,850	-0,089	0,173	7,32
20	673,67	0,825	-0,189	0,109	4,62
21	407,11	0,830	-0,169	0,123	5,19
22	178,48	0,823	-0,195	0,105	4,42
23 (FP)	0,00	-	-	-	-

Fonte: Autora (2019)

A curva do coeficiente de raio de bojo é fornecida na Figura 26, e a partir dela é possível determinar a equação polinomial de segundo grau (Equação 29), a qual é detalhada no Apêndice B.

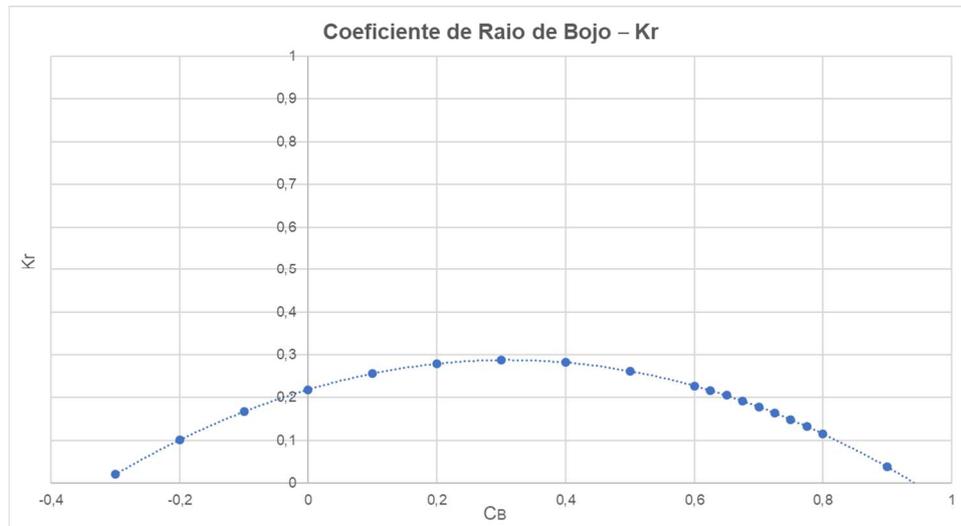
$$K_r = -0,718C_B^2 + 0,445C_B + 0,219 \quad (29)$$

Portanto, aplicando os valores de C_B , encontra-se K_r (Equação 29) e conseqüentemente o Raio de Bojo (Equação 20) para cada uma das balizas do casco.

Visando determinar as características das balizas para as quais este método pode ser aplicado, partiu-se do bom senso de que valores negativos de Raio de Bojo não são aceitáveis. Pela Figura 38, a coluna do coeficiente de bloco começa a gerar números negativos próximos à popa e à proa do navio. Porém, apesar desses valores de C_B , K_r ainda pode retornar coeficientes positivos. Assim, é necessário analisar outro limitante a fim de determinar até quais balizas os valores K_r e Raio de Bojo são coerentes. Deste modo, prolongou-se a curva de K_r a partir da Equação 29 para entender seu comportamento, conforme mostrado na Figura 39. Os pontos

utilizados no gráfico estão disponíveis no Apêndice B e pode-se observar que em $0,6 \leq C_B \leq 0,8$ a curva apresenta os mesmos valores mostrados na Figura 26.

Figura 39 – Curva K_r



Fonte: Autora (2019)

De tal modo nota-se que, com a diminuição de C_B , a parábola chega em seu valor máximo e começa a decair. Para identificar o ponto máximo da curva, deriva-se a Equação 29 e iguala-se a zero, como é mostrado na sequência.

$$\dot{K}_r = -1,44C_B + 0,445 \quad (30)$$

Assim,

$$0 = -1,44C_B + 0,445 \quad (31)$$

Portanto,

$$C_B = 0,310 \quad (32)$$

O valor de C_B encontrado é, portanto, aplicado novamente na Equação 29, a qual retornará o valor de K_r de interesse. Em resumo, o ponto máximo encontrado foi $K_r = 0,288$, localizado em $C_B = 0,310$.

Analisando-se a Figura 38, observa-se que as secções localizadas no corpo médio paralelo apresentam os menores Raio de Bojo, e estes raios tendem a aumentar gradativamente nas balizas mais próximas às extremidades do navio.

O corpo médio paralelo é a região com a maior área seccional, conforme pode ser observado na SAC e na curva C_X . Assim, quanto maior a área da secção, menor tende a ser o raio de bojo da baliza. Além disso, as balizas localizadas nas extremidades do casco tendem a possuir curvaturas mais complexas devido a questões hidrodinâmicas que fogem ao escopo deste trabalho.

Em suma, será considerado que o Raio de Bojo deve ter um aumento gradativo partindo da seção mestra em direção às extremidades do navio. Dessa maneira, para as balizas que possuem valores de $K_r < 0,288$ para coeficientes $C_B < 0,310$, o Método Kr não poderá ser utilizado, conforme estabelecido anteriormente. Nestas balizas, serão utilizados os pontos provenientes da Série 60 sem nenhuma alteração.

Para concluir o Método Kr é necessário determinar onde e como a curvatura do Raio de Bojo se encaixará em uma baliza, e de que modo pode-se padronizar este posicionamento. Feito isso, obtém-se a localização dos pontos que descrevem a curvatura do Raio de Bojo, os quais são substituídos na nuvem de pontos obtida na fase anterior.

Primeiramente, exportou-se para o programa *Rhinoceros* a nuvem de pontos da Série 60 sem alterações prévias, gerada na fase anterior. Também foi exportada a nuvem de pontos do mesmo navio gerada pelo programa Séries.

O intuito principal da utilização do programa Séries é a validação da ferramenta desenvolvida neste trabalho, a qual será apresentada nos tópicos subsequentes. Contudo, os pontos gerados pelo programa também serviram de apoio para esta fase do desenvolvimento, servindo de parâmetro para a determinação dos pontos referentes ao Raio de Bojo da baliza.

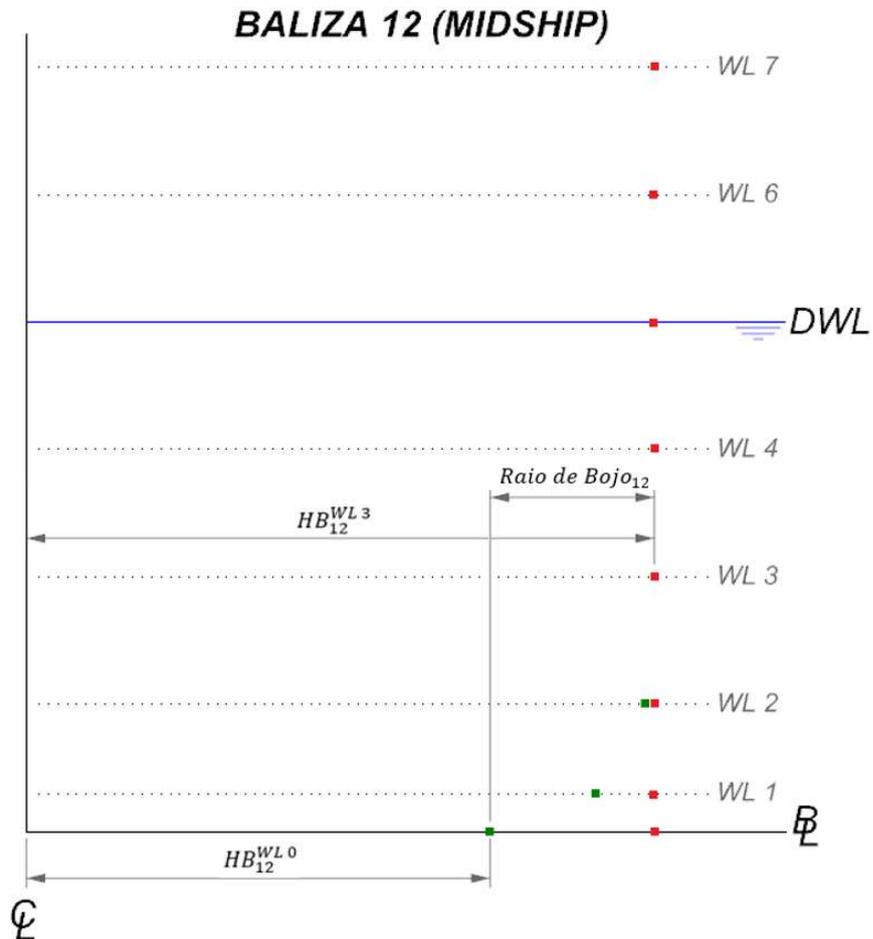
O primeiro passo consistiu na definição do ponto de partida para a curvatura do bojo. Este ponto será identificado por HB_i^{WL0} , e corresponde à meia boca da linha d'água 0 na baliza i . Por meio de tentativas e erros, chegou-se à conclusão que este ponto pode ser relacionado com a meia boca da linha d'água 3, HB_i^{WL3} , como é mostrado na Equação 33. As tentativas que foram descartadas levam em conta a meia boca das linhas d'água 2 e 4, e são exibidas no Apêndice C.

$$HB_i^{WL0} = HB_i^{WL3} - \text{Raio de Bojo}_i \quad (33)$$

A Figura 40 auxilia na compreensão do procedimento realizado e utiliza como exemplo os pontos da Baliza 12 (secção mestra). Os pontos vermelhos foram gerados pela Série 60 desta ferramenta e não possuem modificações. Os pontos verdes descrevem o Raio de Bojo da baliza,

os quais foram gerados a partir das informações dos pontos vermelhos e do Raio de Bojo definido na Figura 38. Neste caso obteve-se $Raio\ de\ Bojo_{12} = 8,63ft$.

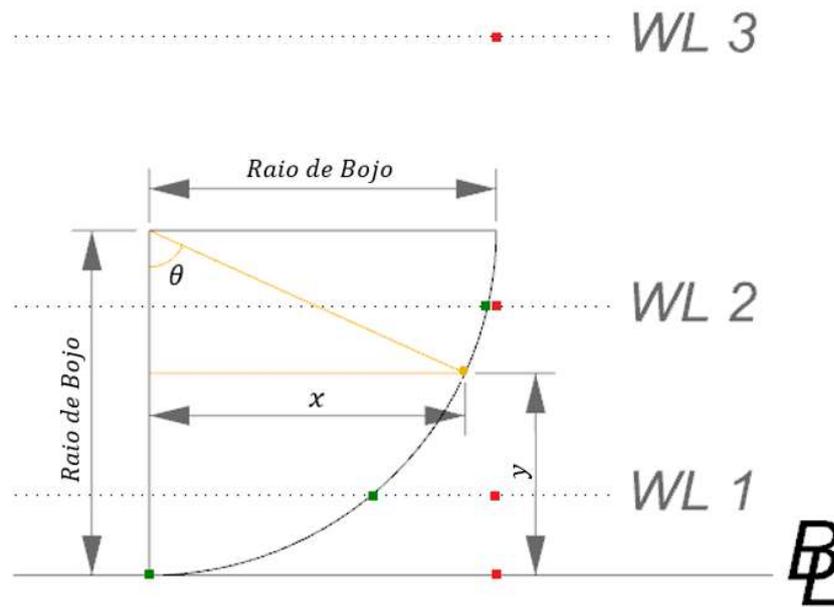
Figura 40 – Ilustração do Raio de Bojo



Nota-se que na Figura 40 existem, além de $HB_i^{WL 0}$, mais dois pontos verdes que definem a curva do Bojo. Para determiná-los, toma-se como base a distância $HB_i^{WL 0}$ e as alturas conhecidas das linhas d'água 1 e 2, que serão chamadas de $HB_i^{WL 1}$ e $HB_i^{WL 2}$.

Na Figura 41 é mostrada uma ampliação da região do bojo mostrada na Figura 40, a qual servirá de base para a definição dos pontos pertencentes a curva do bojo de uma baliza.

Figura 41 – Método de aquisição de pontos do Raio de Bojo



Fonte: Autora (2019)

Na Figura 41 é mostrada a curvatura do Raio de Bojo representada por um quarto de circunferência definido a partir do ponto $HB_i^{WL 0}$. O ponto amarelo foi criado para representar um ponto qualquer da curvatura, e o triângulo retângulo servirá como referência para o uso das coordenadas polares.

Com o objetivo de determinar a distância x para uma altura y conhecida, faz-se o uso da relação:

$$\text{sen } \theta = \frac{x}{\text{Raio de Bojo}_i} \quad (34)$$

Onde,

$$x = \text{Raio de Bojo}_i \times \text{sen } \theta \quad (35)$$

O ângulo *theta* do triângulo retângulo pode ser encontrado por outra relação trigonométrica, como mostrada nas Equações 36 e 37.

$$\text{cos } \theta = \frac{\text{Raio de Bojo}_i - y}{\text{Raio de Bojo}_i} \quad (36)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\text{Raio de Bojo}_i - y}{\text{Raio de Bojo}_i} \right) \quad (37)$$

Retornando à Equação 35 e substituindo *theta* pela Equação 37, tem-se:

$$x = \text{Raio de Bojo}_i \times \text{sen} \left(\cos^{-1} \left(\frac{\text{Raio de Bojo}_i - y}{\text{Raio de Bojo}_i} \right) \right) \quad (38)$$

Diante desta última equação, além da substituição do valor de *y* pela altura da linha d'água de interesse, ainda se faz necessário somar HB_i^{WL0} ao *x* encontrado, a fim de determinar o correto posicionamento dos pontos. Portanto:

$$HB_i^{WL_i^j} = HB_i^{WL0} + x \quad (39)$$

E,

$$x = \text{Raio de Bojo}_i \times \text{sen} \left(\cos^{-1} \left(\frac{\text{Raio de Bojo}_i - WL_i^j}{\text{Raio de Bojo}_i} \right) \right) \quad (40)$$

Por fim,

$$HB_i^{WL_i^j} = HB_i^{WL0} + \left(\text{Raio de Bojo}_i \times \text{sen} \left(\cos^{-1} \left(\frac{\text{Raio de Bojo}_i - WL_i^j}{\text{Raio de Bojo}_i} \right) \right) \right) \quad (41)$$

Na Equação 41 pode ser aplicada para qualquer altura de linha d'água entre a Linha de Base e a altura do Raio de Bojo. Porém, neste momento, a equação será aplicada aos pontos HB_i^{WL1} e HB_i^{WL2} referente as linhas d'água 1 e 2, os quais irão compor a nuvem de pontos do casco.

Convém lembrar que este procedimento deve ser aplicado apenas nas balizas nas quais o Método Kr é válido, conforme descrito anteriormente.

4.2.5.2 Método Áreas Seccionais

Visando aproximar ainda mais a ferramenta desenvolvida com os resultados observados no programa Series, buscou-se uma segunda alternativa para a implantação dos raios de bojo que pudesse ser aplicada à uma maior quantidade de balizas.

Esta proposta consiste na determinação dos valores de Raio de Bojo a partir da comparação entre a área teórica fornecida pela SAC e a área real calculada para a secção transversal das balizas modeladas. Portanto, quanto menor essa diferença, mais fiel será a representação da área seccional da baliza em relação ao que está estabelecido na SAC, e em teoria, mais precisa será a representação da forma da baliza.

Na Equação 42 é mostrada a função imposta durante o procedimento de ajuste iterativo das balizas. Tal função nada mais é do que a diferença entre a área estabelecida pela SAC e a área calculada pela integral da baliza modelada na nuvem de pontos.

$$SAC_i - A_i = 0 \quad (42)$$

Para que a relação acima seja verdadeira, é necessário modificar o valor da área seccional (A_i) por meio da mudança da posição dos pontos que representam o Raio de Bojo. Com este objetivo, desenvolveu-se um procedimento no qual a posição desses pontos é alterada iterativamente até que a relação acima seja respeitada.

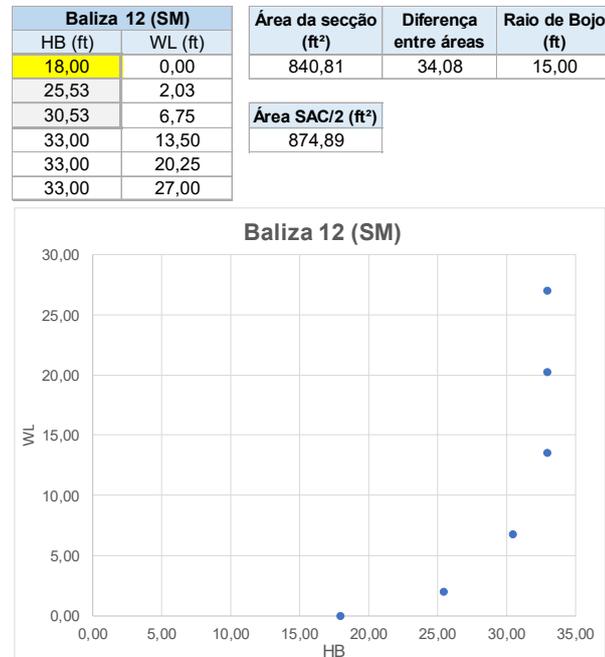
É importante observar que a posição dos demais pontos que descrevem a baliza é mantida fixa durante todo o procedimento.

Conforme discutido anteriormente, o bojo da baliza é representado por 3 pontos localizados nas linhas d'água 0, 1 e 2 (Figura 41). Esta curvatura tem início no ponto (HB_i^{WL0}), que, por sua vez, determina a posição dos pontos HB_i^{WL1} e HB_i^{WL2} através da mesma sequência descrita no Método Kr (Equação 41). Assim, o Raio de Bojo dependerá exclusivamente da posição de HB_i^{WL0} , que passa a ser um ponto de controle para a modificação da área da baliza modelada.

Para o cálculo numérico da área da baliza modelada, empregou-se o Método do Trapézio. Devido a limitações do Excel, e buscando facilitar a aplicação do método, algumas curvas foram aproximadas por retas. A descrição desta etapa e suas particularidades podem ser vistas no Apêndice D.

Como exemplo do desenvolvimento proposto, a Baliza 12 é mostrada na Figura 42, onde é possível observar uma diferença de cerca de 5% entre a área da curva SAC e a área da baliza modelada calculada utilizando-se o Método do Trapézio.

Figura 42 – Baliza sem ajuste do Raio de Bojo e da diferença entre áreas

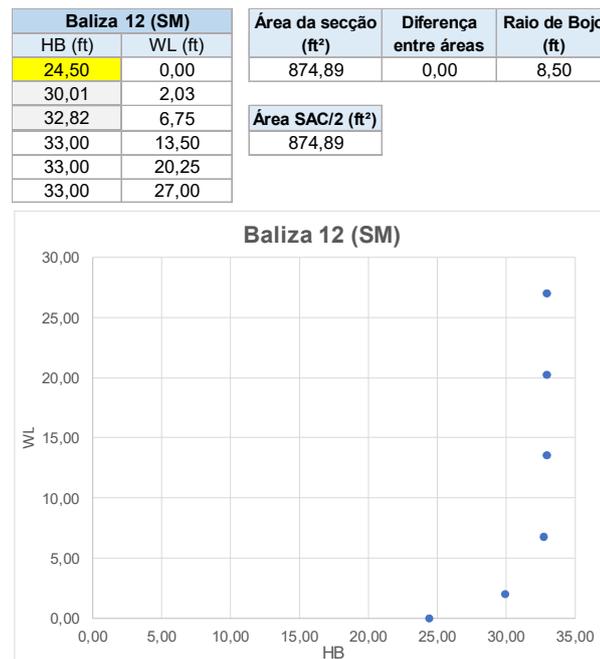


Fonte: Autora (2019)

Visando minimizar a diferença observada na Figura 42, aplicou-se o procedimento de otimização nativo do Excel denominado “Atingir Metas”. Neste caso, buscou-se zerar a diferença entre a área estabelecida na curva SAC e a área da baliza por meio da mudança da posição horizontal do ponto $HB_i^{WL^0}$. Este processo foi automatizado para todas as balizas com auxílio do VBA e a aplicação para o navio utilizado de exemplo estão disponíveis no Apêndice E.

Por fim, na Figura 43 é mostrado o resultado final para a baliza originalmente vista na Figura 42, onde observa-se que o procedimento desenvolvido modificou o Raio de Bojo e anulou a diferença entre a área de projeto (SAC) e a área efetivamente modelada na baliza.

Figura 43 – Baliza com diferença entre áreas nula e Raio de Bojo apropriado



Fonte: Autora (2019)

Os pontos gerados nesta primeira abordagem do Método de Áreas Seccionais foram exportados para o *Rhinoceros* para uma melhor visualização. Tais resultados foram então sobrepostos ao plano de linhas proveniente do programa Series.

Por meio de uma análise visual, constatou-se que algumas balizas apresentaram curvaturas muito diferentes daquelas observadas nos dados extraídos do programa Series. Inclusive, balizas muito próximas das perpendiculares de ré e vante geraram valores negativos de meia boca na curvatura do bojo, ou seja, valores que ultrapassaram o limite da linha de centro da baliza.

Consequentemente, descartou-se a utilização do Método de Áreas Seccionais para as balizas 0, 1, 2, 3, 4, 22 e 23, as quais mantiveram seus valores originais da Série 60 sem implementação de Raio de Bojo.

Os resultados da aplicação do Método de Áreas Seccionais para determinação de Raio de Bojo são mostrados na Figura 44, onde em vermelho, destacam-se as balizas que não sofreram alteração geométrica.

Figura 44 – Raio de Bojo a partir do Método Áreas Seccionais

Baliza	SAC/2 (ft ²)	Raio de Bojo (ft)
1 (AP)	5,25	0,00
2	112,86	8,07
3	273,84	12,88
4	441,82	15,46
5	587,93	16,97
6	702,54	17,17
7	787,40	15,56
8	839,90	13,10
9	864,39	10,61
10	873,14	8,91
11	874,89	8,50
12 (SM)	874,89	8,50
13	874,89	8,50
14	870,09	9,16
15	848,64	11,66
16	805,32	12,57
17	726,16	14,71
18	618,55	14,69
19	482,07	14,03
20	336,83	12,89
21	203,56	10,13
22	89,24	6,59
23 (FP)	0,00	0,00

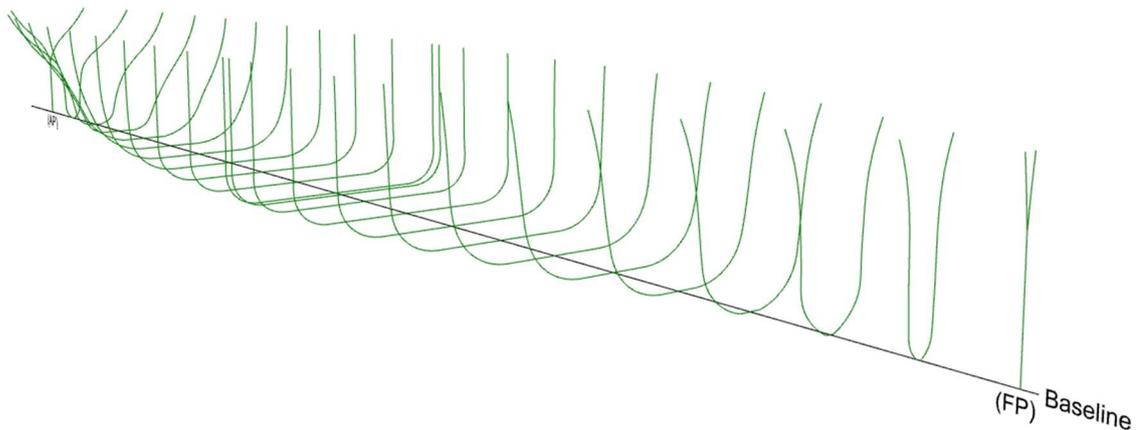
Fonte: Autora (2019)

4.2.6 Nuvem de pontos da Série 60

Por fim, os métodos da ferramenta explicados anteriormente geram, cada um, uma nuvem de pontos que representa a superfície do casco do navio em projeto. Os dados das nuvens de pontos são organizados em 3 colunas, onde a primeira representa a distância longitudinal (L), a segunda coluna representa as meias boca (HB), e a terceira coluna, as alturas de linhas d'água (WL).

As nuvens de pontos foram exportadas para o programa *Rhinoceros* para uma melhor visualização das balizas e posterior aquisição de suas áreas. Na Figura 45 observa-se a vista em perspectiva das balizas importadas no ambiente do *Rhinoceros*.

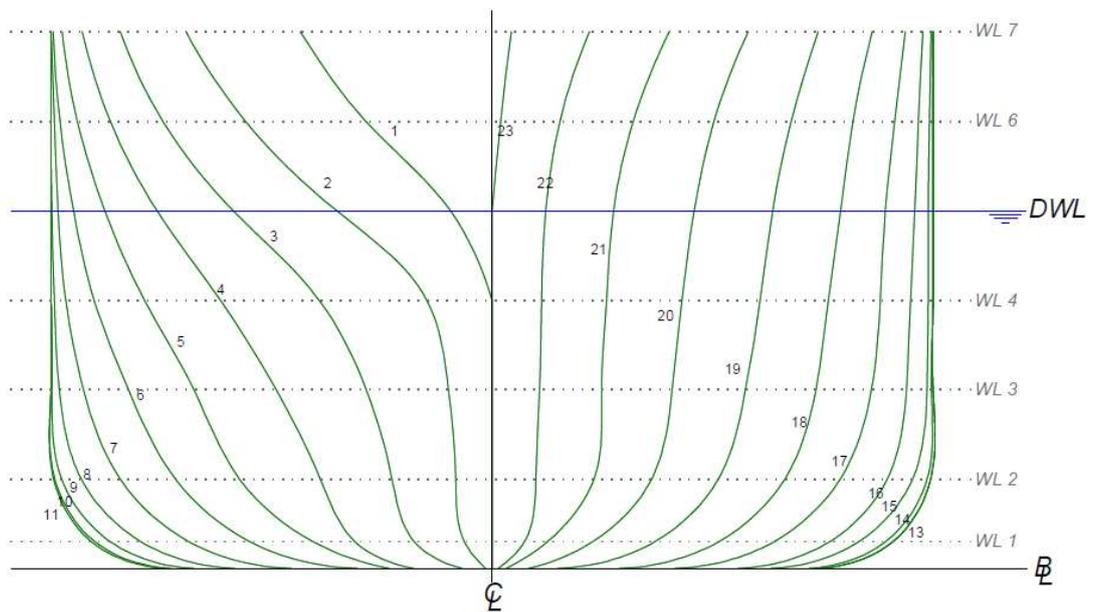
Figura 45 – Balizas do navio *Schuyler Otis Bland* pelo Método Áreas Seccionais



Fonte: Autora (2019)

A criação de curvas a partir da nuvem de pontos pode gerar o plano de linhas da embarcação. Na Figura 46, são mostradas as curvas criadas a partir dos pontos da Figura 45.

Figura 46 – Criação de curvas a partir da nuvem de pontos anterior



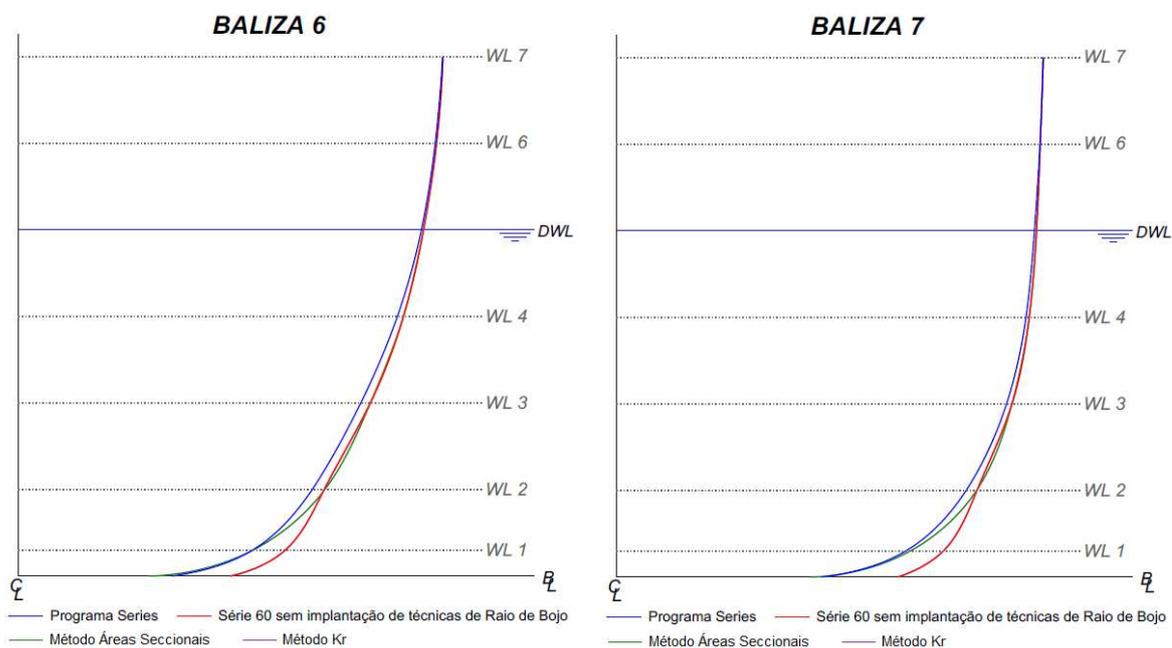
Fonte: Autora (2019)

4.2.7 Balizas da Série 60

As nuvens de pontos geradas pelos métodos da ferramenta da Série 60 e pelo programa Series foram exportadas para o *Rhinoceros*. Assim, as curvaturas de algumas balizas foram

criadas com a finalidade de comparar os métodos. Nas figuras subsequentes são apresentadas 5 balizas do corpo de ré, 5 balizas do corpo de vante, e as balizas extremas do CMP.

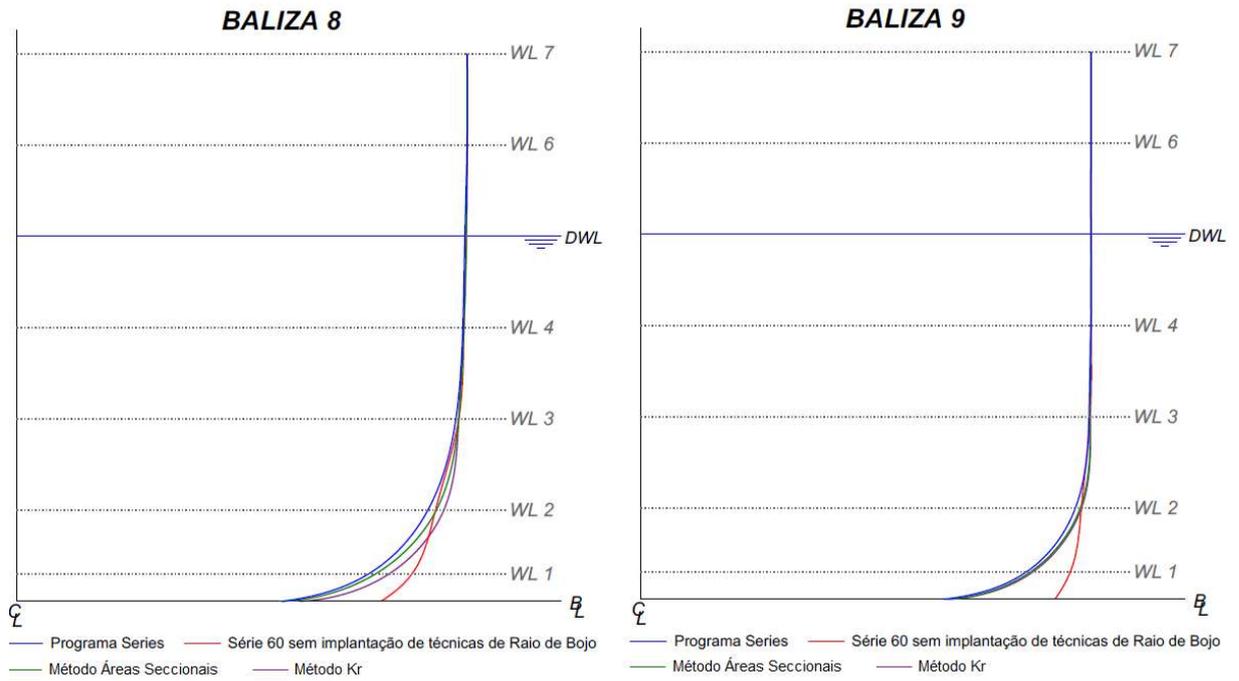
Figura 47 – Balizas 6 e 7 localizadas no corpo de ré



Fonte: Autora (2019)

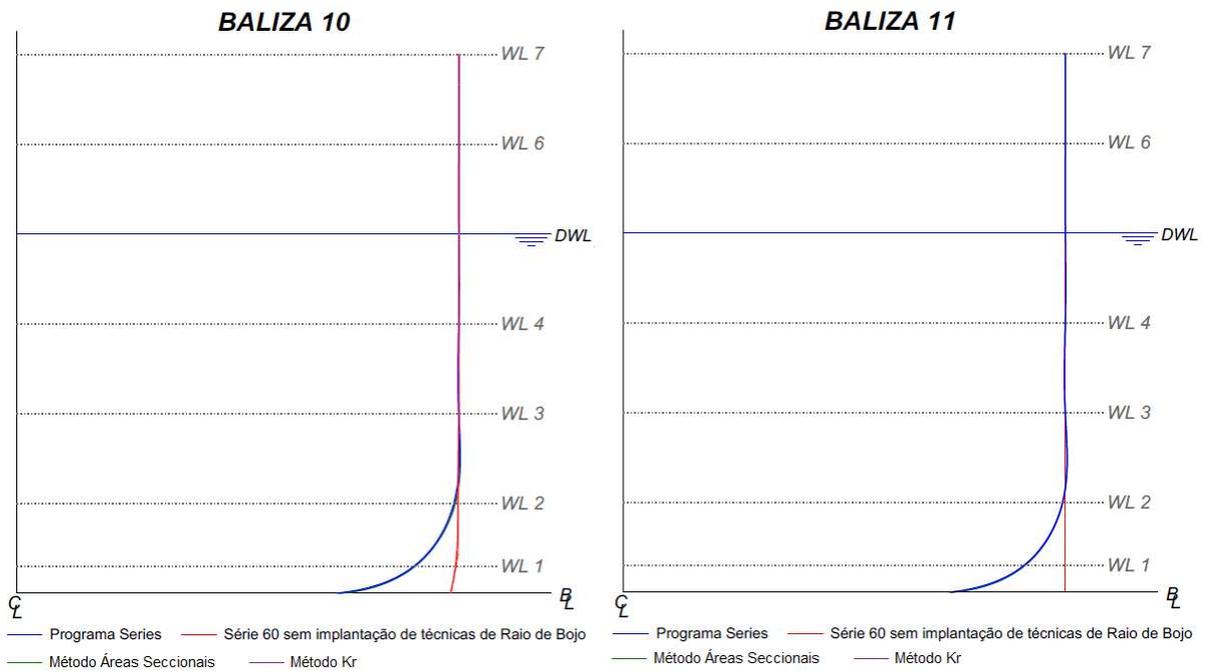
A curvatura do Método Kr é quase imperceptível na Figura 47. Isso ocorre porque o método utiliza, nestas balizas, os mesmos pontos gerados pela Série 60 sem implantação de técnicas de Raio de Bojo. Portanto, as linhas estão sobrepostas. Essa situação pode vir a ocorrer em outras balizas.

Figura 48 – Balizas 8 e 9 localizadas no corpo de ré



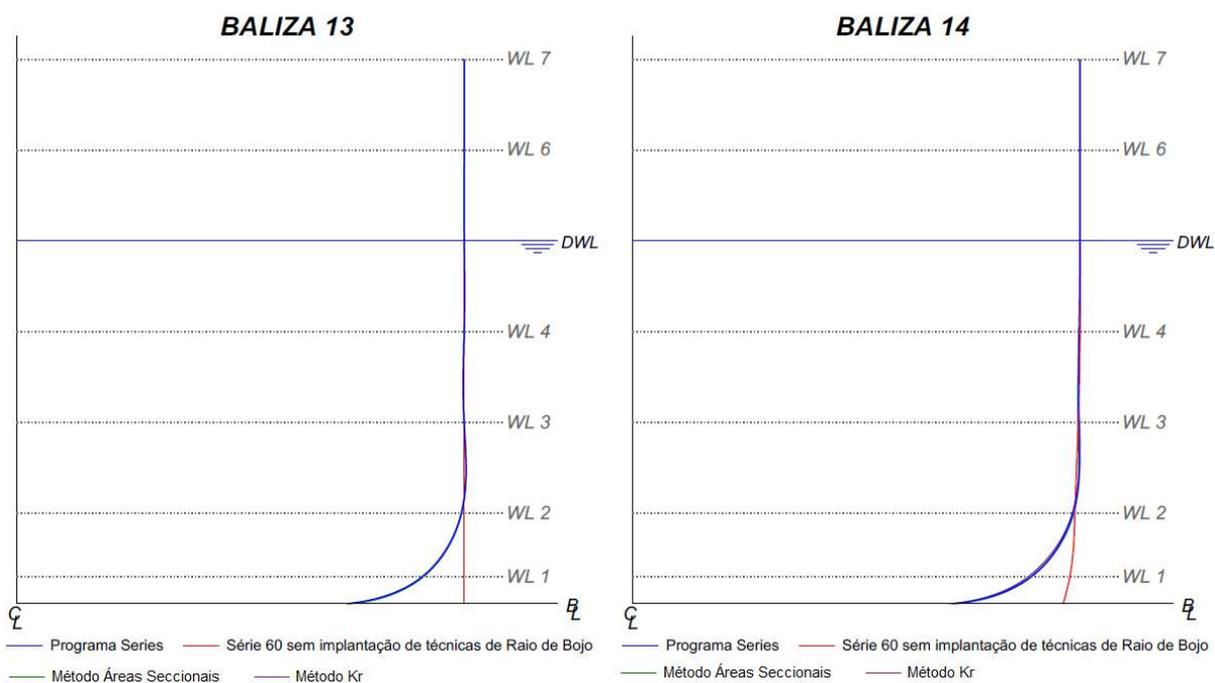
Fonte: Autora (2019)

Figura 49 – Balizas 10 e 11 localizadas no corpo de ré



Fonte: Autora (2019)

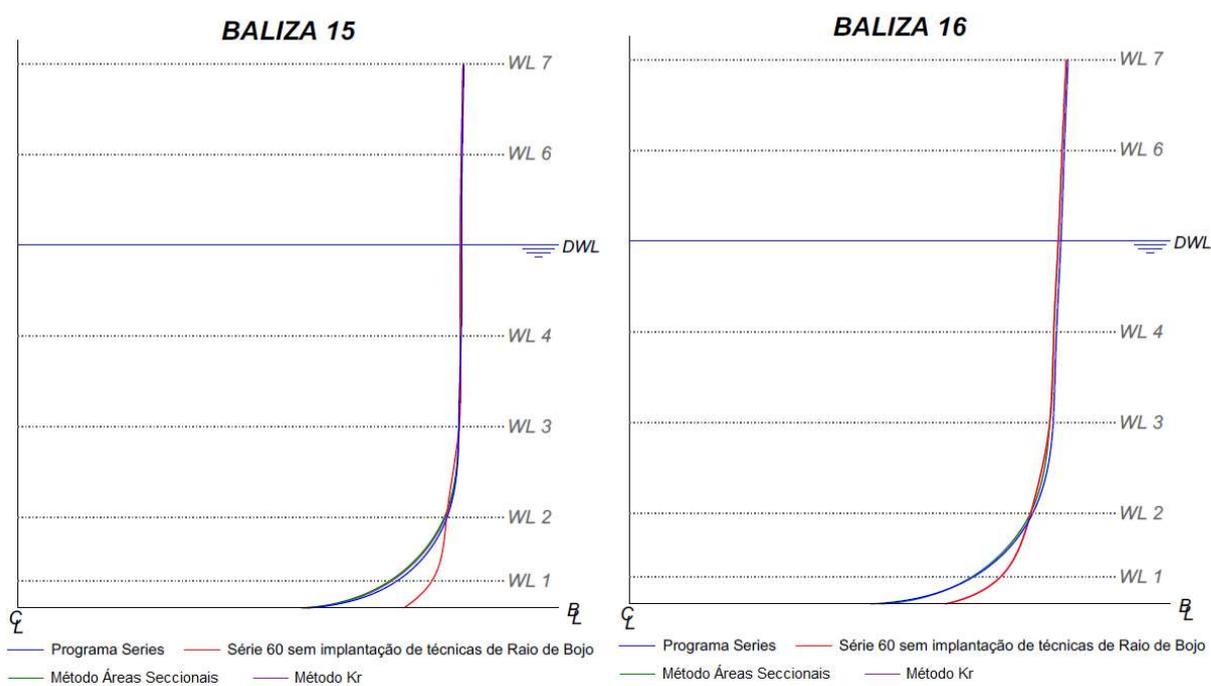
Figura 50 – Balizas 13 e 14 localizadas no corpo de vante



Fonte: Autora (2019)

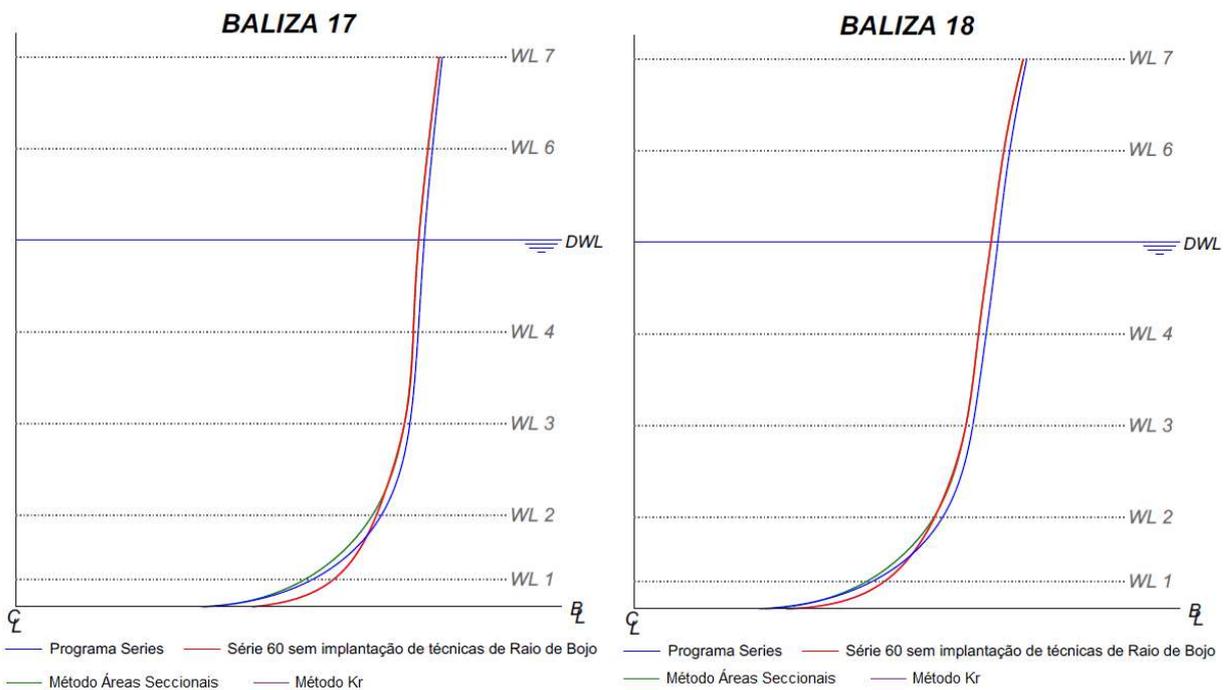
As balizas 11 e 13, apresentadas na Figura 49 e na Figura 50, respectivamente, representam o início e o fim do CMP.

Figura 51 – Balizas 15 e 16 localizadas no corpo de vante



Fonte: Autora (2019)

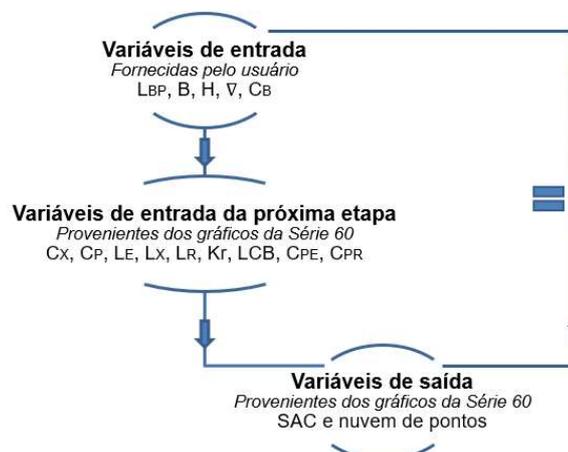
Figura 52 – Balizas 17 e 18 localizadas no corpo de vante



4.3 VERIFICAÇÃO

A etapa de verificação analisa se os objetivos da ferramenta são cumpridos de forma correta, sem erros de modelagem e/ou implementação. Ou seja, se os dados gerados pela ferramenta correspondem aos dados de entrada, como mostrado na Figura 53. Assim, os parâmetros escolhidos para a verificação da ferramenta desenvolvida foram C_B , C_P , LCB , deslocamento e área seccional das balizas.

Figura 53 – Fluxograma da ferramenta



Iniciou-se a verificação com a análise dos parâmetros C_p , LCB e deslocamento, sendo estes calculados a partir da SAC modelada. A Série fornece informações para que dois trechos da curva SAC sejam gerados, um referente ao corpo de vante e outro referente ao corpo de ré. Assim, entre estas curvas, encontra-se o CMP do navio, o qual é representado por uma reta horizontal conectando os trechos referentes aos corpos de vante e de ré.

Como pode ser visto em Lewis (1988), é possível obter C_p , LCB e o deslocamento por meio da integração da curva SAC, conforme será apresentado neste capítulo.

Inicialmente é importante observar que os trechos da curva SAC referentes ao corpo de vante e ao corpo de ré são descritos por uma equação polinomial de sexto grau, na forma da Equação 43.

$$SAC(x) = ax^6 + bx^5 + cx^4 + dx^3 + ex^2 + fx + g \quad (43)$$

Onde,

x : Representa a distância da baliza medida a partir da perpendicular de ré (AP).

Neste caso, substituindo-se a Equação 43 na Equação 44, o volume da proa modelada pode ser calculado utilizando-se a Equação 45. O volume da popa pode ser obtida pela mesma Equação 45, modificando-se os coeficientes polinomiais.

$$Volume(x) = \int_a^b SAC(x) dx \quad (44)$$

$$Volume\ da\ proa(x) = \left. \frac{ax^7}{7} + \frac{bx^6}{6} + \frac{cx^5}{5} + \frac{dx^4}{4} + \frac{ex^3}{3} + \frac{fx^2}{2} + gx \right]_a^b \quad (45)$$

Onde,

a : Limite inferior de integração.

b : Limite superior de integração.

O limite de integração para o corpo de ré se inicia em AP e segue até a última baliza da curva (Equação 46). Já para o corpo de vante, o limite se inicia na primeira baliza que descreve a curva e se prolonga até FP (Equação 47).

$$a_{ré} = 0 \text{ e } b_{ré} = 221,4 \quad (46)$$

$$a_{vante} = 237,6 \text{ e } b_{ré} = 450 \quad (47)$$

No caso do corpo médio paralelo, a geometria retangular da SAC nesse trecho facilita a integração, que pode ser simplificada na forma da Equação 48.

$$Volume(x) = (x_{final}^{CMP} - x_{inicial}^{CMP}) \times \acute{A}rea(x^{CMP}) \quad (48)$$

Assim, o volume total da SAC pode ser obtido considerando-se a soma dos volumes calculados nos três trechos que compõem a curva, e cujas equações foram apresentadas neste capítulo.

$$Volume\ total = \sum Volume(x) \quad (49)$$

Além do volume deslocado, é possível calcular *LCB* aplicando-se o método da integração ao longo da curva SAC.

Como, no caso do modelo da Série 60, o *LCB* é referenciado a partir da secção mestra, primeiramente se faz necessário calcular essa posição tendo como referência a posição AP.

Para os corpos de vante e ré, pode-se calcular seus centróides a partir da Equação 51.

$$Centróide(x) = \frac{\int_a^b Sac(x) * x}{\nabla} dx \quad (50)$$

Assim, obtém-se:

$$Centróide(x) = \frac{\left[\frac{ax^8}{8} + \frac{bx^7}{7} + \frac{cx^6}{6} + \frac{dx^5}{5} + \frac{ex^4}{4} + \frac{fx^3}{3} + \frac{gx^2}{2} \right]_a^b}{\nabla} \quad (51)$$

Onde,

x: Representa a distância da baliza medida a partir da perpendicular de ré (AP).

A exemplo do cálculo do volume deslocado, o centróide do corpo médio paralelo pode ser determinado a partir da simplificação da Equação 51, que assume a forma da Equação 52.

$$\text{Centróide}(x) = x_{inicial}^{CMP} + \left(\frac{x_{final}^{CMP} - x_{inicial}^{CMP}}{2} \right) \quad (52)$$

Assim, o centróide da SAC pode ser determinado pela média ponderada entre os centróides dos três trechos considerados:

$$\text{Centróide}(x) = \frac{\sum \text{Volume}(x) \times \text{Centróide}(x)}{\sum \text{Volume}(x)} \quad (53)$$

Na Figura 54 são mostrados os dados referentes ao exemplo descrito na Série 60 e que foi utilizado para verificação desta etapa do desenvolvimento.

Figura 54 – Resultados do volume e centróide da SAC

	Baliza	Distância (ft)	SAC (ft ²)	Volume (ft ³)	Centróide (ft)
Corpo de ré, AP, ft	1 (AP)	0,00	10,50	-	-
	2	22,14	225,72	-	-
	3	44,28	547,68	-	-
	4	66,42	883,64	-	-
	5	88,56	1175,86	-	-
	6	110,70	1405,08	-	-
	7	132,84	1574,81	-	-
	8	154,98	1679,79	-	-
	9	177,12	1728,79	-	-
	10	199,26	1746,29	262495,02	140,14
CMP, ft	11	221,40	1749,78	-	-
	12 (SM)	225,00	1749,78	28346,51	229,50
	13	237,60	1749,78	-	-
Corpo de vante, FWD, ft	14	258,84	1740,17	-	-
	15	280,08	1697,29	-	-
	16	301,32	1610,65	-	-
	17	322,56	1452,32	-	-
	18	343,80	1237,10	-	-
	19	365,04	964,13	-	-
	20	386,28	673,67	-	-
	21	407,52	407,11	-	-
	22	428,76	178,48	-	-
	23 (FP)	450,00	0,00	230454,71	311,23
TOTAL				521296,24	220,64

Fonte: Autora (2019)

Uma vez realizado os cálculos de volume e LCB, esses devem ser convertidos em unidades compatíveis com os dados iniciais utilizados na modelagem. O deslocamento

determinado na Figura 54 está expresso na unidade de medida ft^3 , e precisa ser convertido para massa ($tons$) por meio da Equação 57, a qual é deduzida a partir da equação:

$$m = \rho \times V \quad (54)$$

Densidade da água salgada:

$$\rho_{sw} = 63,96 \frac{lbs}{ft^3} \quad (55)$$

Conversão de libra para quilograma:

$$1 lb = 0,453592 kg \quad (56)$$

$$m [tons] = \frac{\left(63,96 \left[\frac{lbs}{ft^3} \right] \times 0,453592 \left[\frac{kg}{lbs} \right] \right) \times V [ft^3]}{1000 \left[\frac{kg}{tons} \right]} \quad (57)$$

Por fim, o valor do coeficiente C_p foi calculado utilizando a Equação 3, discutida na fundamentação teórica.

Aplicando-se o ajuste descrito na Equação 57, aos resultados da Figura 54, pode-se realizar a comparação (Figura 55) entre os resultados obtidos pela ferramenta desenvolvida e os valores definidos no projeto conceitual da embarcação.

Figura 55 – Resultados da verificação

Verificação da ferramenta			
	Valores calculados	Valores do projeto conceitual	% Erro
LCB a partir da SM	4,36 aft	4,50 aft	3,01%
LCB %	0,97% aft	1,00% aft	3,01%
Deslocamento	15352,86 tons	14920,00 tons	2,90%
Cp	0,662	0,663	0,16%

Fonte: Autora (2019)

Como pode ser observado, o procedimento desenvolvido resultou em um erro baixo, inferior a 5%, nos três parâmetros analisados. Conclui-se, portanto, que a ferramenta

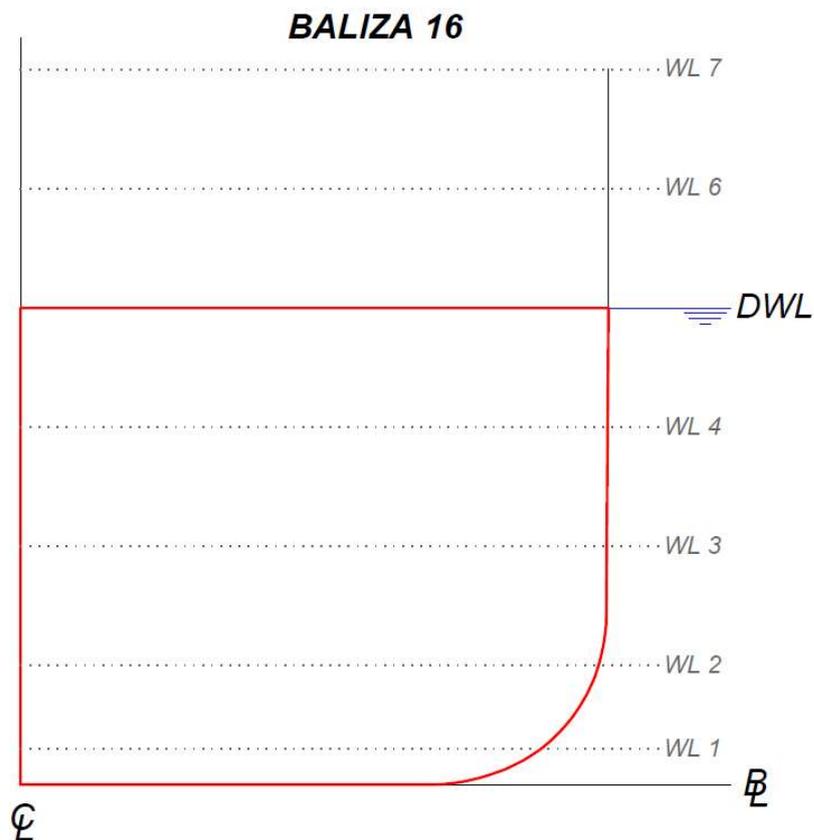
desenvolvida é capaz de determinar a curva SAC que representa corretamente os dados do projeto conceitual.

O próximo passo compreende a verificação da nuvem de pontos. Neste caso o objetivo é verificar se as balizas geradas possuem, de fato, a área descrita na curva SAC.

Para essa verificação, exportou-se para o programa *Rhinoceros* a nuvem de pontos gerada por cada um dos três métodos discutidos no capítulo anterior: Método sem implantação de técnicas de Raio de Bojo, Método Kr e Método Áreas Seccionais.

A seguir, os pontos de cada uma das balizas foram interpolados utilizando-se o comando “*Curve: interpolate points*”, conforme discutido na seção 3.3. Por fim, as balizas foram “fechadas” utilizando-se a reta horizontal descrita pela *WL 7* e a reta vertical descrita pela linha de simetria da baliza (Figura 56).

Figura 56 – Exemplo da curva gerada para o cálculo da área seccional da baliza modelada



Fonte: Autora (2019)

Uma vez que a baliza tenha sido convertida em uma figura plana (Figura 56) a área interna pode ser calculada por meio do comando “*Area*”. A seguir, a área da baliza modelada é

comparada ao valor descrito na curva SAC, resultando no erro percentual calculado utilizando-se a Equação 58.

$$Erro = \left| \frac{\text{Área}_{SAC} - \text{Área}_{Baliza}}{\text{Área}_{SAC}} \right| \times 100\% \quad (58)$$

Esse mesmo procedimento foi aplicado a cada uma das balizas referentes a cada um dos três métodos analisados, resultando nos dados compilados na Figura 57.

É importante observar que as cores mostradas na Figura 66 à Figura 57 foram produzidas pela técnica de formatação condicional “mapa de calor”, disponível na ferramenta Excel, e não representam uma mesma escala numérica.

Figura 57 – Áreas dos diferentes métodos e seus respectivos erros comparados à SAC

Baliza	Área das balizas pelo programa <i>Rhinoceros</i>				Porcentagem de erro		
	Paper Série 60 SAC HB (ft ²)	Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo (ft ²)	Método Kr (ft ²)	Método Áreas Seccionais (ft ²)	SAC x Método sem implantação de técnicas para Raio de Bojo	SAC x Método Kr	SAC x Método Áreas Seccionais
1 (AP)	5,25	4,74	4,74	4,74	9,70%	9,70%	9,70%
2	112,86	113,57	113,57	113,68	0,63%	0,63%	0,72%
3	273,84	280,23	280,23	280,23	2,33%	2,33%	2,33%
4	441,82	446,68	446,68	446,68	1,10%	1,10%	1,10%
5	587,93	595,97	595,97	589,84	1,37%	1,37%	0,32%
6	702,54	715,53	715,53	704,59	1,85%	1,85%	0,29%
7	787,40	801,53	801,53	789,69	1,79%	1,79%	0,29%
8	839,90	853,84	849,16	841,75	1,66%	1,10%	0,22%
9	864,39	879,86	866,90	865,65	1,79%	0,29%	0,15%
10	873,14	889,47	873,58	873,91	1,87%	0,05%	0,09%
11	874,89	891,00	875,03	875,56	1,84%	0,02%	0,08%
12 (SM)	874,89	891,00	875,03	875,56	1,84%	0,02%	0,08%
13	874,89	891,00	875,03	875,56	1,84%	0,02%	0,08%
14	870,09	884,96	869,37	871,02	1,71%	0,08%	0,11%
15	848,64	865,20	851,06	850,20	1,95%	0,28%	0,18%
16	805,32	816,27	816,27	806,87	1,36%	1,36%	0,19%
17	726,16	738,66	738,66	728,19	1,72%	1,72%	0,28%
18	618,55	626,11	626,11	620,38	1,22%	1,22%	0,30%
19	482,07	487,73	487,73	483,55	1,17%	1,17%	0,31%
20	336,83	342,10	342,10	338,59	1,56%	1,56%	0,52%
21	203,56	207,20	207,20	205,38	1,79%	1,79%	0,90%
22	89,24	91,05	91,05	91,05	2,03%	2,03%	2,03%
23 (FP)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-

Fonte: Autora (2019)

Observando-se os dados da Figura 57, nota-se que o Método sem implantação de técnicas de Raio de Bojo foi aquele que resultou nos maiores erros e que a aplicação do Método de Áreas Seccionais possibilitou a obtenção de balizas com áreas consideravelmente próximas àquelas definidas na curva SAC.

Assim, verificou-se que a ferramenta desenvolvida é capaz de gerar balizas coerentes e consistentes com a formulação proposta pela Série 60.

4.4 VALIDAÇÃO

A etapa de validação consiste na comparação do plano de linhas gerado pela ferramenta desenvolvida; com aquele gerado pelo programa Series.

Conforme descrito no capítulo de metodologia, o programa Series é uma ferramenta consolidada, e cujo uso está documentado no Apêndice F.

Tal comparação considerou duas medidas de erro: a comparação entre a posição dos pontos que formam a baliza e a área total da baliza modelada. A primeira medida de erro visa verificar se existem pontos consideravelmente diferentes ao longo do casco. Já a segunda, visa verificar se o conjunto de pontos de uma baliza apresenta a área interna desejada.

O processo de validação foi realizado para o navio constante no exemplo descrito no Apêndice D de Todd (1963), e também para três navios selecionados em Significant Ships of 2010 (2011) e Significant Ships of 2013 (2014).

A seleção dos navios utilizados no processo de validação buscou variar ao máximo o valor do coeficiente C_B e das relações L/B e B/H , dentro das limitações impostas pela Série 60. Os parâmetros referentes ao projeto conceitual dos navios selecionados são apresentados na Figura 58.

Figura 58 – Navios selecionados

Navio	Número IMO	LBP (m)	B (m)	H (m)	D (m)	Cb	∇ (tons)	L/B	B/H
APL TEMASEK	9631955	352,00	51,00	14,50	29,85	0,68	195751	6,902	3,517
SEASMILE	9632820	242,00	37,40	12,00	21,10	0,65	81976	6,471	3,117
CAP INES	9484546	251,00	32,20	12,00	21,50	0,69	76900	7,795	2,683

Fonte: Autora (2019)

A comparação entre a posição dos pontos que compõem cada uma das balizas do casco é exibida na Figura 59 (navio *Schuyler Otis Bland*), Figura 61 (navio *Apl Temasek*), Figura 63 (navio *Seasmile*) e Figura 65 (Navio *Cap Ines*).

Contudo, nessas figuras são analisadas apenas as posições dos pontos localizados nas linhas d'água 0, 1 e 2, as quais são influenciadas pelo método de ajuste do bojo da secção. Os demais pontos referentes as demais linhas d'água não sofrem modificação, e os dados completos estão disponíveis Apêndice G. Tal comparação é expressa na forma de erro percentual Equação 58 entre a posição dos pontos obtidos com auxílio do programa Series e a posição dos pontos obtidos na ferramenta desenvolvida; considerando cada um dos métodos de ajuste do bojo.

Na Figura 60 (navio *Schuyler Otis Bland*), Figura 62 (navio *Apl Temasek*), Figura 64 (navio *Seasmile*) e Figura 66 (Navio *Cap Ines*) são comparadas as áreas seccionais de cada baliza modelada com as áreas das balizas obtidas com o auxílio do programa Series.

A análise dos resultados mostra que os menores erros associados à posição dos pontos ocorreram com a aplicação do Método das Áreas Seccionais para o ajuste do bojo. Esse comportamento foi observado em todos os casos analisados.

Em relação a comparação das áreas das balizas modeladas, observa-se que até mesmo o programa Series possui divergências em relação à SAC constante no exemplo desenvolvido no Apêndice D de Todd (1963). Além disso, o Método Kr se mostra perfeito para as balizas do corpo médio paralelo, gerando valores muito confiáveis. Por fim, o Método das Áreas Seccionais gera o menor erro em relação ao conjunto das balizas.

Observa-se, ainda, que o Método sem implementação de Raio de Bojo se mostra o menos eficaz, evidenciando a necessidade da implementação da curvatura dos bojos na modelagem do casco utilizando a Série 60.

Figura 59 – Navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60)

WL	Baliza	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais
0	2	10,60%	10,60%	10,60%
1	2	10,07%	10,07%	10,07%
2	2	6,00%	6,00%	6,00%
0	3	31,28%	31,28%	31,28%
1	3	16,55%	16,55%	16,55%
2	3	6,36%	6,36%	6,36%
0	4	36,51%	36,51%	36,51%
1	4	15,40%	15,40%	15,40%
2	4	6,06%	6,06%	6,06%
0	5	37,33%	37,33%	1,90%
1	5	14,43%	14,43%	0,70%
2	5	5,85%	5,85%	8,20%
0	6	38,11%	38,11%	15,22%
1	6	14,09%	14,09%	0,30%
2	6	4,11%	4,11%	4,31%
0	7	37,30%	37,30%	5,11%
1	7	13,07%	13,07%	1,59%
2	7	3,10%	3,10%	3,01%
0	8	37,23%	6,48%	0,78%
1	8	12,38%	5,85%	2,01%
2	8	1,87%	3,87%	2,06%
0	9	36,99%	2,00%	0,82%
1	9	11,44%	1,74%	1,12%
2	9	1,37%	1,40%	1,14%
0	10	35,79%	0,64%	0,99%
1	10	10,54%	0,20%	0,38%
2	10	0,98%	0,29%	0,35%
0	11	35,41%	0,03%	0,53%
1	11	10,29%	0,00%	0,29%
2	11	0,64%	0,00%	0,08%
0	12 (SM)	35,41%	0,03%	0,53%
1	12 (SM)	10,29%	0,00%	0,29%
2	12 (SM)	0,64%	0,00%	0,08%
0	13	35,41%	0,03%	0,53%
1	13	10,29%	0,00%	0,29%
2	13	0,64%	0,00%	0,08%
0	14	34,61%	1,14%	0,49%
1	14	9,75%	0,65%	0,21%
2	14	0,48%	0,06%	0,23%
0	15	33,23%	1,38%	2,23%
1	15	9,17%	1,41%	1,86%
2	15	0,09%	0,40%	0,61%
0	16	30,82%	30,82%	3,66%
1	16	7,92%	7,92%	0,34%
2	16	0,50%	0,50%	0,56%
0	17	27,69%	27,69%	1,22%
1	17	7,12%	7,12%	2,52%
2	17	1,35%	1,35%	2,45%
0	18	21,96%	21,96%	4,53%
1	18	5,20%	5,20%	2,32%
2	18	2,58%	2,58%	2,82%
0	19	15,65%	15,65%	7,60%
1	19	2,66%	2,66%	4,66%
2	19	3,74%	3,74%	4,05%
0	20	6,33%	6,33%	6,33%
1	20	1,17%	1,17%	11,77%
2	20	5,16%	5,16%	4,40%
0	21	1,95%	1,95%	1,95%
1	21	25,19%	25,19%	1,32%
2	21	4,64%	4,64%	0,04%
0	22	22,32%	22,32%	22,32%
1	22	6,37%	6,37%	6,37%
2	22	5,62%	5,62%	5,62%

Fonte: Autora (2019)

Figura 60 – Navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60)

Baliza	Paper Série 60			Área das balizas pelo programa <i>Rhinoceros</i>				Porcentagem de erro			
	SAC HB (ft²)	Programa Séries (ft²)	Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo (ft²)	Método Kr (ft²)	Método Áreas Seccionais (ft²)	Programa Séries x SAC	Programa Séries x Método sem implantação de técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
1 (AP)	5,25	8,76	4,74	4,74	4,74	66,82%	45,87%	45,87%	45,87%		
2	112,86	107,33	113,57	113,57	113,68	4,90%	5,82%	5,82%	5,92%		
3	273,84	263,52	280,23	280,23	280,23	3,77%	6,34%	6,34%	6,34%		
4	441,82	424,04	446,68	446,68	446,68	4,03%	5,34%	5,34%	5,34%		
5	587,93	570,72	595,97	595,97	589,84	2,93%	4,42%	4,42%	3,35%		
6	702,54	690,00	715,53	715,53	704,59	1,78%	3,70%	3,70%	2,11%		
7	787,40	778,38	801,53	801,53	789,69	1,15%	2,97%	2,97%	1,45%		
8	839,90	833,59	853,84	849,16	841,75	0,75%	2,43%	1,87%	0,98%		
9	864,39	861,53	879,86	866,90	865,65	0,33%	2,13%	0,62%	0,48%		
10	873,14	872,72	889,47	873,58	873,91	0,05%	1,92%	0,10%	0,14%		
11	874,89	874,98	891,00	875,03	875,56	0,01%	1,83%	0,00%	0,07%		
12 (SM)	874,89	874,98	891,00	875,03	875,56	0,01%	1,83%	0,00%	0,07%		
13	874,89	874,98	891,00	875,03	875,56	0,01%	1,83%	0,00%	0,07%		
14	870,09	870,16	884,96	869,37	871,02	0,01%	1,70%	0,09%	0,10%		
15	848,64	854,00	865,20	851,06	850,20	0,63%	1,31%	0,34%	0,44%		
16	805,32	811,70	816,27	816,27	806,87	0,79%	0,56%	0,56%	0,60%		
17	726,16	740,53	738,66	738,66	728,19	1,98%	0,25%	0,25%	1,67%		
18	618,55	634,41	626,11	626,11	620,38	2,56%	1,31%	1,31%	2,21%		
19	482,07	502,23	487,73	487,73	483,55	4,18%	2,89%	2,89%	3,72%		
20	336,83	356,94	342,10	342,10	338,59	5,97%	4,16%	4,16%	5,14%		
21	203,56	213,99	207,20	207,20	205,38	5,13%	3,17%	3,17%	4,02%		
22	89,24	95,36	91,05	91,05	91,05	6,86%	4,53%	4,53%	4,53%		
23 (FP)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-		

Fonte: Autora (2019)

Figura 61 – Navio APL TEMASEK

WL	Baliza	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais
0	2	7,85%	7,88%	7,88%
1	2	8,80%	8,81%	8,81%
2	2	6,33%	6,33%	6,33%
0	3	23,33%	23,33%	23,33%
1	3	14,50%	14,50%	14,50%
2	3	6,30%	6,30%	6,30%
0	4	27,22%	27,22%	27,22%
1	4	12,87%	12,87%	12,87%
2	4	5,73%	5,73%	5,73%
0	5	27,33%	27,33%	23,32%
1	5	11,63%	11,63%	2,75%
2	5	5,25%	5,25%	5,21%
0	6	27,54%	27,54%	0,64%
1	6	11,42%	11,42%	2,69%
2	6	3,62%	3,62%	2,35%
0	7	26,89%	26,89%	3,43%
1	7	10,46%	10,46%	2,79%
2	7	2,82%	2,82%	1,52%
0	8	26,65%	6,25%	3,61%
1	8	10,12%	4,23%	2,69%
2	8	1,89%	2,12%	1,28%
0	9	26,60%	2,83%	2,73%
1	9	9,33%	1,59%	1,53%
2	9	1,52%	0,88%	0,86%
0	10	25,75%	0,97%	1,84%
1	10	8,70%	0,26%	0,75%
2	10	1,18%	0,15%	0,34%
0	11	25,52%	0,13%	1,09%
1	11	8,54%	0,07%	0,62%
2	11	0,95%	0,03%	0,22%
0	12 (SM)	25,52%	0,13%	1,09%
1	12 (SM)	8,54%	0,07%	0,62%
2	12 (SM)	0,95%	0,03%	0,22%
0	13	25,52%	0,13%	1,09%
1	13	8,54%	0,07%	0,62%
2	13	0,95%	0,03%	0,22%
0	14	24,95%	0,30%	1,64%
1	14	8,23%	0,40%	0,71%
2	14	0,75%	0,12%	0,34%
0	15	23,73%	1,10%	0,86%
1	15	7,59%	0,47%	0,60%
2	15	0,25%	0,52%	0,59%
0	16	21,69%	6,69%	7,02%
1	16	6,67%	0,79%	0,97%
2	16	0,03%	0,76%	0,67%
0	17	19,65%	20,09%	10,21%
1	17	6,38%	5,16%	0,14%
2	17	0,54%	0,39%	2,32%
0	18	16,00%	16,00%	21,91%
1	18	5,64%	5,64%	2,24%
2	18	1,25%	1,25%	2,20%
0	19	11,64%	11,64%	27,88%
1	19	4,06%	4,06%	1,34%
2	19	1,77%	1,77%	3,47%
0	20	3,98%	3,98%	3,98%
1	20	2,85%	2,85%	2,78%
2	20	3,05%	3,05%	4,56%
0	21	0,21%	0,21%	0,21%
1	21	21,74%	21,74%	9,73%
2	21	3,64%	3,64%	2,05%
0	22	7,27%	7,29%	7,29%
1	22	2,31%	2,31%	2,31%
2	22	5,21%	5,21%	5,21%

Fonte: Autora (2019)

Figura 62 – Navio APL TEMASEK

Baliza	Paper Série 60			Área das balizas pelo programa <i>Rhinoceros</i>				Porcentagem de erro			
	SAC HB (ft²)	Programa Séries (ft²)	Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo (ft²)	Método Kr (ft²)	Método Áreas Seccionais (ft²)	Programa Séries x SAC	Programa Séries x implantação de técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
1 (AP)	24,02	45,66	48,52	23,63	23,63	90,06%	6,26%	48,25%	48,25%		
2	540,23	497,39	524,57	529,11	529,11	7,93%	5,46%	6,38%	6,38%		
3	1281,89	1230,98	1300	1302,87	1302,87	3,97%	5,61%	5,84%	5,84%		
4	2028,92	1957,10	2045,91	2046,97	2046,97	3,54%	4,54%	4,59%	4,59%		
5	2675,58	2608,07	2703,98	2704,16	2683,35	2,52%	3,68%	3,68%	2,89%		
6	3179,51	3131,95	3226,51	3226,32	3186,58	1,50%	3,02%	3,01%	1,74%		
7	3546,48	3512,64	3599,02	3598,86	3554,33	0,95%	2,46%	2,45%	1,19%		
8	3773,24	3747,08	3824,08	3793,76	3779,38	0,69%	2,05%	1,25%	0,86%		
9	3877,95	3864,20	3934,28	3882,64	3882,11	0,35%	1,81%	0,48%	0,46%		
10	3913,72	3908,87	3973,64	3911,77	3916,26	0,12%	1,66%	0,07%	0,19%		
11	3920,07	3916,73	3979,71	3917,39	3922,24	0,09%	1,61%	0,02%	0,14%		
12 (SM)	3920,07	3916,73	3979,71	3917,39	3922,24	0,09%	1,61%	0,02%	0,14%		
13	3920,07	3916,73	3979,71	3917,39	3922,24	0,09%	1,61%	0,02%	0,14%		
14	3904,30	3901,67	3958,14	3896,77	3906,99	0,07%	1,45%	0,13%	0,14%		
15	3825,02	3844,78	3883,97	3831,02	3829,71	0,52%	1,02%	0,36%	0,39%		
16	3664,48	3683,63	3703,39	3667,78	3669,47	0,52%	0,54%	0,43%	0,38%		
17	3356,18	3403,46	3402,72	3403,68	3362,46	1,41%	0,02%	0,01%	1,20%		
18	2923,62	2967,06	2947,69	2947,87	2929,13	1,49%	0,65%	0,65%	1,28%		
19	2337,99	2401,75	2358,57	2358,26	2342,63	2,73%	1,80%	1,81%	2,46%		
20	1679,84	1750,49	1699,95	1699,64	1683,39	4,21%	2,89%	2,90%	3,83%		
21	1035,74	1072,14	1046,79	1045,96	1039,23	3,51%	2,36%	2,44%	3,07%		
22	455,77	479,83	458,61	458,11	458,11	5,28%	4,42%	4,53%	4,53%		
23 (FP)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-		

Fonte: Autora (2019)

Figura 63 – Navio CAP INES

WL	Baliza	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais
0	2	12,33%	12,29%	12,29%
1	2	8,51%	8,51%	8,51%
2	2	5,32%	5,32%	5,32%
0	3	26,97%	26,98%	26,98%
1	3	13,97%	13,97%	13,97%
2	3	5,32%	5,32%	5,32%
0	4	30,99%	30,99%	30,99%
1	4	12,33%	12,33%	12,33%
2	4	4,71%	4,71%	4,71%
0	5	31,08%	31,08%	9,23%
1	5	11,10%	11,10%	0,31%
2	5	4,23%	4,23%	6,39%
0	6	31,18%	31,18%	7,97%
1	6	10,95%	10,95%	0,92%
2	6	2,70%	2,70%	3,26%
0	7	30,57%	30,57%	1,73%
1	7	10,05%	10,05%	1,47%
2	7	2,00%	2,00%	2,10%
0	8	30,29%	2,46%	0,76%
1	8	9,81%	2,73%	1,80%
2	8	1,18%	2,11%	1,65%
0	9	30,29%	1,40%	1,41%
1	9	9,09%	1,04%	1,04%
2	9	0,87%	1,02%	1,02%
0	10	29,51%	0,79%	1,61%
1	10	8,54%	0,19%	0,62%
2	10	0,57%	0,18%	0,29%
0	11	29,32%	0,22%	1,12%
1	11	8,42%	0,11%	0,58%
2	11	0,36%	0,03%	0,13%
0	12 (SM)	29,32%	0,22%	1,12%
1	12 (SM)	8,42%	0,11%	0,58%
2	12 (SM)	0,36%	0,03%	0,13%
0	13	29,32%	0,22%	1,12%
1	13	8,42%	0,11%	0,58%
2	13	0,36%	0,03%	0,13%
0	14	28,85%	0,53%	1,48%
1	14	8,19%	0,41%	0,65%
2	14	0,16%	0,05%	0,36%
0	15	27,83%	0,96%	0,39%
1	15	7,60%	1,10%	0,79%
2	15	0,28%	0,30%	0,16%
0	16	26,12%	2,27%	4,05%
1	16	6,86%	0,48%	0,45%
2	16	0,46%	0,51%	0,07%
0	17	24,60%	12,86%	5,53%
1	17	6,80%	3,24%	0,30%
2	17	0,79%	0,55%	1,18%
0	18	21,76%	21,76%	14,89%
1	18	6,46%	6,46%	2,09%
2	18	1,25%	1,25%	0,56%
0	19	18,21%	18,21%	15,07%
1	19	5,35%	5,35%	1,09%
2	19	1,49%	1,50%	1,26%
0	20	11,49%	11,49%	11,49%
1	20	4,34%	4,34%	3,01%
2	20	2,55%	2,55%	1,67%
0	21	7,55%	7,55%	7,55%
1	21	22,26%	22,26%	8,58%
2	21	3,33%	3,34%	1,19%
0	22	11,24%	11,29%	11,29%
1	22	2,26%	2,27%	2,27%
2	22	4,99%	4,98%	4,98%

Fonte: Autora (2019)

Figura 64 – Navio CAP INES

Baliza	Paper Série 60			Área das balizas pelo programa Rrhinoceros				Porcentagem de erro			
	SAC HB (ft²)	Programa Séries (ft²)	Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo (ft²)	Método Kr (ft²)	Método Áreas Seccionais (ft²)	Programa Séries x SAC	Programa Séries x implantação de técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
1 (AP)	12,71	22,32	25,85	12,76	12,76	75,63%	15,82%	42,83%	42,83%		
2	287,10	260,41	280,35	283,39	280,34	9,30%	7,66%	8,83%	7,65%		
3	677,37	641,01	685,46	687,51	685,45	5,37%	6,93%	7,25%	6,93%		
4	1067,03	1017,75	1074,6	1075,38	1074,56	4,62%	5,59%	5,66%	5,58%		
5	1404,04	1354,78	1471,09	1417,31	1408,32	3,51%	8,59%	4,62%	3,95%		
6	1666,47	1625,89	1688,77	1688,69	1670,57	2,44%	3,87%	3,86%	2,75%		
7	1856,88	1823,22	1882,28	1882,16	1861,23	1,81%	3,24%	3,23%	2,08%		
8	1974,59	1942,79	1999,16	1982,25	1977,85	1,61%	2,90%	2,03%	1,80%		
9	2028,85	2002,93	2056,29	2030,99	2030,98	1,28%	2,66%	1,40%	1,40%		
10	2047,21	2025,45	2076,53	2046,45	2048,23	1,06%	2,52%	1,04%	1,12%		
11	2050,39	2029,24	2079,58	2049,26	2051,13	1,03%	2,48%	0,99%	1,08%		
12 (SM)	2050,39	2029,24	2079,58	2049,26	2051,13	1,03%	2,48%	0,99%	1,08%		
13	2050,39	2029,24	2079,58	2049,26	2051,13	1,03%	2,48%	0,99%	1,08%		
14	2043,12	2021,63	2089,08	2039,64	2044,21	1,05%	2,35%	0,89%	1,12%		
15	2004,11	1994,08	2032,24	2004,98	2006,53	0,50%	1,91%	0,55%	0,62%		
16	1924,56	1913,64	1943,33	1923,15	1927,02	0,57%	1,55%	0,50%	0,70%		
17	1771,11	1772,90	1792,82	1789,23	1774,45	0,10%	1,12%	0,92%	0,09%		
18	1553,33	1551,76	1562,52	1562,50	1556,30	0,10%	0,69%	0,69%	0,29%		
19	1252,60	1262,87	1260,93	1260,77	1255,16	0,82%	0,15%	0,17%	0,61%		
20	908,66	926,42	916,71	916,50	911,31	1,95%	1,05%	1,07%	1,63%		
21	564,37	571,27	567,94	567,41	567,35	1,22%	0,58%	0,68%	0,69%		
22	249,17	256,29	249,42	249,08	249,18	2,86%	2,68%	2,81%	2,77%		
23 (FP)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-		

Fonte: Autora (2019)

Figura 65 – Navio SEASMILE

WL	Baliza	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais
0	2	5,27%	5,27%	5,27%
1	2	9,61%	9,62%	9,62%
2	2	6,70%	6,70%	6,70%
0	3	25,97%	25,96%	25,96%
1	3	16,18%	16,18%	16,18%
2	3	6,81%	6,81%	6,81%
0	4	31,22%	31,22%	31,22%
1	4	15,10%	15,10%	15,10%
2	4	6,59%	6,59%	6,59%
0	5	32,06%	32,06%	13,50%
1	5	14,15%	14,15%	1,56%
2	5	6,40%	6,40%	6,73%
0	6	32,86%	32,85%	5,74%
1	6	13,80%	13,80%	1,92%
2	6	4,66%	4,66%	3,28%
0	7	32,07%	32,07%	0,34%
1	7	12,76%	12,76%	2,72%
2	7	3,64%	3,64%	2,33%
0	8	32,00%	7,48%	2,16%
1	8	12,06%	5,75%	2,74%
2	8	2,39%	3,22%	1,63%
0	9	31,78%	2,98%	2,18%
1	9	11,12%	1,97%	1,52%
2	9	1,88%	1,17%	0,95%
0	10	30,63%	0,91%	1,41%
1	10	10,24%	0,29%	0,57%
2	10	1,49%	0,24%	0,35%
0	11	30,20%	0,03%	0,68%
1	11	9,95%	0,01%	0,38%
2	11	1,15%	0,00%	0,14%
0	12 (SM)	30,20%	0,03%	0,68%
1	12 (SM)	9,95%	0,01%	0,38%
2	12 (SM)	1,15%	0,00%	0,14%
0	13	30,20%	0,03%	0,68%
1	13	9,95%	0,01%	0,38%
2	13	1,15%	0,00%	0,14%
0	14	29,45%	0,68%	1,06%
1	14	9,42%	0,56%	0,42%
2	14	1,00%	0,20%	0,21%
0	15	28,12%	2,15%	0,26%
1	15	8,86%	0,02%	1,34%
2	15	0,42%	0,21%	0,90%
0	16	25,82%	9,94%	6,92%
1	16	7,62%	1,94%	0,36%
2	16	0,02%	0,14%	0,96%
0	17	22,79%	22,79%	7,69%
1	17	6,80%	6,80%	1,44%
2	17	0,85%	0,85%	3,16%
0	18	17,23%	17,23%	15,80%
1	18	4,86%	4,86%	0,91%
2	18	2,11%	2,11%	3,78%
0	19	11,12%	11,12%	14,21%
1	19	2,27%	2,26%	2,77%
2	19	3,27%	3,27%	5,30%
0	20	2,30%	2,31%	2,31%
1	20	0,85%	0,85%	9,00%
2	20	4,74%	4,75%	6,18%
0	21	2,13%	2,12%	2,12%
1	21	24,96%	24,96%	2,89%
2	21	4,20%	4,21%	2,20%
0	22	19,08%	19,07%	19,07%
1	22	6,11%	6,11%	6,11%
2	22	5,10%	5,10%	5,10%

Fonte: Autora (2019)

Figura 66 – Navio SEASMILE

Baliza	Paper Série 60			Área das balizas pelo programa <i>Rhinoceros</i>				Porcentagem de erro			
	SAC HB (ft²)	Programa Séries (ft²)	Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo (ft²)	Método Kr (ft²)	Método Áreas Seccionais (ft²)	Programa Séries x SAC	Programa Séries x implantação de técnicas para Raio de Bojo	Programa Séries x Método Kr	Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
1 (AP)	14,23	24,50	25,22	12,63	12,63	72,17%	2,94%	48,45%	48,45%		
2	305,03	284,97	300,50	302,65	302,65	6,58%	5,45%	6,20%	6,20%		
3	740,79	711,59	754,97	757,12	757,12	3,94%	6,10%	6,40%	6,40%		
4	1196,19	1147,35	1208,26	1209,25	1209,25	4,08%	5,31%	5,40%	5,40%		
5	1592,40	1545,39	1613,95	1614,14	1597,04	2,95%	4,44%	4,45%	3,34%		
6	1903,34	1868,83	1938,64	1938,54	1907,92	1,81%	3,74%	3,73%	2,09%		
7	2133,75	2108,69	2171,85	2171,76	2138,96	1,17%	3,00%	2,99%	1,44%		
8	2276,31	2258,48	2314,04	2297,09	2280,58	0,78%	2,46%	1,71%	0,98%		
9	2342,87	2334,51	2384,71	2348,50	2345,93	0,36%	2,15%	0,60%	0,49%		
10	2366,70	2364,92	2411,05	2367,22	2368,75	0,08%	1,95%	0,10%	0,16%		
11	2371,49	2371,22	2415,35	2371,16	2373,28	0,01%	1,86%	0,00%	0,09%		
12 (SM)	2371,49	2371,22	2415,35	2371,16	2373,28	0,01%	1,86%	0,00%	0,09%		
13	2371,49	2371,22	2415,35	2371,16	2373,28	0,01%	1,86%	0,00%	0,09%		
14	2358,33	2357,96	2398,57	2355,08	2360,55	0,02%	1,72%	0,12%	0,11%		
15	2299,78	2313,56	2344,54	2311,22	2303,39	0,60%	1,34%	0,10%	0,44%		
16	2181,46	2198,04	2211,4	2193,58	2185,11	0,76%	0,61%	0,20%	0,59%		
17	1965,85	2004,41	2001,12	2000,87	1970,43	1,96%	0,16%	0,18%	1,70%		
18	1673,10	1716,07	1694,67	1694,74	1677,06	2,57%	1,25%	1,24%	2,27%		
19	1302,73	1357,19	1319,22	1318,85	1305,99	4,18%	2,80%	2,82%	3,77%		
20	909,40	963,47	924,76	924,54	912,55	5,95%	4,02%	4,04%	5,29%		
21	549,22	576,75	569,55	559,09	552,59	5,01%	2,98%	3,06%	4,19%		
22	240,79	256,86	245,86	245,48	245,48	6,67%	4,28%	4,43%	4,43%		
23 (FP)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-		

Fonte: Autora (2019)

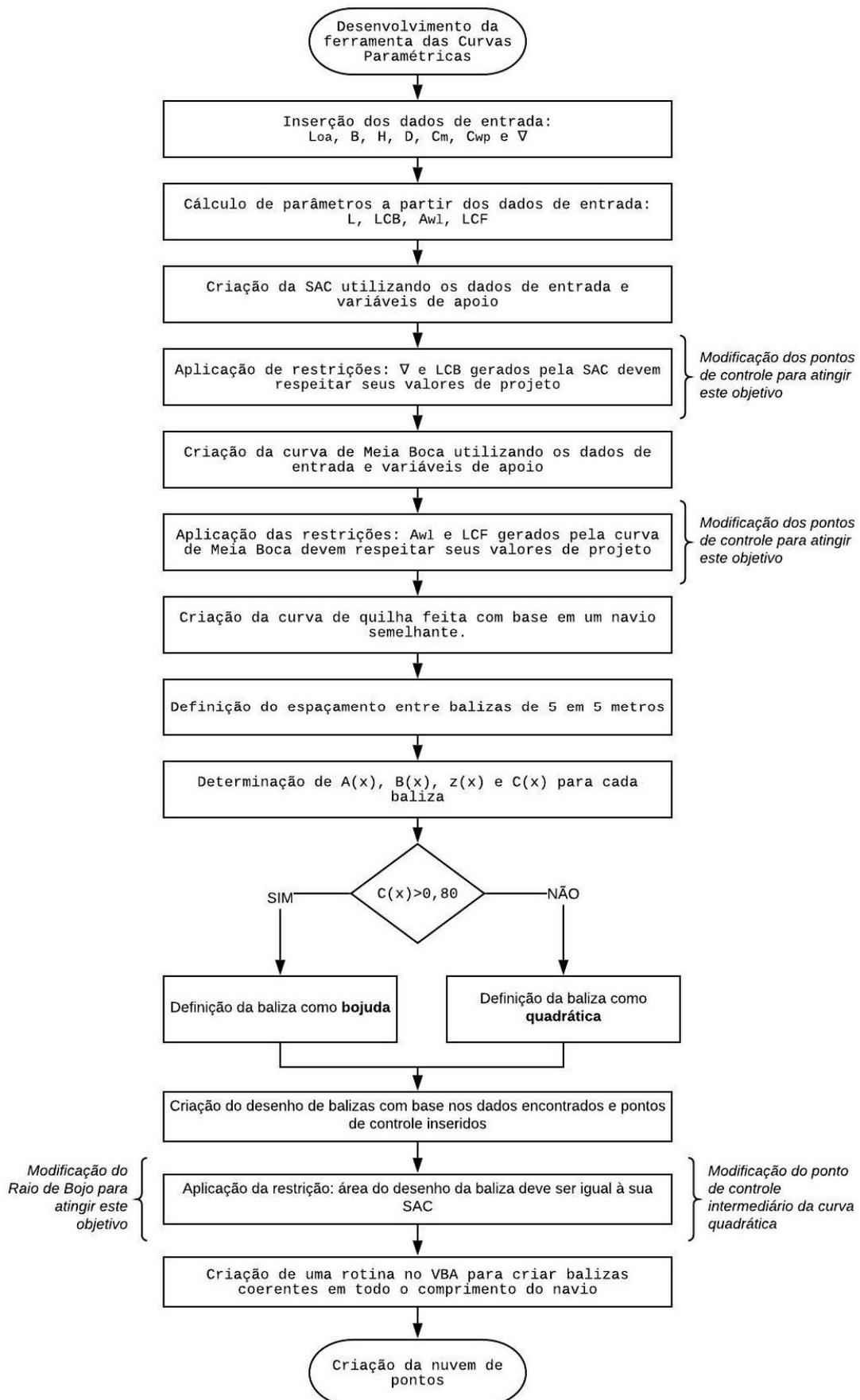
5 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA CURVAS PARAMÉTRICAS

Conforme visto na fundamentação teórica, a modelagem do casco de uma embarcação utilizando o método de Curvas Paramétricas possui um alto poder de inovação, porém é ainda pouco explorado.

Assim, o desenvolvimento de uma ferramenta destinada a aplicação dessa técnica representa um esforço inicial que pode ser aprimorado em trabalhos futuros.

O desenvolvimento de um casco utilizando a técnica de Curvas Paramétricas, a qual será descrita neste capítulo, segue as etapas mostradas no fluxograma da Figura 67.

Figura 67 – Fluxograma do desenvolvimento da ferramenta das Curvas Paramétricas



Fonte: Autora (2019)

A exemplo da técnica da Série 60, os dados de entrada para a geração do casco são as dimensões principais e os coeficientes de forma determinados no projeto conceitual da embarcação.

Em se tratando de uma versão inicial de uma ferramenta que implementa uma técnica inovadora, com pouca documentação e sujeita a diferentes variações, alguns dos parâmetros necessários foram estimados com base em embarcações semelhantes. Por este motivo, no exemplo desenvolvido neste trabalho, os parâmetros desconhecidos foram estimados com base nos dados da embarcação *Kaimon Maru*, extraídos de (SIGNIFICANT SHIPS OF 2013, 2014).

Na Figura 68 são apresentados o conjunto referente aos parâmetros de entrada requeridos para a aplicação da técnica de Curvas Paramétricas, bem como os valores utilizados no exemplo desenvolvido, os quais são baseados no navio *Kaimon Maru*.

Figura 68 – Dados de entrada utilizados na ferramenta

Loa	242,47 m
L	235,20 m
B	47,27 m
H	16,46 m
D	20,46 m
C _M	0,994
LCB	126,08 m
∇	149840,45 m ³
AWL	9386,66 m ²
LCF	121,24 m

Fonte: Autora (2019)

Novamente, a exemplo da técnica da Série 60, esse método inicialmente não considera um eventual bulbo, e por este motivo os mesmos ajustes descritos no tópico 2.5 devem ser aplicados aos dados de entrada, de forma que o casco modelado atinja os parâmetros estabelecidos no projeto conceitual da embarcação.

A geração do plano de linhas utilizando a técnica de Curvas Paramétricas inicia-se com a geração de 3 curvas de base⁶: a curva de área seccional (SAC), a curva de meia boca na linha d'água, e a curva de quilha.

⁶ É importante observar que existem variações dessa técnica que utilizam um número maior de curvas base, tal como visto em Papanikolaou (2014).

5.1 CURVA DE ÁREA SECCIONAL (SAC)

A curva de área seccional representa a área submersa das balizas do casco em uma determinada altura de linha d'água, a qual permite a determinação de diversas propriedades associadas ao casco da embarcação.

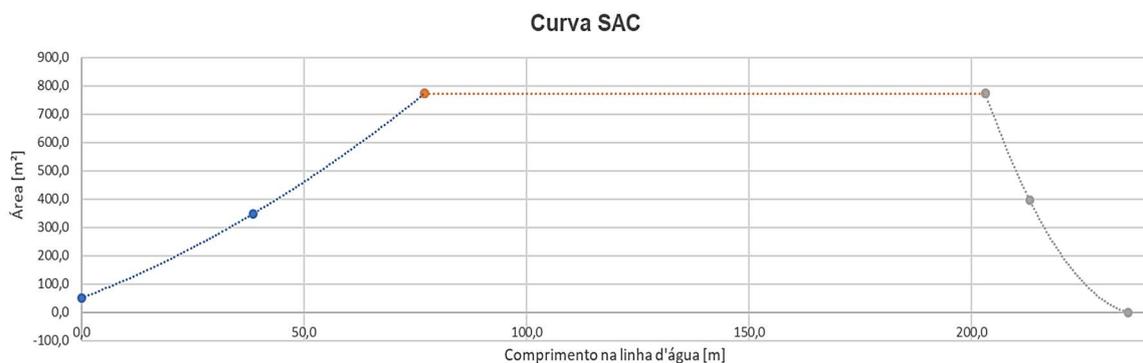
Nesta fase de desenvolvimento da ferramenta, foi necessário inserir alguns dados a mais para a criação das curvas no geral. Na curva SAC, necessitou-se adicionar a informação da área do espelho de popa do navio. A área da secção mestra pode ser encontrada através da Equação 59.

$$\text{Área das balizas do CMP} = H \times B \times C_M \quad (59)$$

Inicialmente considerou-se a área da secção de proa nula, admitindo que a roda de proa se localiza na perpendicular de vante. Além desses dados iniciais, as posições do início e fim do CMP foram consideradas parâmetros modificáveis. Pontos de controle foram também adicionados entre a região da popa e início do corpo médio paralelo, e entre a região do fim do corpo médio paralelo e proa. Tais pontos podem ser chamados de variáveis de controle, as quais são modificadas com a finalidade de atender as restrições da modelagem.

Os pontos de controle e as variáveis usadas na geração da curva SAC podem ser vistos na Figura 69.

Figura 69 – SAC para o navio de análise



Fonte: Autora (2019)

As restrições de modelagem que dever ser respeitadas pela SAC são mostradas nas Equações 60 e 61. A Equação 60 representa a igualdade entre o volume deslocado de projeto, já desconsiderando o volume submerso do bulbo, e o volume determinado pela integral da SAC

modelada. Já a Equação 61 representa a igualdade entre o valor de LCB inicial de projeto, e o valor de LCB representado pelo centroide da SAC modelada.

$$\int_0^L SAC(x) dx = \nabla^* \quad (60)$$

Onde,

∇^* = Volume corrigido sem o volume do bulbo

$$LCB^* = \frac{\int_0^L SAC(x) x dx}{\nabla^*} \quad (61)$$

Onde,

LCB^* = Posição longitudinal do centro do volume deslocado, desconsiderando a presença do bulbo.

Para a definição das variáveis de controle definidas na modelagem da SAC aplicou-se um algoritmo de otimização, utilizando o suplemento *Solver* do programa Excel. Nesse caso, buscou-se os valores das variáveis de controle que minimizassem o erro relativo associado à diferença entre os volumes e os LCB de análise. A Figura 70 mostra os valores utilizados para a criação da curva SAC e as restrições de projeto.

Figura 70 – Valores da curva SAC e restrições de projeto

PONTO	POSIÇÃO X	ÁREA	VOLUME	CENTRÓIDE	Respeitar projeto	
Início da popa	0,0	50,0	-	-	Volume =	134862,6
PC1	38,6	348,2	-	-	LCB =	126,1
Fim da popa/Início do CMP	77,1	773,4	28493,5	51,2	Erro Volume	0,0%
Início da proa/Fim do CMP	203,1	773,4	97400,5	140,1	Erro LCB	0,0%
PC2	213,0	396,8	-	-		
Fim da proa	235,2	0,0	8968,6	211,7		

Fonte: Autora (2019)

É importante observar que existem infinitas combinações associadas as variáveis de controle e ao comprimento do corpo médio paralelo que atendem as restrições impostas pelas equações 60 e 61, permitindo a geração de uma combinação infinita de cascos. É justamente nessa multiplicidade que reside o poder de inovação desta técnica.

5.2 CURVA DE LINHA D'ÁGUA

Uma vez fixado o calado, a curva de linha d'água descreve a meia boca do casco ao longo do comprimento. Semelhante ao que foi estabelecido para a SAC, a curva de linha d'água deve respeitar as condições de projeto, em especial a área de linha d'água (A_{wl}) e a posição LCF .

A área de linha d'água de um casco corresponde a integral da curva de linha d'água (Equação 62), enquanto o centróide da curva de linha d'água corresponde a posição LCF do casco (Equação 63).

$$\int_0^L \frac{B_{WL}}{2}(x) dx = \frac{A_{WL}}{2} \quad (62)$$

$$\frac{\int_0^L \frac{B_{WL}}{2}(x) x dx}{\frac{A_{WL}}{2}} = LCF \quad (63)$$

É importante observar que, a fim de controlar o ângulo de entrada e saída do casco, pontos de controle foram introduzidos na região de proa e popa da curva. Em teoria, tais pontos não precisariam estar localizados na mesma posição longitudinal dos pontos de controle utilizados na curva SAC. Portanto, o comprimento referente ao corpo médio paralelo foi obtido com base no navio *Kaimon Maru* (SIGNIFICANT SHIPS OF 2013, 2014).

Além dos pontos de controle, os valores de boca máxima e boca no espelho de popa são utilizados na geração da curva de linha d'água. Os pontos de controle e as variáveis usadas na geração da curva área de linha d'água podem ser vistos na Figura 71, e a curva gerada, na Figura 72.

Figura 71 – Valores da curva de linha d'água e restrições de projeto

PONTO	POSIÇÃO X	HB(x)	ÁREA/2	CENTRÓIDE	Respeitar projeto	
Início da popa	0,0	8,5	-	-	Awl/2 =	4693,2
PC1	23,1	22,9	-	-	LCF =	121,2
Fim da popa/Início do CMP	46,2	23,6	602,0	41,0	Erro Área	0,0%
Início da proa/Fim do CMP	200,0	23,6	3635,1	123,1	Erro LCF	0,0%
PC2	225,0	8,3	-	-		
Fim da proa	235,2	0,0	456,1	212,2		

Fonte: Autora (2019)

Figura 72 – Curva de área de linha d'água para o navio de análise



5.3 CURVA DA QUILHA

A curva da quilha representa, como o próprio nome diz, o formato da quilha do casco. Novamente, pontos de controle destinados a ajustar o formato da roda de proa e de popa são inseridos na curva. Os parâmetros utilizados na geração, bem como os pontos de controle da curva da quilha são mostrados na Figura 73.

Figura 73 – Curva da quilha do navio de análise



O formato da quilha nas regiões de ré e vante tiveram como base a curvatura do navio *Kaimon Maru*, disponível em Significant Ships of 2013 (2014). Os valores utilizados para a criação da curva são mostrados na Figura 74.

Figura 74 – Valores da curva da quilha

PONTO	x	z(x)
Popa	0	12
PC1	10	7,8
PC2	18	5
PC3	29	2,6
Início CMP	62,0	0
Fim CMP	203,1	0
PC4	226	6,4
Proa	235,20	13

Fonte: Autora (2019)

5.4 CURVA $C(x)$

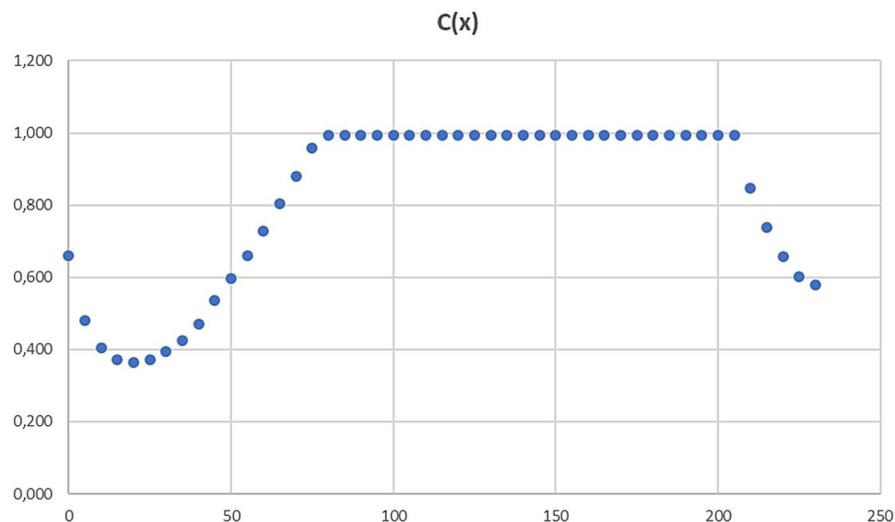
Por fim, a curva $C(x)$ representa coeficientes similares ao coeficiente de secção mestra, porém calculados para cada baliza da embarcação, conforme descrito na secção 2.2.5.

É importante observar que o parâmetro $C(x)$ define a forma da baliza e, por isso, deve ser sempre inferior ao coeficiente da seção mestra (C_m). Para calcular o valor de $C(x)$ utiliza-se a Equação 64.

$$F(x) = \frac{SAC(x)}{B_{WL}(x) \times (H - z(x))} \quad (64)$$

Na Figura 75 é mostrado o gráfico dos valores de $C(x)$ para a embarcação utilizada como exemplo neste trabalho.

Figura 75 – Curva $C(x)$ do navio de análise



Fonte: Autora (2019)

5.5 BALIZAS

A partir das curvas fundamentais descritas ao longo deste capítulo, é possível determinar o formato das balizas da embarcação. As balizas são geradas a partir dos valores da altura da quilha, da boca e da área descrita na curva SAC.

Apenas a título de exemplo, decidiu-se criar balizas em intervalos de 5 metros ao longo do comprimento L , como mostrado na Figura 76. No entanto, o número de balizas gerado pode ser facilmente modificado a depender da necessidade do projetista.

Figura 76 – Balizas e seus respectivos valores $A(x)$, $B(x)$, $z(x)$ e $C(x)$

BALIZAS				
x	A(x)	B(x)	z(x)	C(x)
0	50,00	17,00	12,00	0,66
5	81,49	25,54	9,80	0,48
10	115,11	32,80	7,80	0,41
15	150,87	38,79	5,99	0,37
20	188,76	43,49	4,51	0,36
25	228,79	46,92	3,38	0,37
30	270,95	49,07	2,42	0,39
35	315,25	49,95	1,61	0,43
40	361,68	49,54	0,97	0,47
45	410,24	47,86	0,48	0,54
50	460,94	47,27	0,15	0,60
55	513,77	47,27	-0,03	0,66
60	568,74	47,27	-0,04	0,73
65	625,84	47,27	0,00	0,80
70	685,07	47,27	0,00	0,88
75	746,44	47,27	0,00	0,96
80	773,40	47,27	0,00	0,99
85	773,40	47,27	0,00	0,99
90	773,40	47,27	0,00	0,99
95	773,40	47,27	0,00	0,99
100	773,40	47,27	0,00	0,99
105	773,40	47,27	0,00	0,99
110	773,40	47,27	0,00	0,99
115	773,40	47,27	0,00	0,99
120	773,40	47,27	0,00	0,99
125	773,40	47,27	0,00	0,99
130	773,40	47,27	0,00	0,99
135	773,40	47,27	0,00	0,99
140	773,40	47,27	0,00	0,99
145	773,40	47,27	0,00	0,99
150	773,40	47,27	0,00	0,99
155	773,40	47,27	0,00	0,99
160	773,40	47,27	0,00	0,99
165	773,40	47,27	0,00	0,99
170	773,40	47,27	0,00	0,99
175	773,40	47,27	0,00	0,99
180	773,40	47,27	0,00	0,99
185	773,40	47,27	0,00	0,99
190	773,40	47,27	0,00	0,99
195	773,40	47,27	0,00	0,99
200	773,40	47,27	0,00	0,99
205	690,99	42,23	-0,01	0,99
210	497,84	36,63	0,42	0,85
215	335,94	30,48	1,54	0,74
220	205,28	23,77	3,34	0,66
225	105,87	16,51	5,82	0,60
230	37,72	8,70	8,99	0,58

Fonte: Autora (2019)

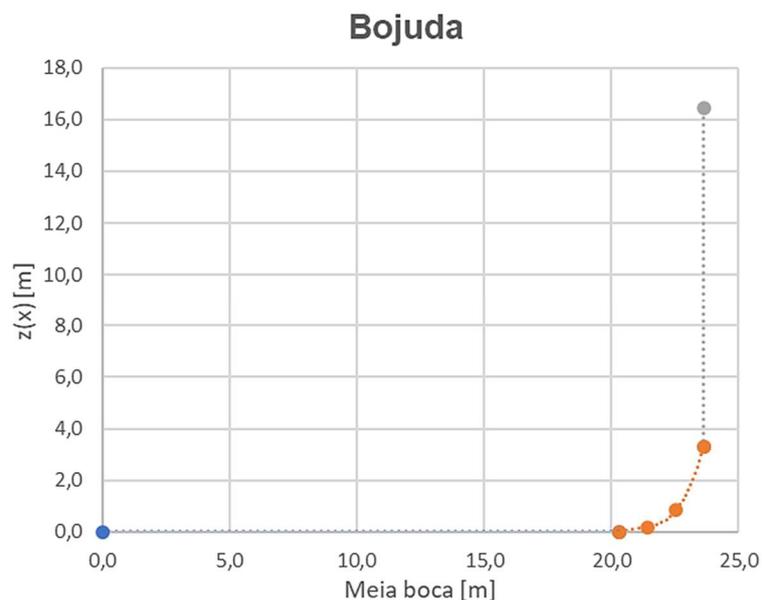
Para a geração das balizas são introduzidos pontos de controle cuja posição é calculada de sorte a que a área da baliza respeite o valor estabelecido pela curva SAC.

O modelo utilizado para a geração da baliza dependerá o coeficiente $C(x)$ da baliza. Assim, determinou-se que nos casos em que a baliza possui um $C(x) > 0,8$ essa será considerada bojuda (presença de raio de bojo) e, nos casos onde $C(x) < 0,8$ essa será considerada quadrática (representada por uma curva quadrática). O limite 0,8 foi definido de maneira empírica, e deve ser objeto de trabalhos futuros.

5.5.1 Baliza Bojuda

Balizas bojudas são caracterizadas por um alto valor de $C(x)$ alto. Um exemplo de baliza bojuda é mostrado na Figura 77, a qual representa a baliza localizada no corpo médio paralelo do navio utilizado como exemplo neste capítulo. Tipicamente balizas bojudas são localizadas no corpo médio paralelo de navios mercantes. Os dados utilizados para a criação de uma baliza bojuda são mostrados na Figura 78, a qual possui o raio de bojo como ponto de controle.

Figura 77 – Exemplo de baliza bojuda do navio de análise



Fonte: Autora (2019)

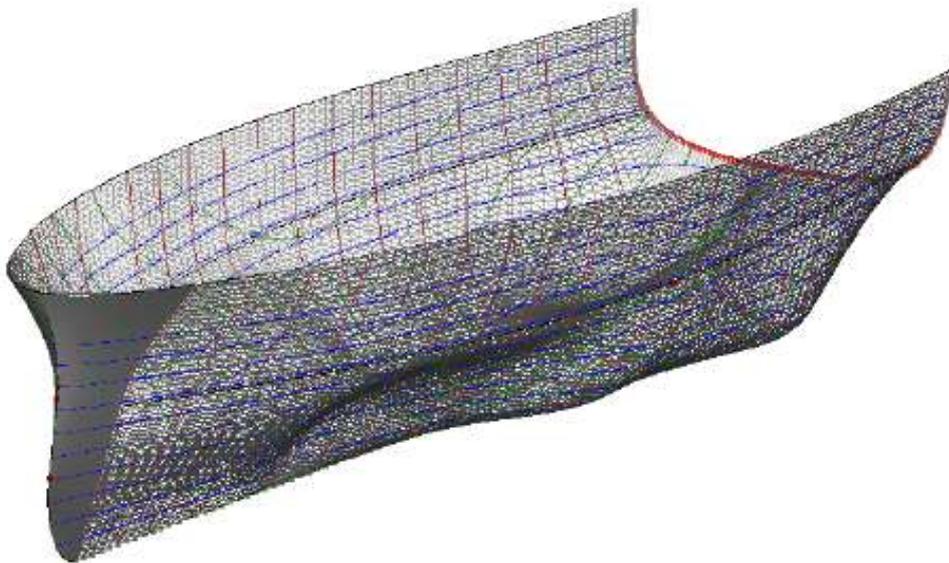
Figura 78 – Valores e restrições de projeto para uma baliza bojuda

Modelo Bojudo $C(x) > 0,8$		
	R =	3,3
	y (boca)	z (altura)
A	0,0	0,0
B	20,3	0,0
Z1	21,4	0,2
Z2	22,5	0,8
C	23,6	3,3
D	23,6	16,5
Respeitar projeto		
Área	386,7	
Área SAC (x)	386,7	
Erro	0,0	

Fonte: Autora (2019)

É importante observar que, como discutido em Ueda et al. (2012), caso sejam utilizados valores de $C(x)$ superiores a 1, o raio de bojo tenderá a valores negativos, levando a anomalias no casco, tal como pode ser visto na Figura 79.

Figura 79 – Exemplo de casco anômalo



Fonte: Ueda et al. (2012)

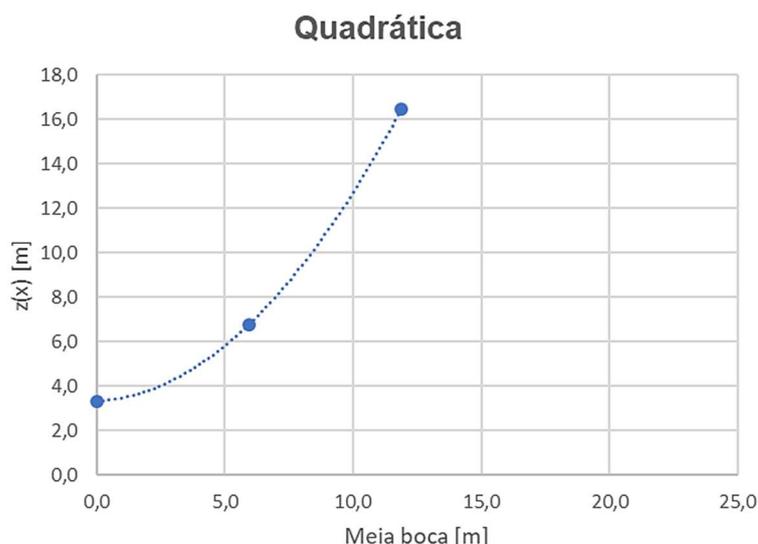
5.5.2 Baliza Quadrática

A baliza quadrática é caracterizada por um $C(x)$ baixo. Um exemplo de baliza quadrática é mostrado na Figura 80, a qual está localizada no corpo de proa do navio utilizado

como exemplo neste capítulo. Vale ressaltar que balizas quadráticas geralmente estão localizadas no corpo de ré e no corpo a vante, os quais tem formato mais afilado em relação ao corpo médio paralelo.

Os dados utilizados para a criação de uma baliza quadrática são mostrados na Figura 81, a qual possui um ponto de controle no intermédio de seus pontos extremos.

Figura 80 – Exemplo de baliza quadrática localizada na proa do navio de exemplo



Fonte: Autora (2019)

Figura 81 – Dados e restrições de projeto para uma baliza quadrática

Modelo Quadrático $C(x) < 0,8$		
	y	z
A	0,0	4,5
Z3	10,9	12,9
F	21,7	16,5
Respeitar projeto		
Área	94,4	
Área SAC (x)	94,4	
Erro	0,0	

Fonte: Autora (2019)

5.6 NUVEM DE PONTOS

Uma vez automatizado o processo de modelagem das balizas, pode-se utilizar o mesmo procedimento descrito na ferramenta da Série 60 para exportar as coordenadas x, y, e z dos pontos que descrevem cada uma das balizas do casco. Desta forma, é possível obter uma nuvem de pontos que representa o formato do casco e que pode ser importada por diversos programas compatíveis, como, por exemplo, o programa *Rhinoceros* descrito no tópico 3.3.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma ferramenta computacional destinada ao desenho do casco de embarcações deslocantes e que implementa as técnicas de Séries Sistemáticas (Série 60) e de Curvas Paramétricas.

A técnica da Série 60 destina-se ao desenho do casco de navios deslocantes tradicionais que navegam em um número de Froude baixo e que possuem um único eixo propulsor. Por outro lado, a multiplicidade natural associada a técnica das Curvas Paramétricas permite a obtenção de cascos inovadores.

Como resultado deste trabalho, apresenta-se uma ferramenta de fácil utilização, transparente ao usuário, robusta e eficiente para o desenho de cascos de navios deslocantes.

Tal ferramenta teve as etapas de geração da curva SAC e definição das balizas verificadas com o auxílio do programa *Rhinoceros*, utilizado para obter as propriedades das curvas geradas. Por fim, o módulo da Série 60 foi validado utilizando-se o programa *Series* como referência, considerando-se o desenvolvimento de 4 estudos de casos.

Os resultados mostraram a importância na implementação de ajustes na geração do bojo do navio. Entre as técnicas estudadas, o Método Kr apresentou os melhores resultados para o ajuste do bojo do corpo médio paralelo, enquanto o Método Áreas Seccionais apresentou o melhor resultado médio.

O Método Kr foi aplicado com base na extrapolação da curva K_r e C_m . Contudo, devido à grande incerteza que a extrapolação de curvas polinomiais pode gerar, recomenda-se que, em trabalhos futuros, o Método Kr seja restringido apenas à faixa de C_B – eixo das abcissas do gráfico das curvas K_r e C_m – que é mostrada no gráfico original da Série 60. Assim, uma proposta seria manter a aplicação deste método para esta faixa conhecida, a qual gerou os melhores resultados de curvatura do bojo nessas balizas; e para balizas fora da faixa de C_B aceitável, pode-se tratá-las por um novo algoritmo de desenho baseado na experiência de baliza quadrática introduzida na técnica de Curvas Paramétricas.

A implementação inicial da técnica das Curvas Paramétricas se mostrou bastante promissora, mas identificou a necessidade de desenvolver procedimentos racionais e otimizados para o ajuste da posição dos pontos de controle utilizados na modelagem. Inicialmente, propunha-se utilizar parte dos fundamentos da Série 60 para auxiliar na estimativa dos parâmetros iniciais e no posicionamento dos pontos de controle na aplicação dessa técnica para o desenho de cascos deslocantes. Assim, esse fica sendo a principal sugestão para trabalhos futuros de pesquisa nessa área.

Por fim é imprescindível dizer que o desenvolvimento de tais ferramentas não eximirá o engenheiro da tarefa de projetar embarcações, mas sim, permitirá a ele explorar um maior número de alternativas, permitindo, inclusive, que procedimentos de otimização sejam incorporados a esses projetos.

REFERÊNCIAS

BARRASS, C. B.. **Ship design and performance for masters and mates**. Burlington: Elsevier Limited, 2004.

FONSECA, Maurílio M. **Arte Naval**. 6. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

GALE, P. A. The Ship Design Process. Em: LAMB, Thomas. The Society of Naval Architects and Marine Engineers (Ed.). **Ship Design and Construction**. New Jersey, 2003.

GUILLMER, C.T.; JOHNSON, B. **Introduction to Naval Architecture**. London: E.& F.N. Spon, Ltd., 1982.

IFIP 79, 1979, Redondo Beach. Guidelines for verifying and validating software requirements and design specifications: **Barry W. Boehm. Redondo Beach: P. A. Samet, 1979**. 9 p.

INTERNATIONAL MARINE ORGANIZATION. **ICLL 1966**: International Convention on Load Lines. Londres: IMO, 1966.

KRAMEL, Diogo. **Otimização multiobjetivo de um casco de veleiro através de uma abordagem integrada aero-hidrodinâmica**. 2016. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171585>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

LABES, Thiago Americano. **Modelos empíricos para estimativas preliminares dos coeficientes de forma de um navio mercante**. 2015. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/133865>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

LAMB, Thomas. **Ship Design and Construction Volume I e II**. New York: SNAME, 2003.

LEWIS, E.V. **Principles of Naval Architecture: Stability and Strength**. Vol. 1. New York: SNAME, 1988.

MOLLAND, Anthony F. **The Maritime Engineering Reference Book: A Guide to Ship Design, Construction and Operation**. 1 edition. United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2008.

MOOR, D., PARKER, M. e PATULLO, R., **The BSRA Methodical Series: An Overall Presentation**, Transactions of RINA, Vol.103. Wallsend: Wallsend Research Station, 1961.

MORAES, André Amâncio de. **Metodologia de suporte ao projeto informacional e conceitual de embarcações de recreio a motor de pequeno porte**. 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/177592>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

PAPANIKOLAOU, A. **Ship Design: Methodologies of Preliminary Design**. Netherlands: Springer, 2014.

PIEPER, Rafael Bachtold. **Desenvolvimento de uma ferramenta para geração de tabela de cotas de veleiros**. 2018. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/191890>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

SIGNIFICANT SHIPS OF 2010. Londres: The Royal Institution Of Naval Architects, 2011. Anual.

SIGNIFICANT SHIPS OF 2013. Londres: The Royal Institution Of Naval Architects, 2014. Anual.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

TODD, F. H. **Series 60 methodical experiments with models of single-screw merchant ships**. David Taylor Model Basin Washington DC, 1963.

UEDA, Rodrigo Jun *et al.* **Análise paramétrica da Resistência ao Avanço de Cascos de Embarcações de Apoio: Comparação entre Métodos SemiEmpíricos e Métodos Numéricos**. In: 24º CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 2012, Rio de Janeiro. Artigo [...]. Rio de Janeiro: SOBENA, 2012.

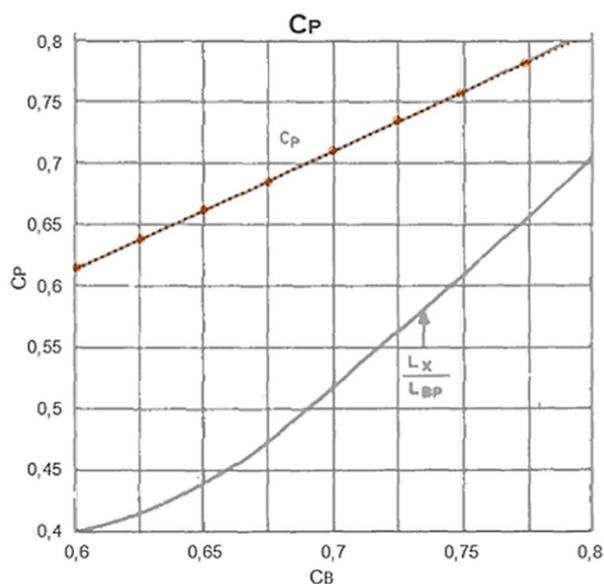
VAN DOKKUM, Klaas. **Ship Knowledge: Ship Design, Construction and Operation**. 6. ed. Enkhuizen: Dokmar Maritime, 2010.

WATSON, D. G. M. **Practical Ship Design**. Elsevier Ocean Engineering Series - Volume 1. United Kingdom: Elsevier, 2002.

ZIMMERMANN, Dean Carlo. **Influência do bulbo no comportamento de mar de um casco da Série 60 em ondas de proa**. 2015. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171771>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

APÊNDICE A – TRANSCRIÇÃO DOS GRÁFICOS DE FORMA DA SÉRIE 60 E GERAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE SUAS RESPECTIVAS CURVAS

Figura A 1 – Sobreposição e equação da curva C_p

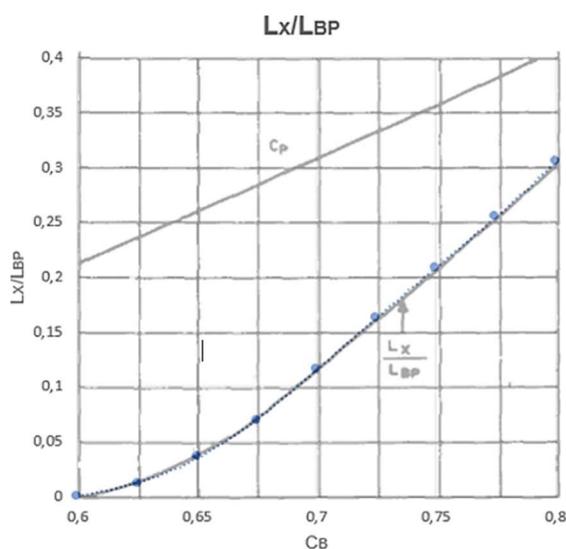


Coeficientes da Equação

C_p	
Linear: $fx+g$	
f	g
0,957	0,040

Fonte: Autora (2019)

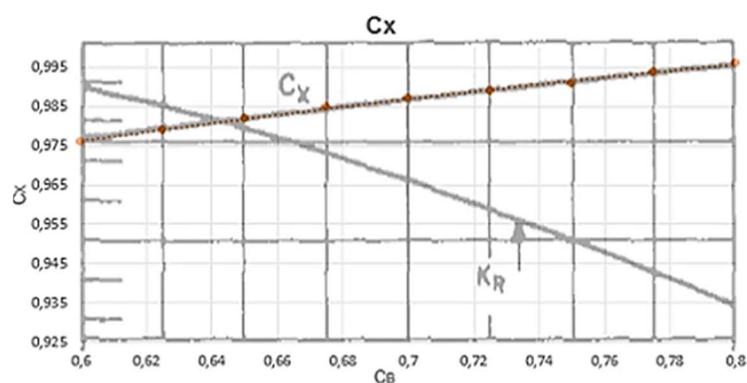
Figura A 2 – Sobreposição e equação da curva L_x/L_{BP}



Coeficientes da Equação

L_x/L_{BP}						
Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$						
a	b	c	d	e	f	g
1282,785	-2666,394	0,000	4202,513	-4296,802	1747,131	-261,684

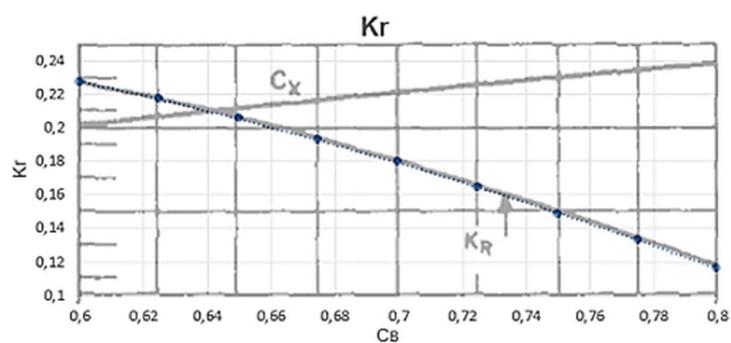
Fonte: Autora (2019)

Figura A 3 – Sobreposição e equação da curva C_x 

Coeficientes da Equação

C_x	Polinomial: ex^2+fx+g	
e	f	g
-0,095	0,231	0,872

Fonte: Autora (2019)

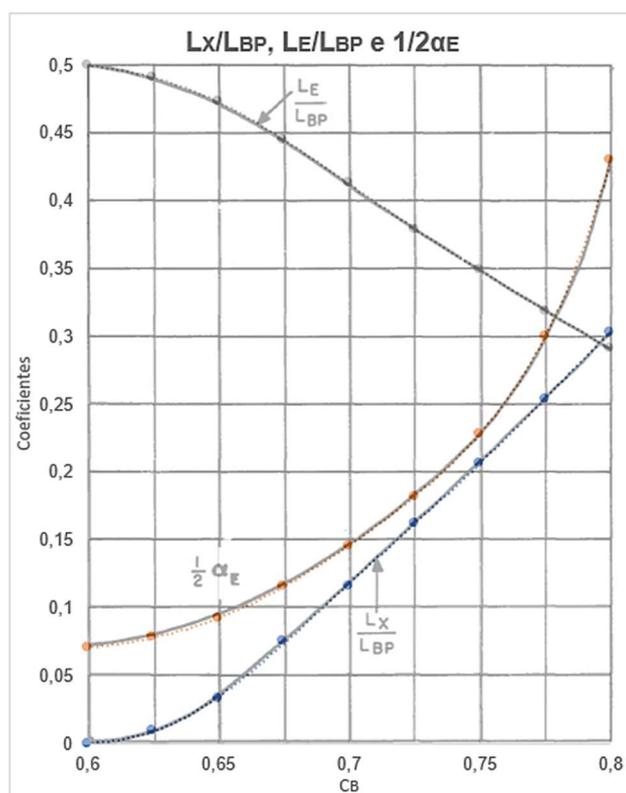
Figura A 4 – Sobreposição e equação da curva K_r 

Coeficientes da Equação

K_r	Polinomial: ex^2+fx+g	
e	f	g
-0,718	0,445	0,219

Fonte: Autora (2019)

Figura A 5 – Sobreposição e equações das curvas L_X/L_{BP} , L_E/L_{BP} e $1/2\alpha_E$



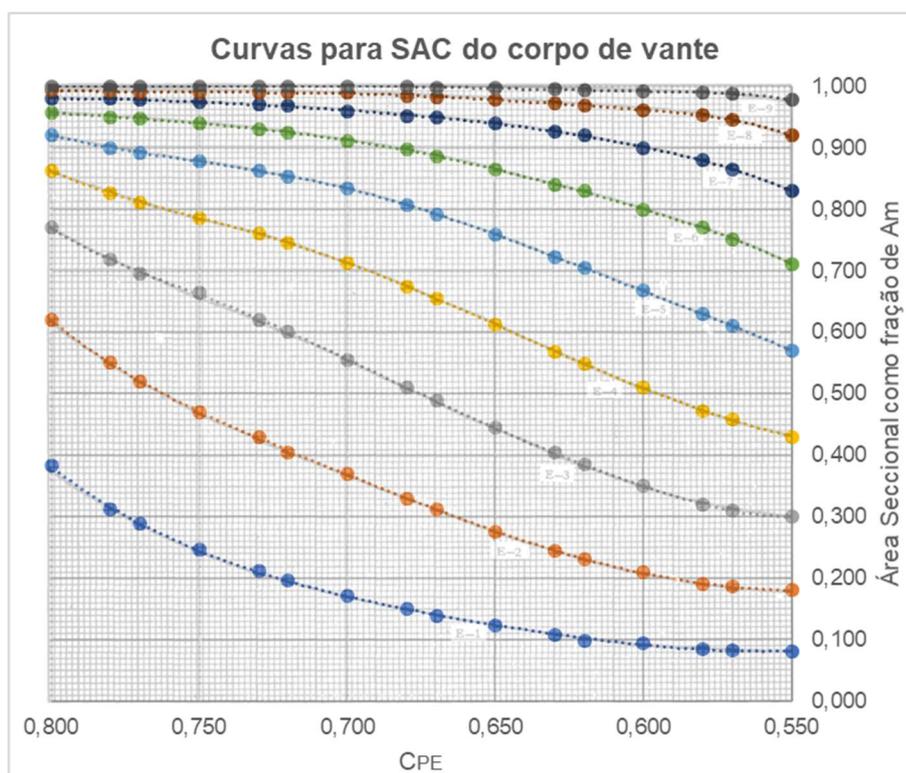
LX/LBP	Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$						
a	b	c	d	e	f	g	
-124,488	328,182	0,000	-778,867	959,483	-465,007	82,114	

LE/LBP	Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$						
a	b	c	d	e	f	g	
-512,826	1051,859	0,000	-1595,890	1589,612	-626,449	90,955	

1/2αE	Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$						
a	b	c	d	e	f	g	
204607,897	-412782,609	0,000	619342,637	-621238,549	248647,273	-36761,706	

Fonte: Autora (2019)

Figura A 6 – Sobreposição e equações das curvas para SAC do corpo de vante

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
551,882	-1068,532	0,000	1449,771	-1365,710	509,013	-69,354

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
480,046	-926,861	0,000	1229,212	-1133,826	411,214	-54,037

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
603,346	-1166,833	0,000	1566,490	-1466,563	544,563	-74,045

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
506,047	-988,403	0,000	1367,665	-1310,985	502,376	-70,972

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
292,623	-595,720	0,000	907,587	-920,463	375,331	-56,400

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
46,668	-114,100	0,000	242,590	-287,564	136,246	-23,027

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

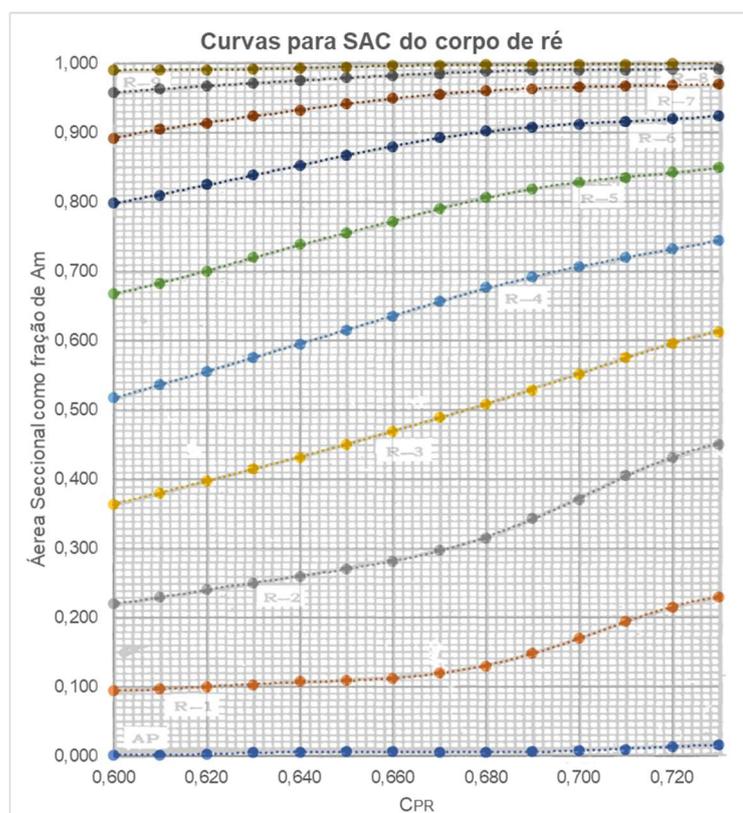
a	b	c	d	e	f	g
492,396	-1014,613	0,000	1583,640	-1620,605	662,549	-99,292

E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
247,719	-510,021	0,000	793,208	-809,247	329,456	-48,583

Fonte: Autora (2019)

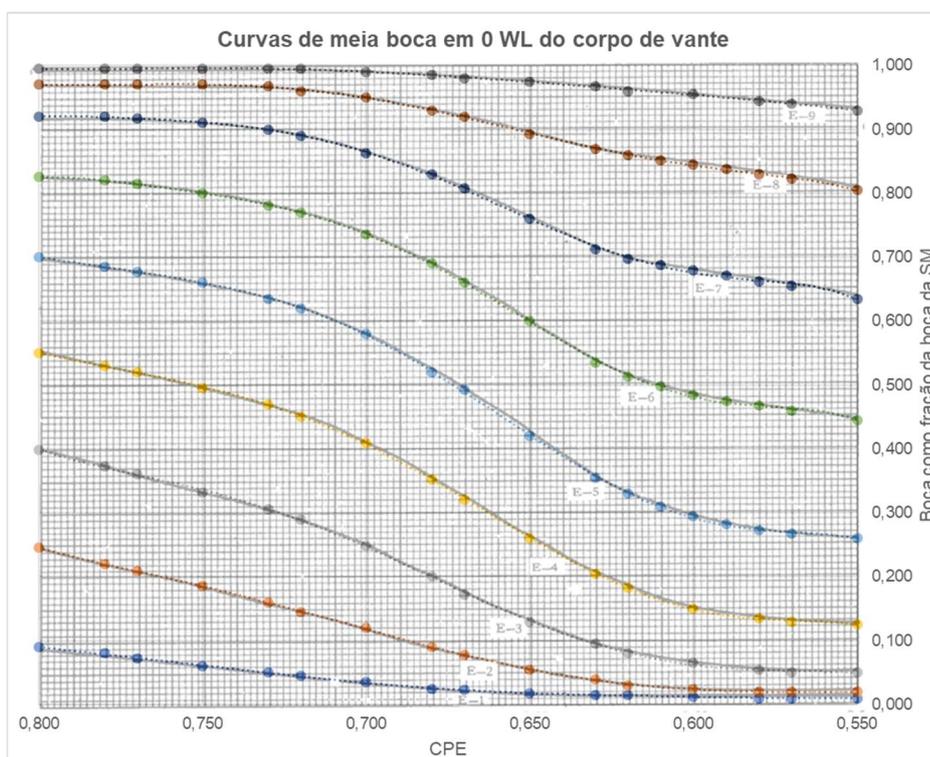
Figura A 7 – Sobreposição e equações das curvas para SAC do corpo de ré



AP		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-6190,442	12410,624	0,000	-18384,975	18340,123	-7306,435	1076,344	
R-1		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-20469,968	40260,298	0,000	-57386,719	56156,158	-21947,960	3172,591	
R-2		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-19482,149	38147,757	0,000	-53886,400	52489,869	-20419,858	2937,834	
R-3		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-5072,841	9952,783	0,000	-14137,228	13820,405	-5397,363	779,827	
R-4		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
7223,796	-14331,349	0,000	20767,638	-20481,361	8067,021	-1174,843	
R-5		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
4716,862	-9265,669	0,000	13126,369	-12783,035	4968,248	-713,256	
R-6		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
4924,816	-9565,993	0,000	13251,518	-12761,574	4904,545	-696,011	
R-7		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
4772,352	-9443,464	0,000	13636,899	-13439,890	5294,095	-771,109	
R-8		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
3021,854	-6008,221	0,000	8757,384	-8668,988	3428,857	-500,904	
R-9		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
382,881	-702,788	0,000	844,862	-743,135	256,057	-30,821	

Fonte: Autora (2019)

Figura A 8 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0 WL do corpo de vante

E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
219,816	-441,423	0,000	647,768	-640,211	252,569	-35,960

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
1044,275	-2106,030	0,000	3108,812	-3073,047	1208,409	-174,364

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
1989,330	-4014,070	0,000	5923,889	-5848,689	2294,632	-330,814

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
2064,420	-4124,956	0,000	5945,227	-5786,664	2234,371	-316,669

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
2096,806	-4173,257	0,000	5955,551	-5760,140	2207,743	-310,417

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
1856,418	-3712,873	0,000	5355,160	-5208,701	2007,978	-284,118

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
1688,089	-3420,578	0,000	5086,557	-5034,858	1977,926	-285,616

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

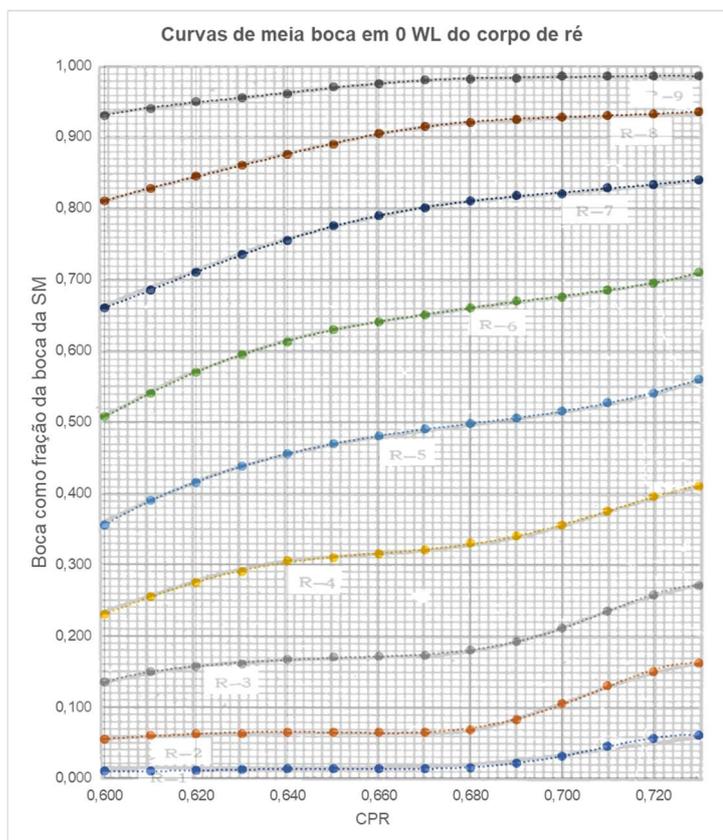
a	b	c	d	e	f	g
596,559	-1225,670	0,000	1872,129	-1875,339	744,671	-108,562

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-55,892	99,077	0,000	-105,501	85,334	-26,523	2,897

Fonte: Autora (2019)

Figura A 9 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0 WL do corpo de ré

R-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-19592,988	38844,131	0,000	-56288,884	55547,840	-21895,581	3192,146

R-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-32269,003	63738,215	0,000	-91631,241	90043,003	-35336,997	5128,380

R-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-23173,968	45652,742	0,000	-65214,738	63843,838	-24950,616	3604,355

R-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-18499,354	36534,844	0,000	-52401,587	51372,484	-20094,330	2903,633

R-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
551,448	-1046,090	0,000	1532,807	-1606,508	696,627	-114,748

R-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-62,813	180,184	0,000	-298,118	239,304	-48,929	-2,972

R-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-4201,363	8721,818	0,000	-13771,611	14134,264	-5776,977	870,990

R-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

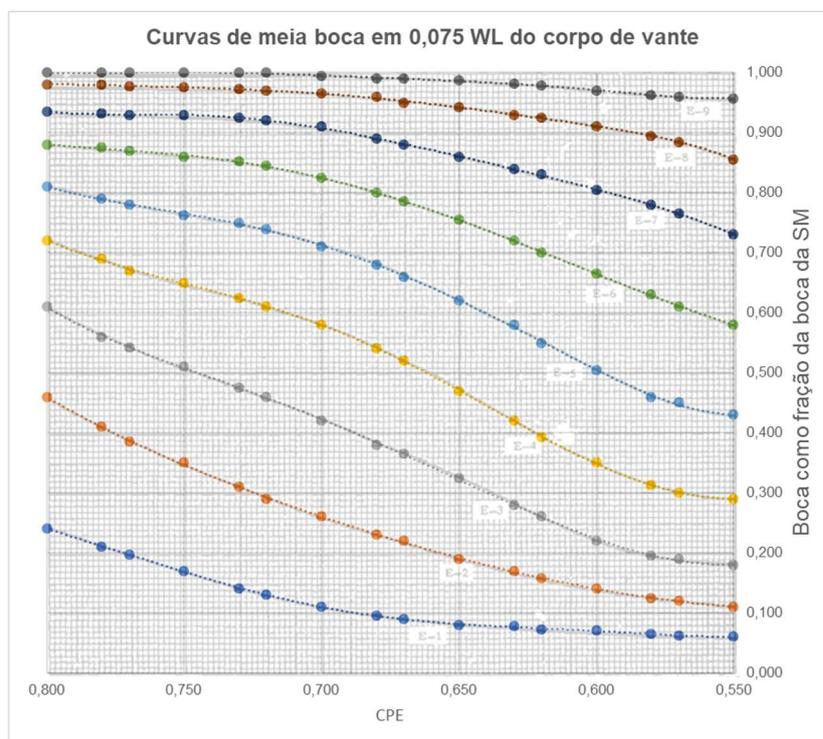
a	b	c	d	e	f	g
4318,961	-8309,122	0,000	11291,520	-10773,461	4104,258	-577,655

R-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
3328,892	-6580,382	0,000	9487,706	-9346,873	3681,556	-536,096

Fonte: Autora (2019)

Figura A 10 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,075 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-179,940	375,004	0,000	-597,193	614,927	-251,637	38,807

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
396,136	-817,710	0,000	1279,254	-1310,763	537,117	-80,700

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
708,310	-1441,530	0,000	2180,328	-2190,655	878,853	-129,775

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
182,823	-334,908	0,000	380,974	-316,716	102,160	-11,392

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-196,335	495,316	0,000	-1064,445	1235,118	-559,668	92,227

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
166,027	-223,085	0,000	-42,669	247,981	-182,279	39,260

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
186,819	-296,571	0,000	174,113	-25,219	-51,143	16,725

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

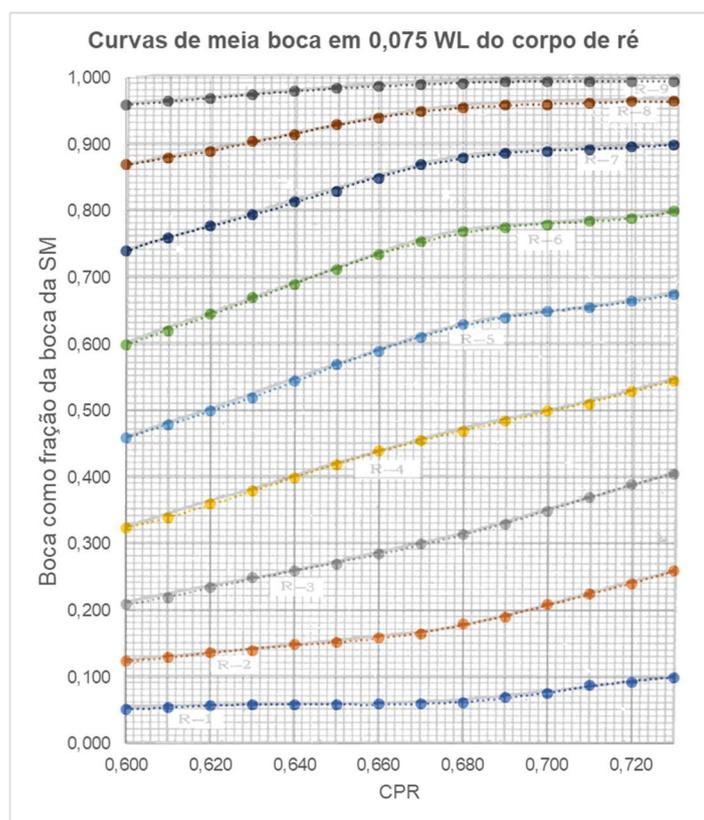
a	b	c	d	e	f	g
81,598	-152,010	0,000	189,224	-166,577	56,790	-6,825

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-346,636	675,573	0,000	-924,331	878,574	-331,859	46,194

Fonte: Autora (2019)

Figura A 11 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,075 WL do corpo de ré

R-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-9294,194	18247,610	0,000	-25889,588	25259,353	-9838,322	1416,525

R-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-4781,609	9309,013	0,000	-12955,726	12507,385	-4817,364	685,543

R-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-8675,694	17102,864	0,000	-24496,815	24031,493	-9415,040	1364,062

R-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-2921,395	6200,385	0,000	-10206,752	10690,129	-4458,438	685,759

R-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
11826,348	-23121,851	0,000	32502,829	-31553,197	12227,923	-1751,568

R-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
13432,258	-26211,756	0,000	36734,556	-35623,941	13795,932	-1975,474

R-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
15520,247	-30632,869	0,000	43962,873	-43162,717	16926,456	-2454,637

R-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

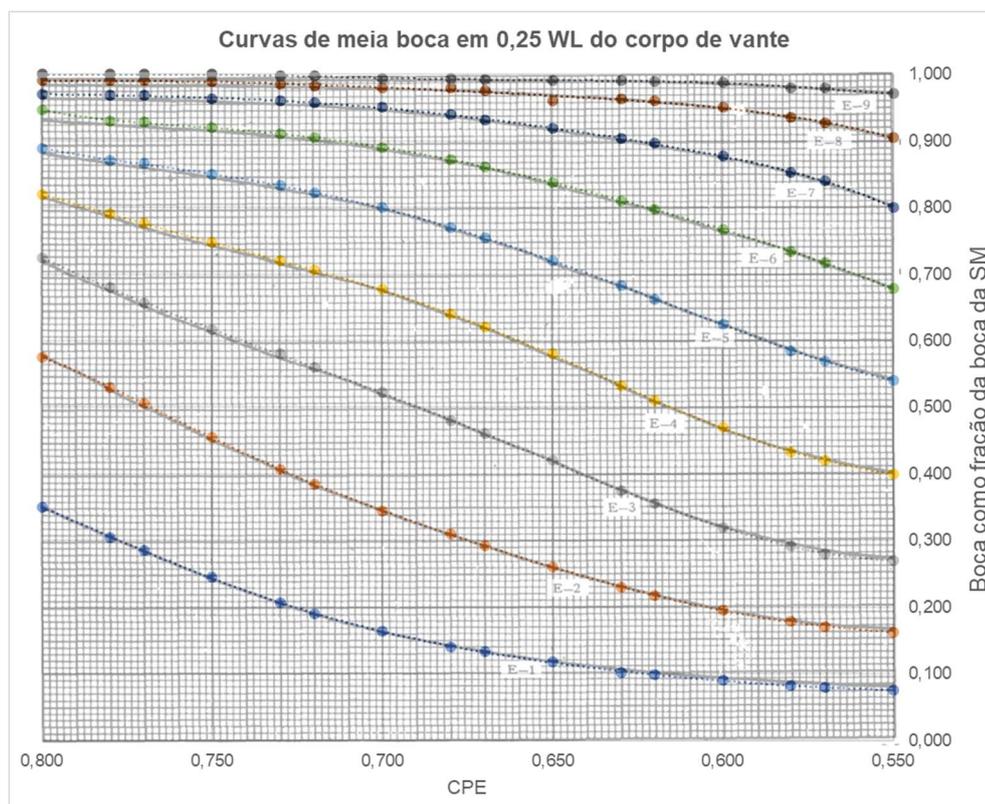
a	b	c	d	e	f	g
442,851	-532,501	0,000	-287,923	830,012	-545,933	112,562

R-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-126,083	316,530	0,000	-661,723	755,428	-337,666	55,807

Fonte: Autora (2019)

Figura A 12 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,25 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-14,335	14,930	0,000	23,939	-49,504	30,730	-5,294

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
191,708	-410,868	0,000	693,080	-737,421	313,703	-48,501

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
420,863	-873,417	0,000	1382,593	-1426,305	589,025	-89,427

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
494,355	-982,140	0,000	1418,265	-1395,437	550,122	-79,988

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
81,152	-119,482	0,000	29,474	49,580	-49,839	11,817

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-74,496	225,850	0,000	-587,153	721,201	-340,895	58,113

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-3,011	65,250	0,000	-296,638	408,001	-208,448	37,648

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

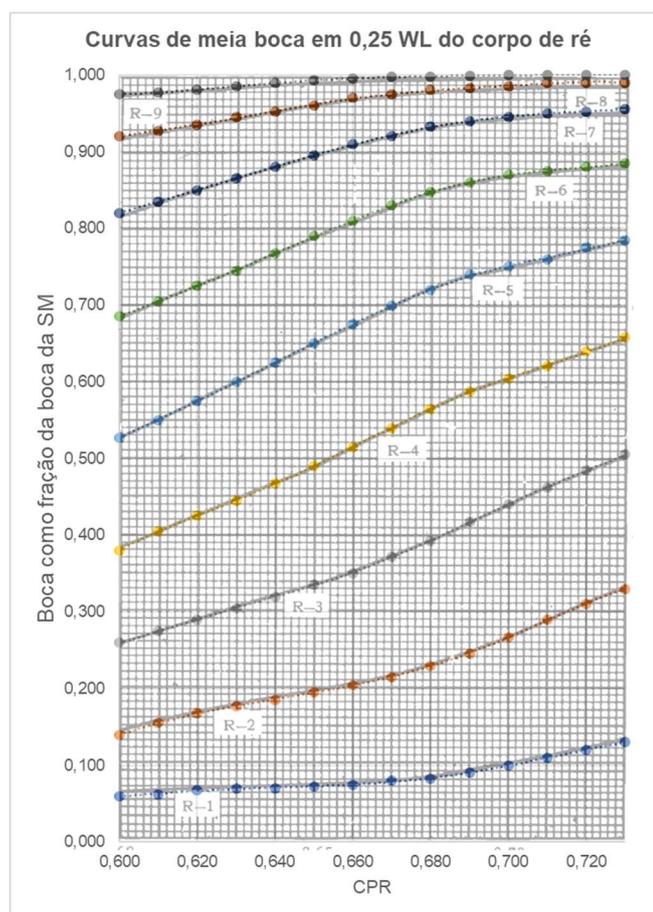
a	b	c	d	e	f	g
-474,750	959,704	0,000	-1440,438	1448,367	-581,697	86,460

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-332,022	661,934	0,000	-952,222	931,898	-363,488	52,398

Fonte: A autora (2019)

Figura A 13 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,25 WL do corpo de ré

R-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-4774,412	9337,188	0,000	-13121,406	12730,929	-4928,542	704,969

R-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-7010,625	13563,964	0,000	-18610,794	17817,055	-6797,757	956,940

R-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
334,542	-1018,591	0,000	2519,310	-3002,180	1387,499	-232,029

R-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
17561,283	-35062,063	0,000	51524,422	-51197,907	20320,783	-2983,032

R-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
10336,610	-20357,767	0,000	29056,566	-28432,997	11110,127	-1605,133

R-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
9691,245	-19119,227	0,000	27366,090	-26809,967	10486,336	-1516,048

R-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
3640,169	-7116,997	0,000	9984,924	-9677,188	3743,842	-534,859

R-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

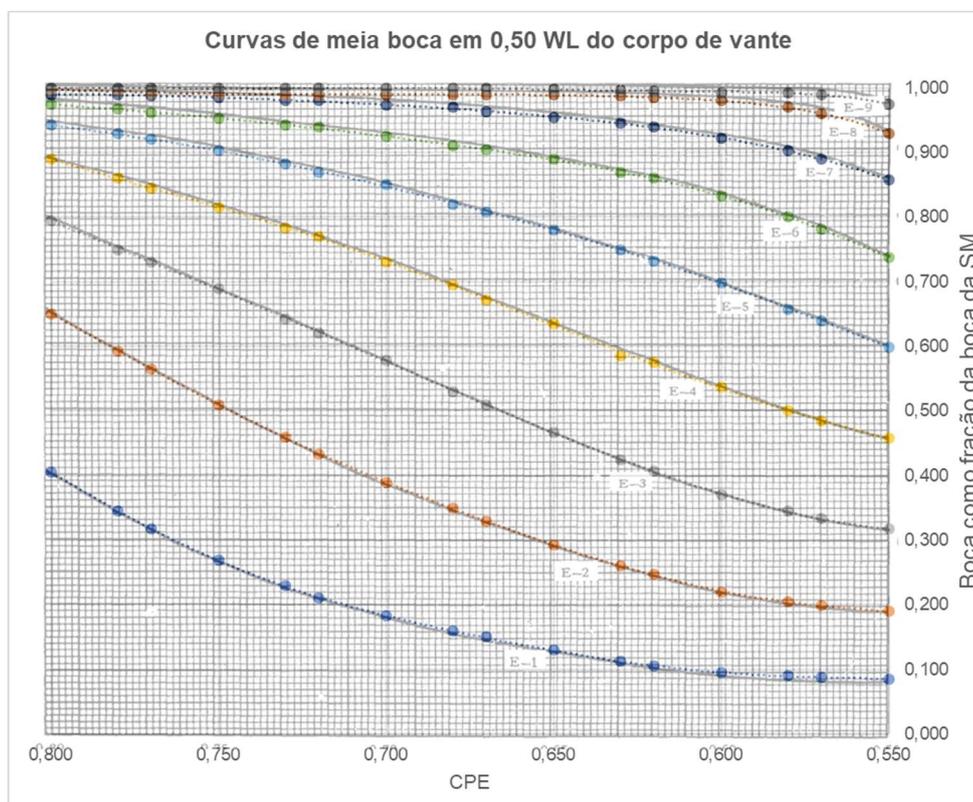
a	b	c	d	e	f	g
-2350,902	4816,642	0,000	-7469,312	7627,133	-3109,519	469,377

R-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-3307,648	6722,583	0,000	-10245,012	10368,081	-4190,061	626,999

Fonte: Autora (2019)

Figura A 14 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,50 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
328,914	-682,816	0,000	1080,430	-1111,966	456,605	-68,283

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
334,609	-709,838	0,000	1182,208	-1252,820	530,860	-82,291

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
73,041	-166,348	0,000	317,611	-360,744	164,483	-26,975

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-26,651	37,087	0,000	11,317	-56,461	45,376	-10,152

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-121,566	244,953	0,000	-362,601	356,689	-136,602	19,196

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
295,137	-575,578	0,000	780,017	-730,229	270,922	-36,632

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
52,145	-86,287	0,000	50,451	2,077	-23,822	7,297

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

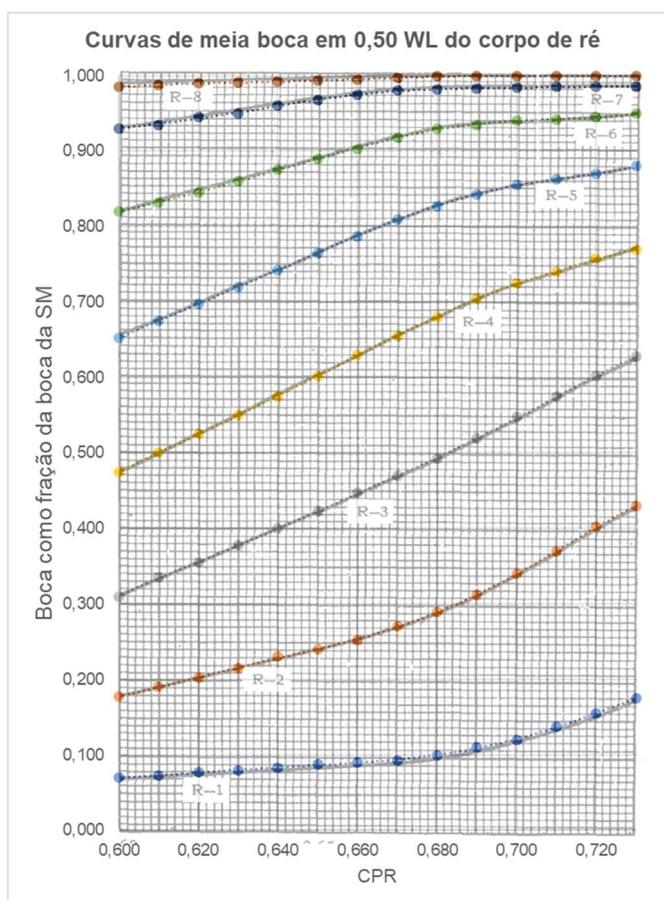
a	b	c	d	e	f	g
-105,593	223,623	0,000	-373,044	401,245	-173,167	27,790

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-124,557	271,783	0,000	-455,056	478,422	-200,178	30,940

Fonte: Autora (2019)

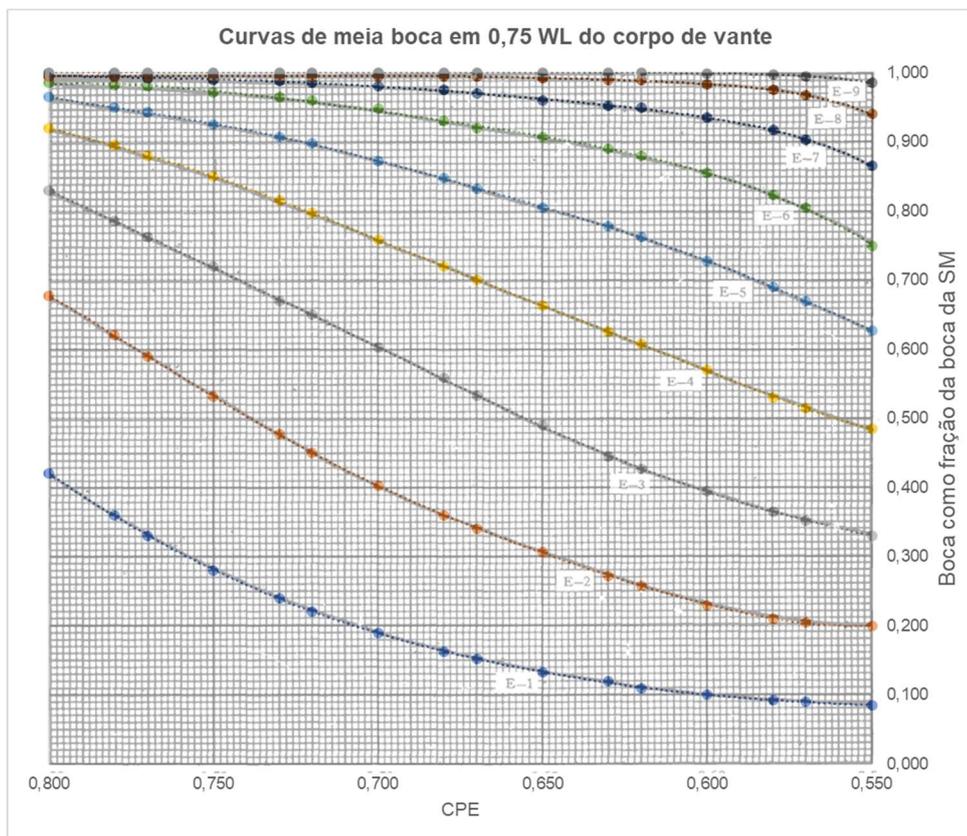
Figura A 15 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,50 WL do corpo de ré



R-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
-7093,818	14134,420	0,000	-20630,916	20409,270	-8058,957	1176,261	
R-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
-12163,675	23939,930	0,000	-34136,512	33396,227	-13044,892	1883,897	
R-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
-3583,452	6999,890	0,000	-9831,376	9545,145	-3698,076	529,359	
R-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
6785,650	-13567,688	0,000	19941,838	-19793,923	7844,101	-1149,178	
R-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
11772,929	-23301,286	0,000	33613,353	-33080,129	13002,665	-1889,954	
R-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
9959,160	-19571,948	0,000	27816,392	-27161,786	10589,827	-1525,914	
R-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
-1605,971	3467,686	0,000	-5887,345	6250,329	-2639,498	411,458	
R-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$							
a	b	c	d	e	f	g	
4360,685	-8739,378	0,000	12946,225	-12919,225	5150,193	-758,473	

Fonte: Autora (2019)

Figura A 16 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,75 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
189,880	-399,880	0,000	651,803	-681,037	283,892	-42,716

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
380,622	-800,373	0,000	1304,269	-1365,030	570,828	-87,345

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
466,108	-981,278	0,000	1599,938	-1674,175	700,238	-107,534

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
485,129	-1031,500	0,000	1711,394	-1805,220	761,358	-118,166

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
160,880	-336,290	0,000	538,656	-559,877	234,693	-36,239

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-158,448	317,113	0,000	-476,635	482,943	-194,490	29,090

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
287,992	-577,890	0,000	832,927	-804,243	307,226	-42,827

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

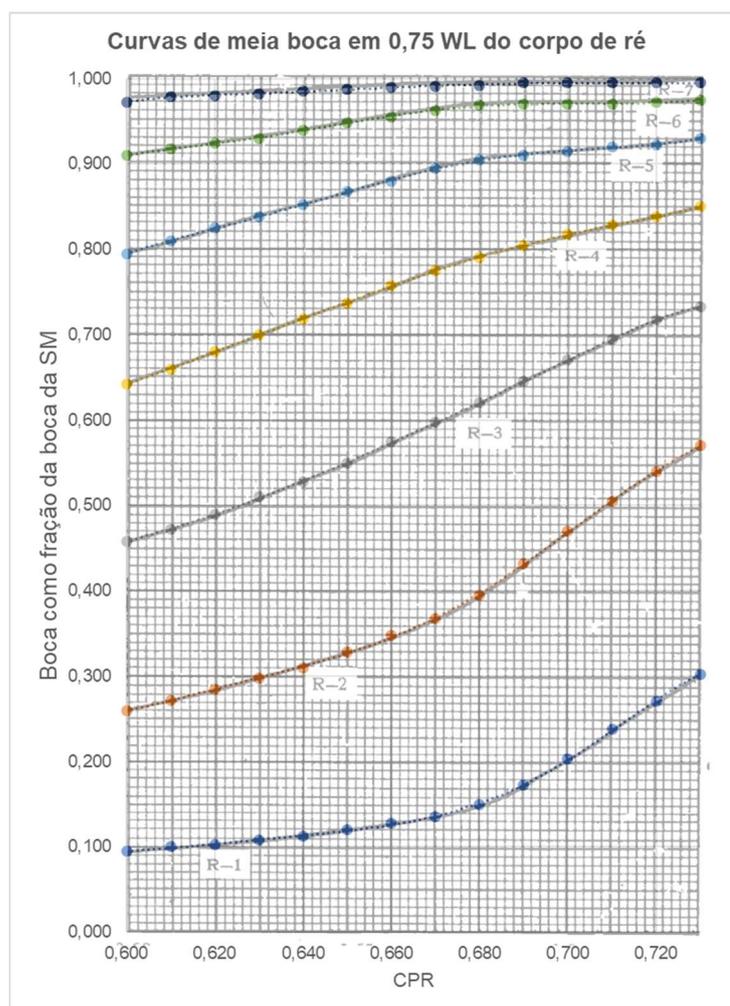
a	b	c	d	e	f	g
-629,924	1286,260	0,000	-1968,372	1996,864	-808,793	121,174

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-101,365	210,629	0,000	-318,159	317,983	-126,689	18,713

Fonte: Autora (2019)

Figura A 17 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 0,75 WL do corpo de ré

R-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-20494,301	40482,034	0,000	-58171,821	57144,605	-22418,517	3252,560

R-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-10189,817	19620,336	0,000	-26734,498	25550,933	-9746,392	1374,149

R-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-6151,929	12111,816	0,000	-17374,463	17094,905	-6726,422	980,239

R-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
4075,793	-7974,728	0,000	11221,634	-10898,299	4226,516	-605,798

R-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
11193,903	-22080,191	0,000	31659,204	-31073,129	12182,821	-1766,266

R-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

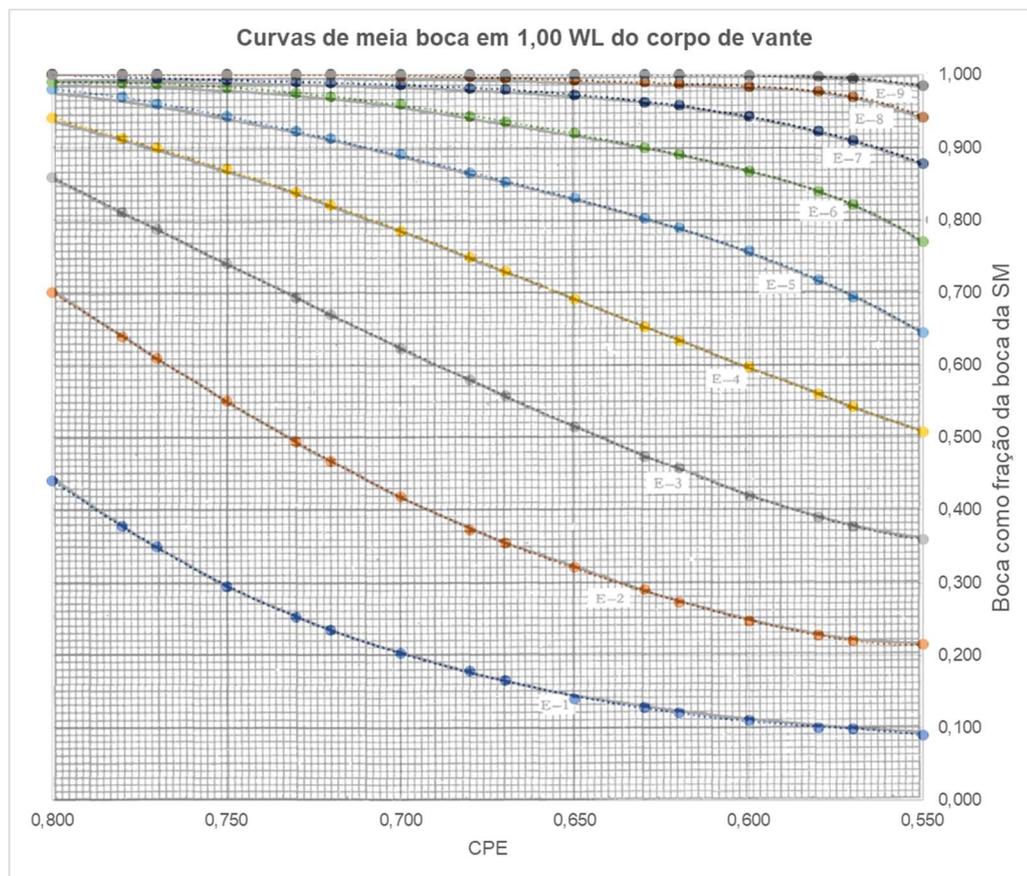
a	b	c	d	e	f	g
8378,253	-16440,853	0,000	23313,314	-22745,901	8862,130	-1275,975

R-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
3824,342	-7679,040	0,000	11423,384	-11426,532	4566,942	-674,398

Fonte: Autora (2019)

Figura A 18 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 1,00 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
203,181	-427,389	0,000	694,856	-725,006	301,773	-45,397

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
610,122	-1272,278	0,000	2031,466	-2100,457	866,615	-131,149

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
51,590	-115,896	0,000	224,482	-260,870	122,511	-20,533

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
574,901	-1208,616	0,000	1958,283	-2040,227	849,534	-130,200

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-50,370	67,112	0,000	16,559	-84,290	65,026	-14,361

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
157,227	-314,622	0,000	450,853	-436,129	168,790	-23,926

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-167,361	356,601	0,000	-601,586	644,377	-274,877	43,393

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

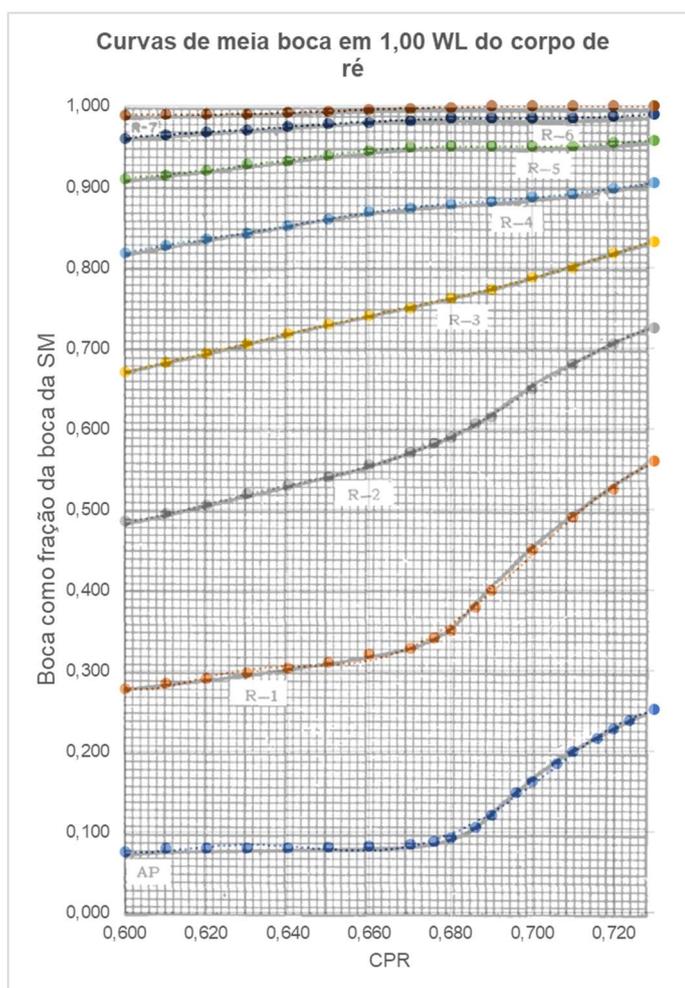
a	b	c	d	e	f	g
-501,568	1017,244	0,000	-1535,267	1548,165	-623,717	93,057

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
4,347	-5,671	0,000	14,272	-18,960	9,480	-1,598

Fonte: Autora (2019)

Figura A 19 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 1,00 WL do corpo de ré



AP		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-40406,082	79335,143	0,000	-112655,816	110006,919	-42897,370	6185,748	

R-1		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-54042,177	140696,722	-114247,322	0,000	47951,504	-24789,079	3998,451	

R-2		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-32130,327	84105,763	-68691,552	0,000	29197,284	-15196,315	2468,685	

R-3		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
-3987,130	7998,843	0,000	-11848,485	11811,654	-4699,579	691,529	

R-4		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
2206,127	-4191,417	0,000	5551,745	-5226,247	1963,166	-271,813	

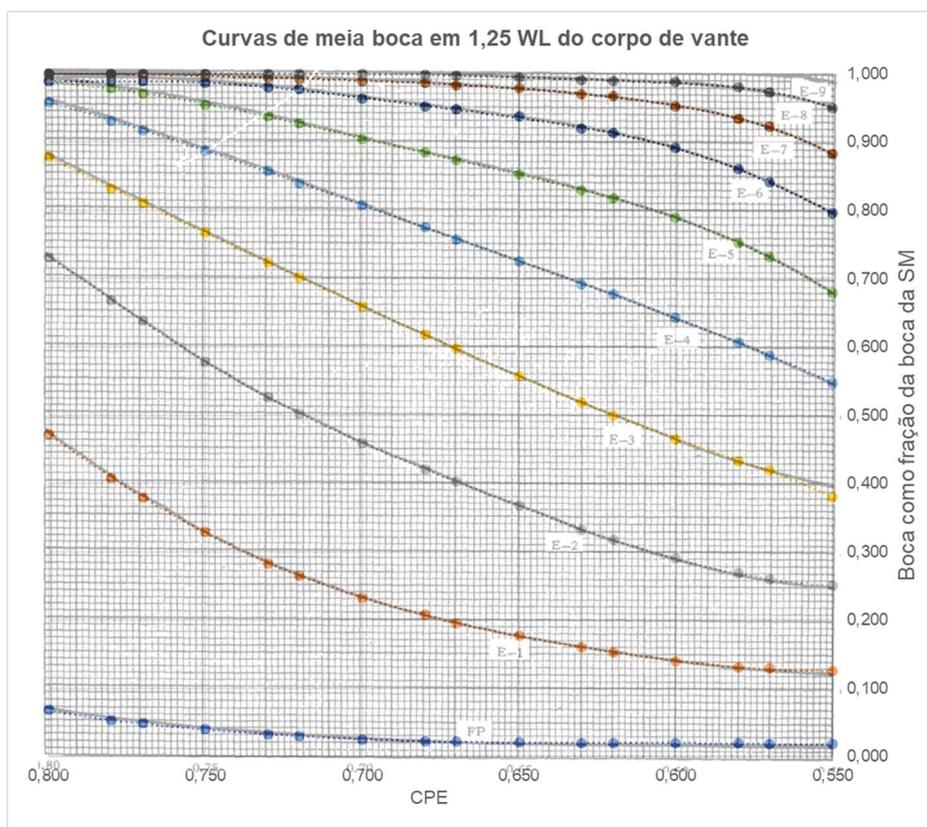
R-5		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
1503,556	-2677,819	0,000	2993,636	-2515,347	819,356	-93,727	

R-6		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
3221,407	-6297,067	0,000	8874,925	-8640,336	3361,439	-483,004	

R-7		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g	
2164,798	-4279,716	0,000	6153,136	-6041,063	2367,164	-341,814	

Fonte: Autora (2019)

Figura A 20 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 1,25 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
209,879	-439,245	0,000	706,195	-732,317	302,821	-45,233

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
457,380	-952,920	0,000	1520,555	-1572,787	649,516	-98,199

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
238,876	-520,293	0,000	909,763	-986,863	428,174	-67,876

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
169,295	-384,580	0,000	718,032	-800,075	356,079	-57,819

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
98,532	-248,080	0,000	533,816	-625,228	290,111	-48,807

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
96,455	-212,326	0,000	371,209	-399,057	172,272	-27,232

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
327,123	-674,213	0,000	1044,243	-1057,719	427,426	-63,602

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-510,100	1060,180	0,000	-1671,801	1717,120	-702,695	106,213

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

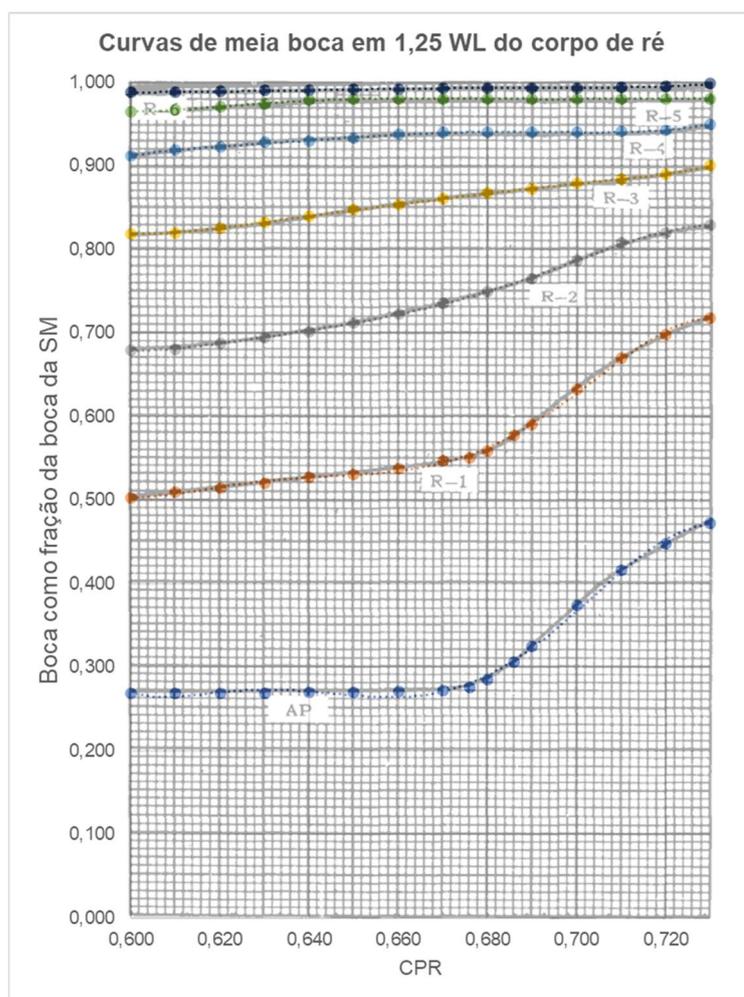
a	b	c	d	e	f	g
-341,921	705,327	0,000	-1082,334	1092,878	-439,495	65,292

FP Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
1,460	-1,706	0,000	5,472	-9,150	5,510	-1,110

Fonte: Autora (2019)

Figura A 21 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 1,25 WL do corpo de ré

AP Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-86045,134	225578,499	-184501,738	0,000	78623,360	-40968,907	6662,167

R-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-64082,210	168037,493	-137471,020	0,000	58610,374	-30547,545	4968,764

R-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-14421,785	28377,573	0,000	-40562,034	39785,985	-15596,251	2263,097

R-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-446,932	1125,465	0,000	-2355,743	2698,124	-1214,291	200,245

R-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
7160,191	-14086,858	0,000	20136,454	-19754,233	7746,096	-1123,367

R-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

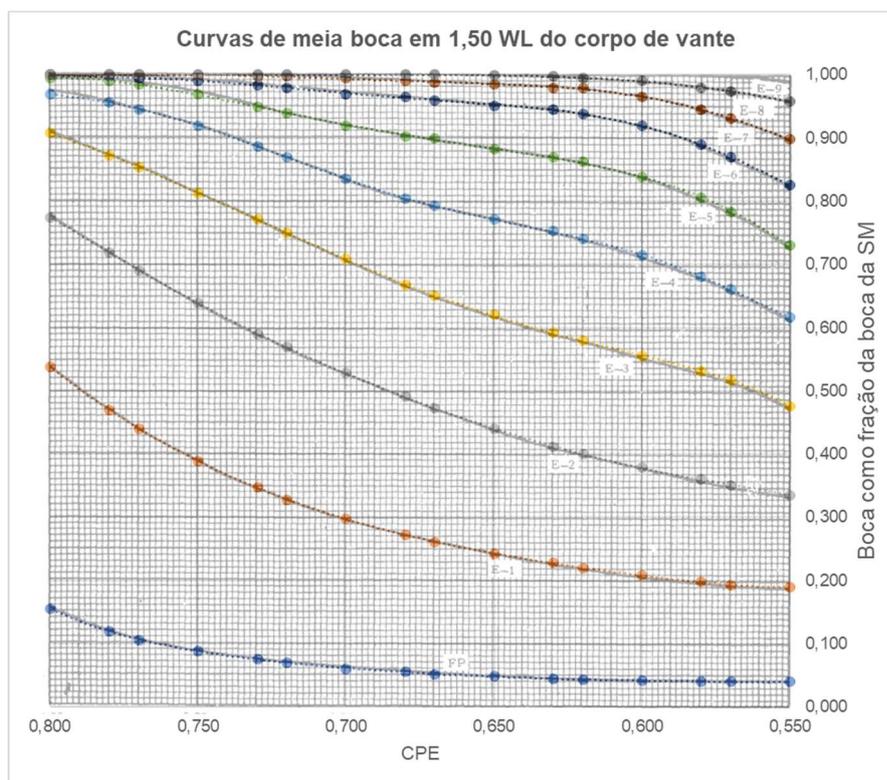
a	b	c	d	e	f	g
-6023,597	12119,069	0,000	-18086,554	18109,592	-7240,800	1071,346

R-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
1864,019	-3640,239	0,000	5123,480	-4985,174	1938,142	-277,809

Fonte: Autora (2019)

Figura A 22 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 1,50 WL do corpo de vante



E-9 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
170,396	-357,365	0,000	577,163	-599,969	248,728	-37,076

E-8 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-6,027	-0,178	0,000	48,512	-79,641	46,468	-8,404

E-7 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
133,781	-306,812	0,000	587,953	-664,446	299,481	-48,905

E-6 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-49,973	52,437	0,000	94,182	-197,075	125,239	-25,368

E-5 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-258,914	439,770	0,000	-379,193	223,595	-21,619	-6,896

E-4 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
-248,511	411,269	0,000	-327,263	175,999	-6,939	-8,180

E-3 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
512,251	-1111,080	0,000	1892,264	-2004,032	843,336	-130,225

E-2 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
38,028	-83,292	0,000	146,272	-153,368	63,328	-9,298

E-1 Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

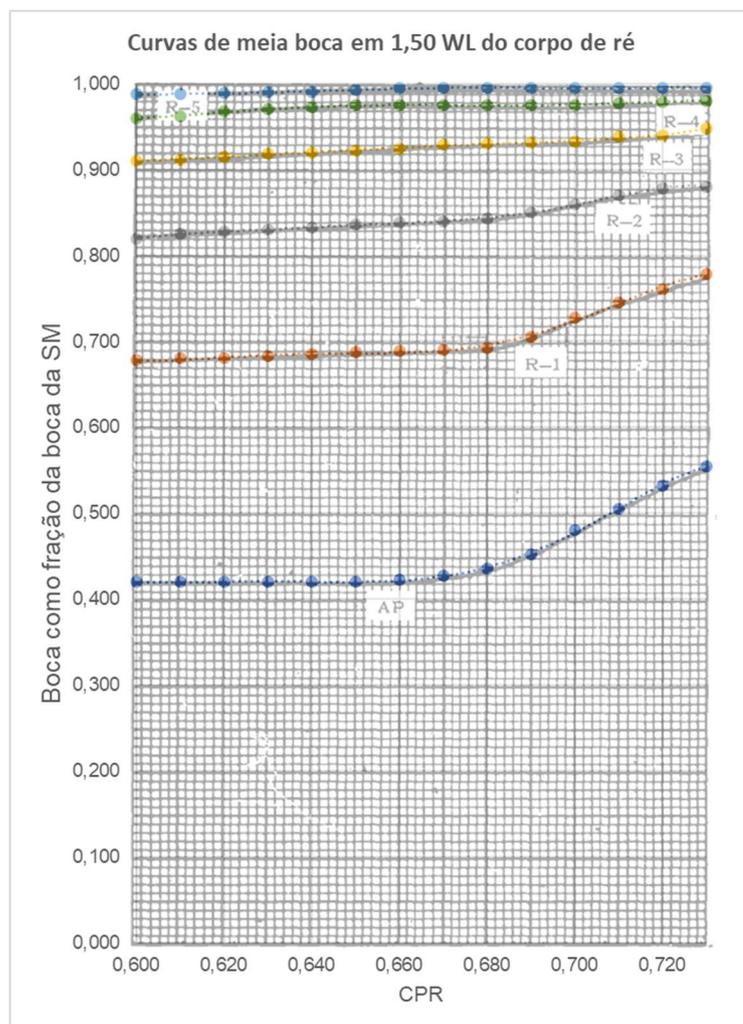
a	b	c	d	e	f	g
-184,929	394,924	0,000	-635,971	654,278	-267,348	40,365

FP Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$

a	b	c	d	e	f	g
211,961	-403,485	0,000	539,885	-511,011	192,773	-26,788

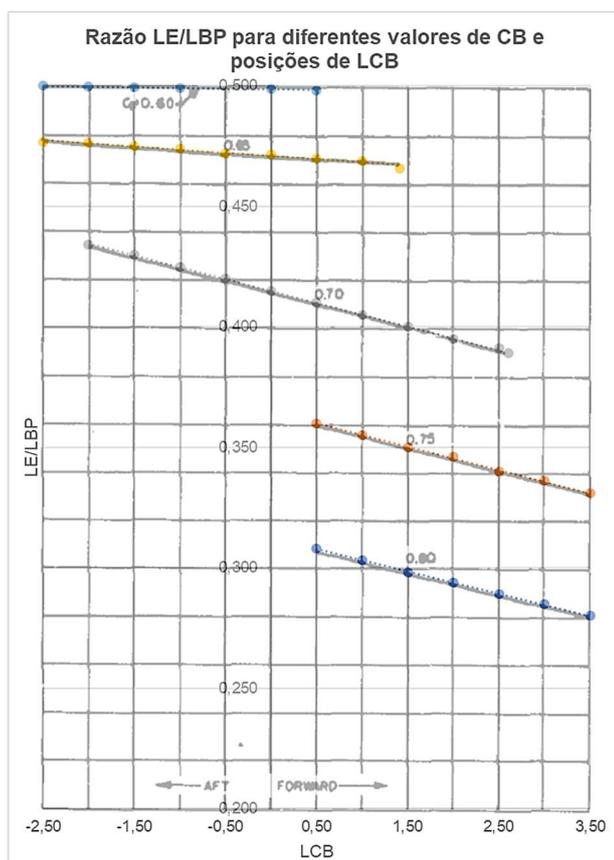
Fonte: Autora (2019)

Figura A 23 – Sobreposição e equações das curvas de meia boca em 1,50 WL do corpo de ré



AP		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$				
a	b	c	d	e	f	g
-21737,291	42809,578	0,000	-61153,675	59895,745	-23428,106	3389,311
R-1		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$				
a	b	c	d	e	f	g
-21916,333	43384,253	0,000	-62648,283	61704,081	-24272,791	3531,882
R-2		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$				
a	b	c	d	e	f	g
-12359,944	24364,034	0,000	-34894,695	34229,728	-13410,456	1943,764
R-3		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$				
a	b	c	d	e	f	g
1680,107	-3219,310	0,000	4355,244	-4151,288	1580,352	-221,624
R-4		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$				
a	b	c	d	e	f	g
-5304,705	10641,572	0,000	-15775,975	15737,502	-6267,541	923,602
R-5		Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$				
a	b	c	d	e	f	g
77,765	-76,285	0,000	-126,125	246,000	-145,860	29,490

Fonte: Autora (2019)

Figura A 24 – Relação entre L_E/L_{BP} , C_B e LCB 

Curva 0,8	Linear: $fx+g$
f	g
-111,111	34,644

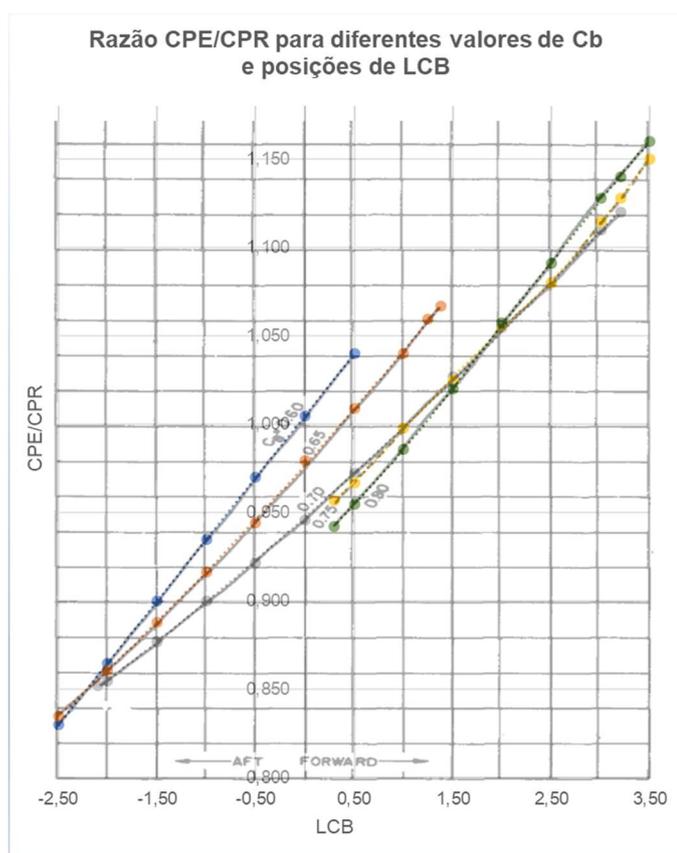
Curva 0,75	Linear: $fx+g$
f	g
-103,448	37,741

Curva 0,7	Linear: $fx+g$
f	g
-102,223	42,365

Curva 0,65	Linear: $fx+g$
f	g
-360,068	169,102

Curva 0,6	Linear: $fx+g$
f	g
-1500,000	747,500

Fonte: Autora (2019)

Figura A 25 – Relação entre C_{PE}/C_{PR} , C_B e LCB 

Curva 0,8	Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g
-0,001	0,010	-0,044	0,095	-0,095	0,103	0,918

Curva 0,75	Polinomial: $ax^6+bx^5+cx^4+dx^3+ex^2+fx+g$					
a	b	c	d	e	f	g
-0,001	0,007	-0,025	0,035	-0,017	0,056	0,941

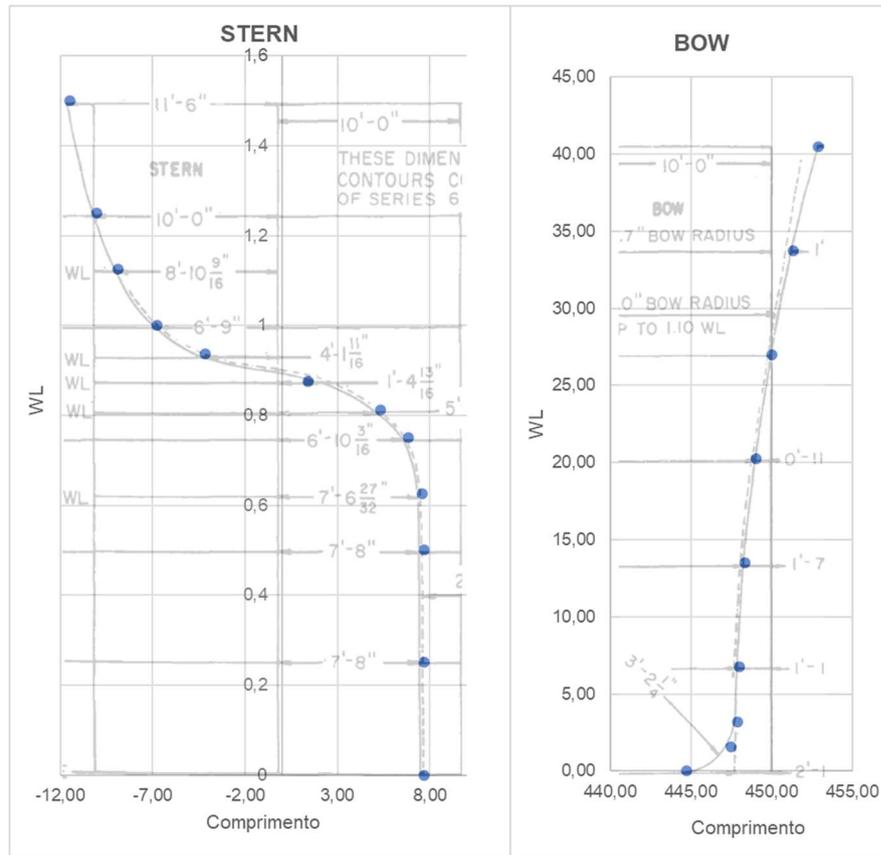
Curva 0,70	Quadrática: ex^2+fx+g		
e	f	g	
0,002	0,049	0,947	

Curva 0,65	Quadrática: ex^2+fx+g		
e	f	g	
0,002	0,062	0,977	

Curva 0,6	Linear: $fx+g$	
f	g	
0,070	1,005	

Fonte: Autora (2019)

Figura A 26 – Contornos de popa e proa



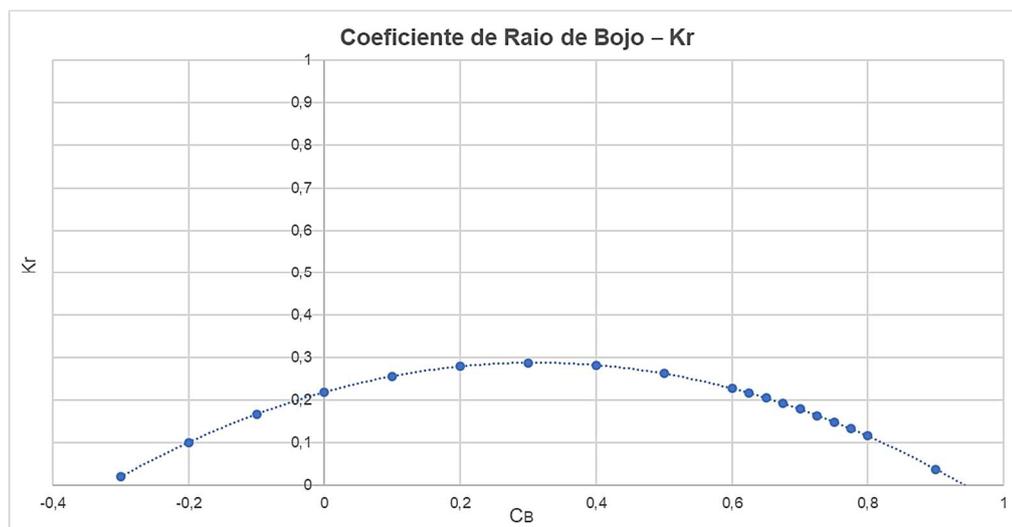
Fonte: Autora (2019)

APÊNDICE B – ESPECIFICAÇÕES DA CURVA K_r

Foram gerados mais pontos K_r pela Equação B 1 a fim de avaliar o comportamento da curva.

$$K_r = -0,718C_B^2 + 0,445C_B + 0,219 \quad (\text{B } 1)$$

Figura B 1 – Gráfico da curva K_r



Fonte: Autora (2019)

Figura B 2 – Dados para a geração da curva K_r

C_B	K_r
-0,30	0,02
-0,20	0,10
-0,10	0,17
0,00	0,22
0,10	0,26
0,20	0,28
0,30	0,29
0,40	0,28
0,50	0,26
0,60	0,23
0,63	0,22
0,65	0,21
0,68	0,19
0,70	0,18
0,73	0,16
0,75	0,15
0,78	0,13
0,80	0,12
0,90	0,04
1,00	-0,05

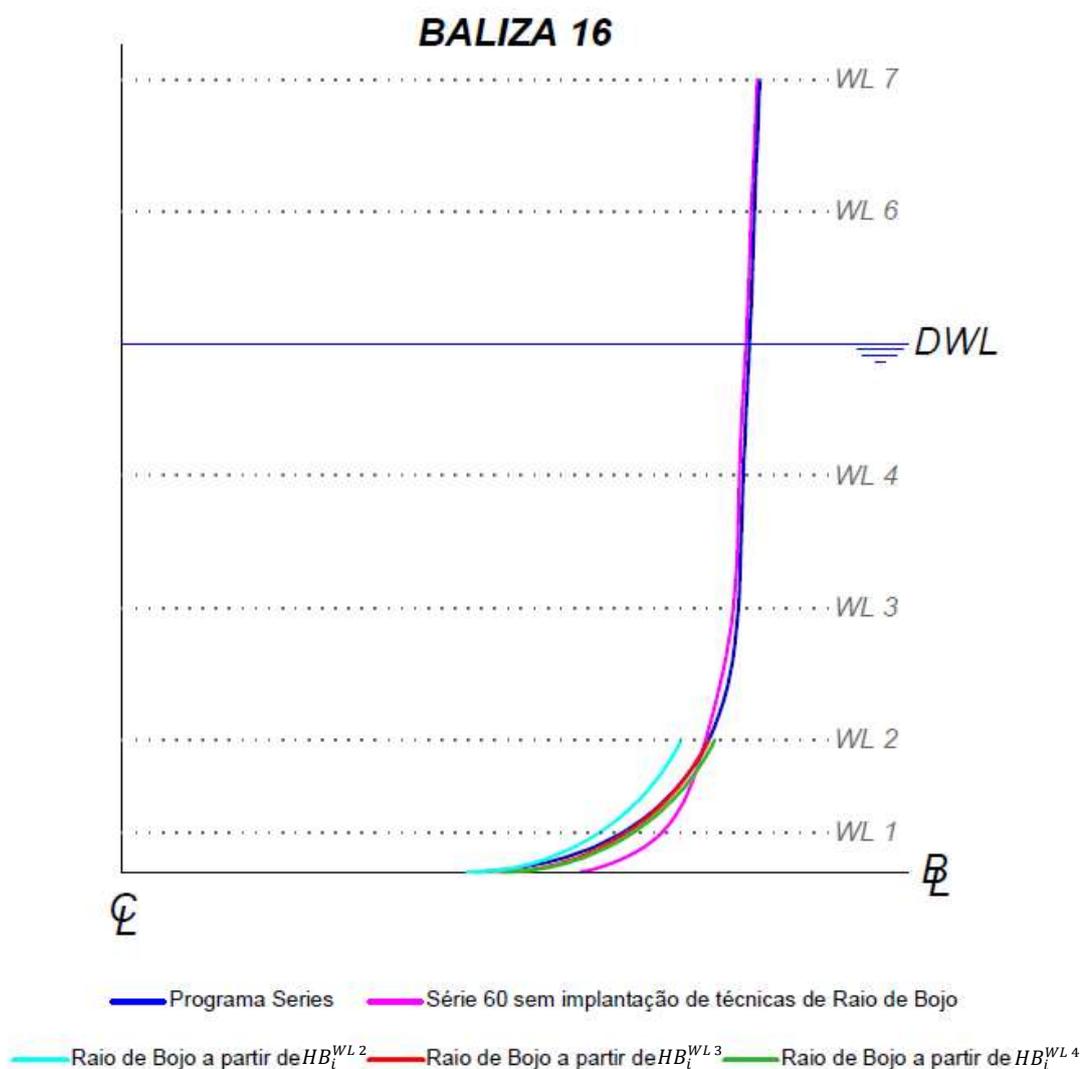
Fonte: Autora (2019)

APÊNDICE C – CURVATURA DO BOJO NO MÉTODO *Kr*

A Figura C 1 – Comparação das curvaturas do bojo Figura C 1 exemplifica as tentativas de descrever o Raio de Bojo na Baliza 16, como exemplo. Testou-se obter HB_i^{WL0} a partir de HB_i^{WL2} , HB_i^{WL3} e HB_i^{WL4} . A curvatura de bojo que mais se aproxima da curva de referência do programa Series é a gerada com base em HB_i^{WL3} . Portanto, como já indicado no decorrer do trabalho, tem-se a Equação C 1.

$$HB_i^{WL0} = HB_i^{WL3} - \text{Raio de Bojo}_i \quad (C 1)$$

Figura C 1 – Comparação das curvaturas do bojo



Fonte: Autora (2019)

APÊNDICE D – CÁLCULOS DAS ÁREAS REAIS DE BALIZAS PELO MÉTODO DO TRAPÉZIO

Empregou-se a regra do trapézio para o cálculo da área de balizas. De acordo com o posicionamento dos pontos abaixo da linha d'água, modificou-se o modo de calcular a secção. Foram identificadas três diferentes posições que levaram à um cálculo diferente da área, os quais são descritos a seguir.

- Primeiro posicionamento

Se os 3 primeiros pontos abaixo da linha d'água estiverem alinhados, ou seja, se $HB_i^{WL5} = HB_i^{WL4} = HB_i^{WL3}$, a área terá a característica mostrada na Figura D 1, e será calculada pela Equação D 1.

$$A_i = A1 + A2 + A2 + A4 + A5 \quad (D 1)$$

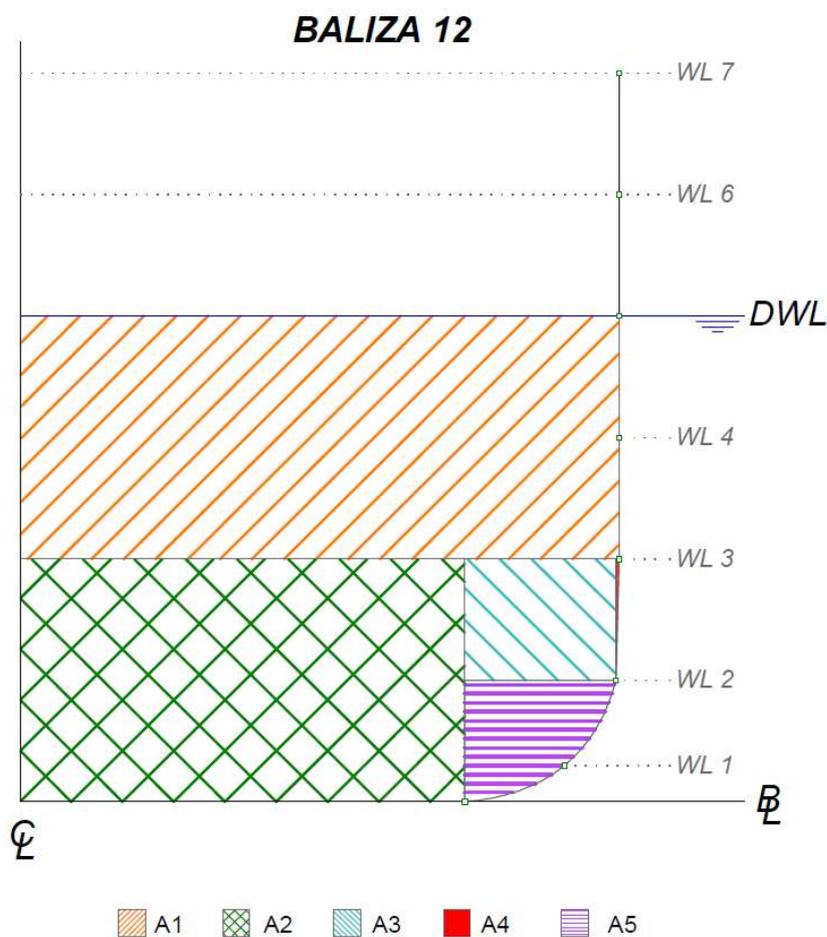
As áreas A1, A2 e A3 são calculadas pela área do retângulo que as descrevem.

A área A4 é calculada pela área de um triângulo, que se aproxima da forma que a curvatura descreve nesta região.

A área A5 corresponde a uma parcela da circunferência com o Raio de Bojo da baliza. Como não se sabe a porcentagem desta circunferência que ocupa o bojo, sua área é encontrada a partir de aproximações feitas pela regra do trapézio. Calcula-se a área de vários trapézios abaixo da curva para posteriormente subtrai-los do retângulo circunscrito ao segmento da circunferência do bojo. Optou-se trabalhar com 30 segmentos da curva, definidos pela divisão da máxima linha d'água da circunferência, ou seja, $WL_i^2/30$. Os valores de HB correspondentes a cada WL foram calculados por meio de coordenadas polares, como mostrado na Equação D 2.

$$HB_i^{WL_i^j} = HB_i^{WL0} + \left(Raio\ de\ Bojo_i \times sen \left(\cos^{-1} \left(\frac{Raio\ de\ Bojo_i - WL_i^j}{Raio\ de\ Bojo_i} \right) \right) \right) \quad (D 2)$$

Figura D 1 – Repartição da baliza para o cálculo de sua área (primeiro posicionamento)



Fonte: Autora 2019

- Segundo posicionamento

Se os 2 primeiros pontos abaixo da linha d'água estiverem alinhados, ou seja, se $HB_i^{WL5} = HB_i^{WL4}$, a área terá a característica mostrada na Figura D 2, e será calculada pela Equação D 3.

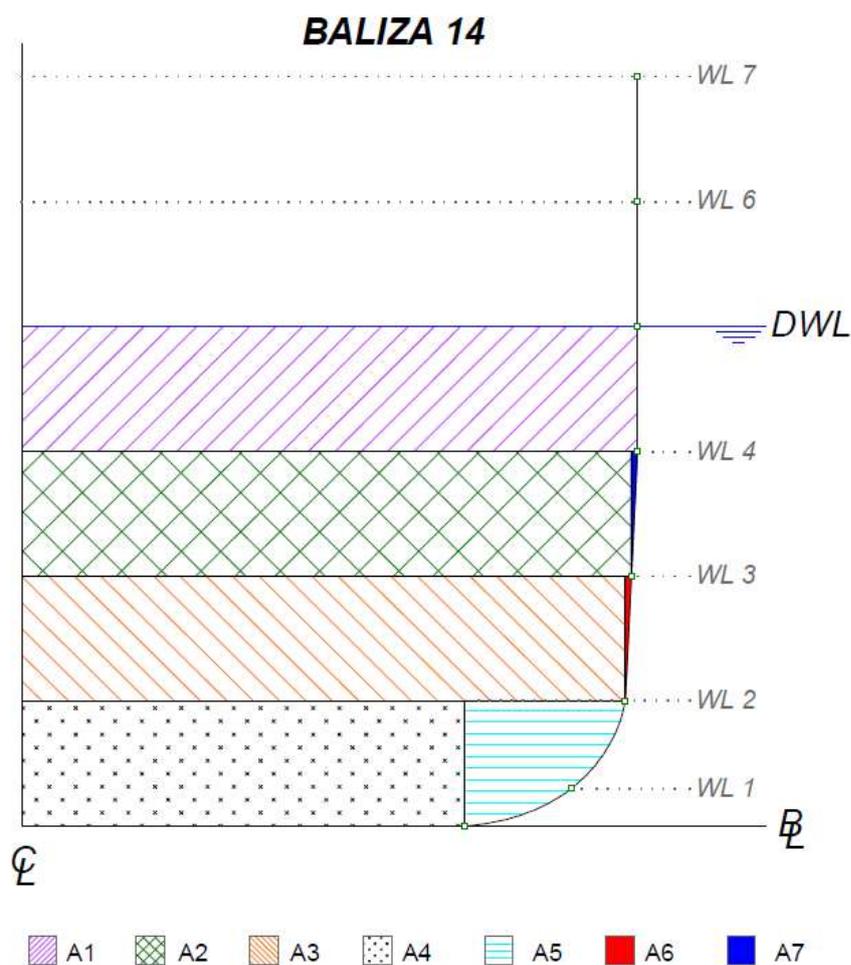
$$A_i = A1 + A2 + A2 + A4 + A5 + A6 + A7 \quad (D3)$$

As áreas A1, A2, A3 e A4 são calculadas pela área do retângulo que as descrevem.

As áreas A6 e A7 são calculadas pela área de um triângulo, que se aproxima da forma que a curvatura descreve nestas regiões.

A área A5 é calculada da mesma forma explicada no primeiro posicionamento.

Figura D 2 – Repartição da baliza para o cálculo de sua área (segundo posicionamento)



Fonte: Autora 2019

- Terceiro posicionamento

Quando nenhum dos pontos estão alinhados, a área terá a característica mostrada na Figura D 3, e será calculada pela Equação D 4.

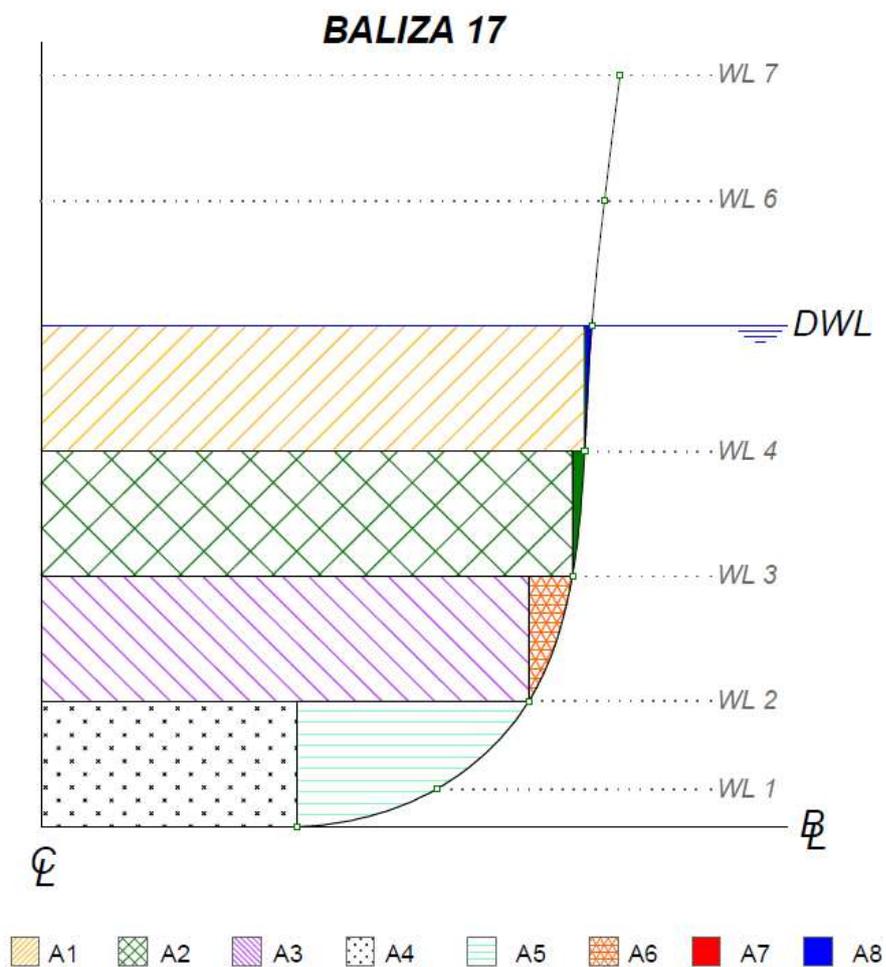
$$A_i = A1 + A2 + A2 + A4 + A5 + A6 + A7 + A8 \quad (D 4)$$

As áreas A1, A2, A3 e A4 são calculadas pela área do retângulo que as descrevem.

As áreas A6, A7 e A8 são calculadas pela área de um triângulo, que se aproxima da forma que a curvatura descreve nestas regiões.

A área A5 é calculada da mesma forma explicada no primeiro posicionamento.

Figura D 3 – Repartição da baliza para o cálculo de sua área (terceiro posicionamento)



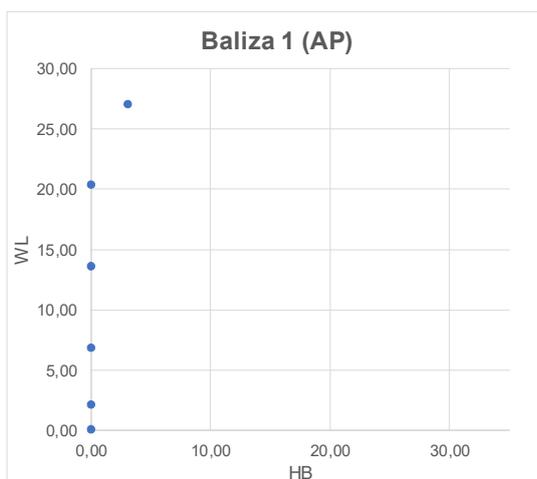
Fonte: Autora 2019

APÊNDICE E – BALIZAS DO MÉTODO ÁREAS SECCIONAIS

Figura E 1 – Baliza 1 (AP) sem necessidade de aplicar o método

Baliza 1 (AP)		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
0,00	0,00	10,54	-5,29	0,00
0,00	2,03			
0,00	6,75			
0,00	13,50			
0,00	20,25			
3,12	27,00			

Área SAC/2 (ft ²)
5,25

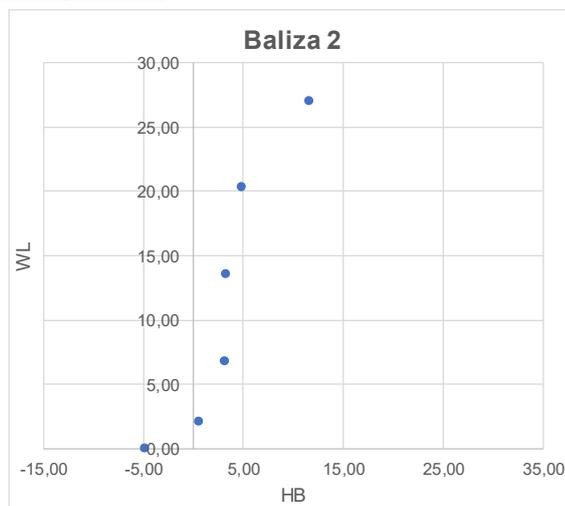


Fonte: Autora (2019)

Figura E 2 – Baliza 2

Baliza 2		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
-4,81	0,00	112,86	0,00	8,07
0,53	2,03			
3,15	6,75			
3,26	13,50			
4,89	20,25			
11,64	27,00			

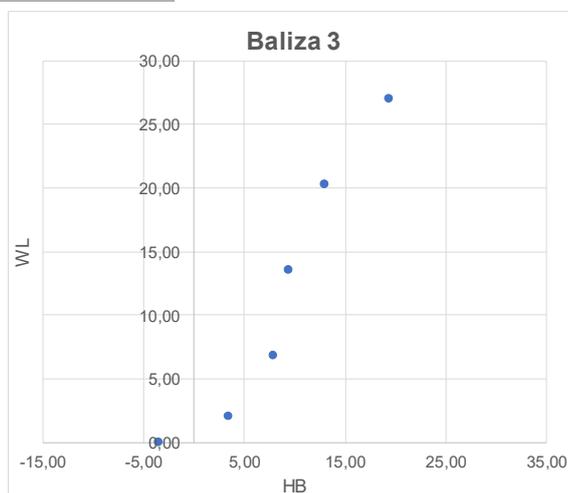
Área SAC/2 (ft ²)
112,86



Fonte: Autora (2019)

Figura E 3 – Baliza 3

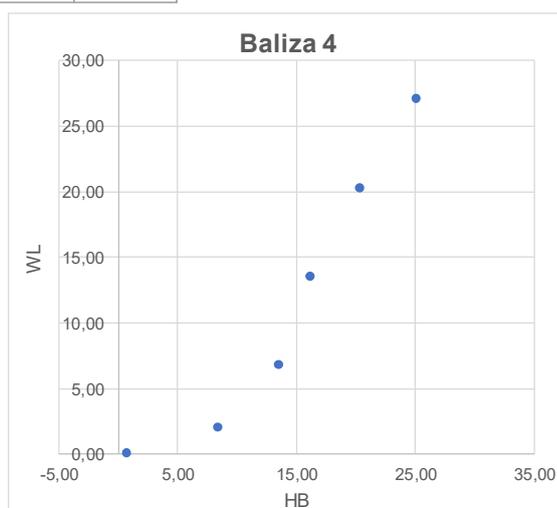
Baliza 3		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
-3,46	0,00	273,84	0,00	12,88
3,47	2,03			
7,86	6,75			
9,42	13,50			
12,95	20,25			
19,37	27,00			
		273,84		



Fonte: Autora (2019)

Figura E 4 – Baliza 4

Baliza 4		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
0,71	0,00	441,82	0,00	15,46
8,36	2,03			
13,48	6,75			
16,17	13,50			
20,34	20,25			
25,08	27,00			
		441,82		

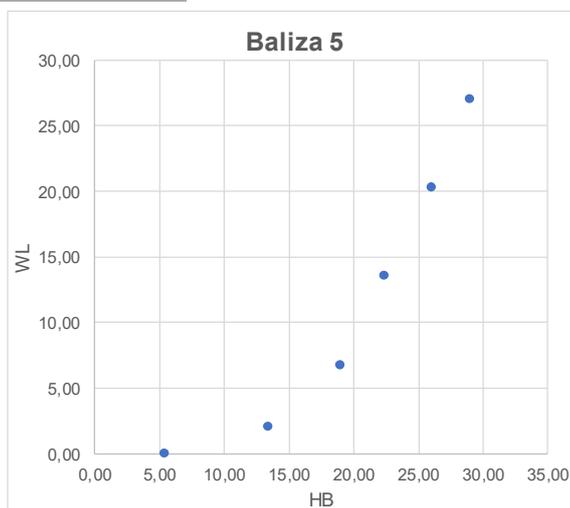


Fonte: Autora (2019)

Figura E 5 – Baliza 5

Baliza 5		Área da secção (ft²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
5,37	0,00	587,93	0,00	16,97
13,41	2,03			
18,91	6,75			
22,33	13,50			
26,01	20,25			
28,98	27,00			

Área SAC/2 (ft²)
587,93

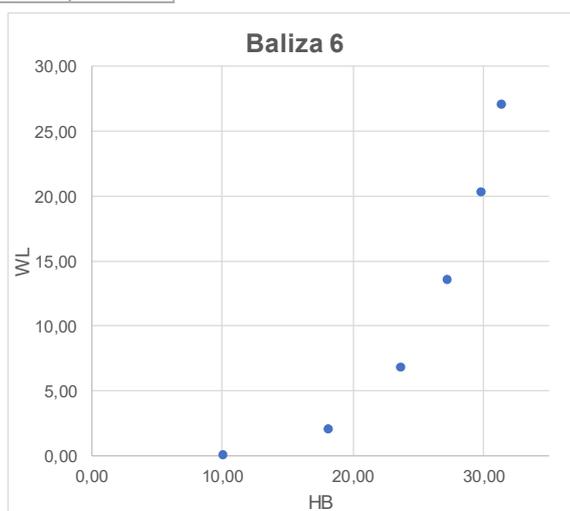


Fonte: Autora (2019)

Figura E 6 – Baliza 6

Baliza 6		Área da secção (ft²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
10,06	0,00	702,54	0,00	17,17
18,14	2,03			
23,70	6,75			
27,22	13,50			
29,78	20,25			
31,33	27,00			

Área SAC/2 (ft²)
702,54

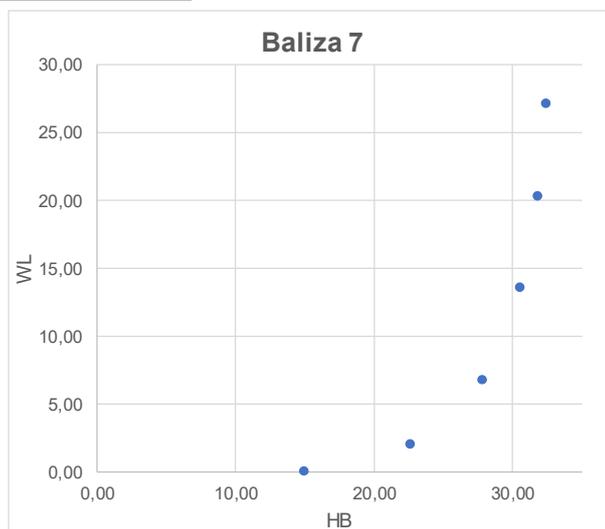


Fonte: Autora (2019)

Figura E 7 – Baliza 7

Baliza 7		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
15,02	0,00	787,40	0,00	15,56
22,70	2,03			
27,84	6,75			
30,58	13,50			
31,91	20,25			
32,48	27,00			

Área SAC/2 (ft ²)
787,40

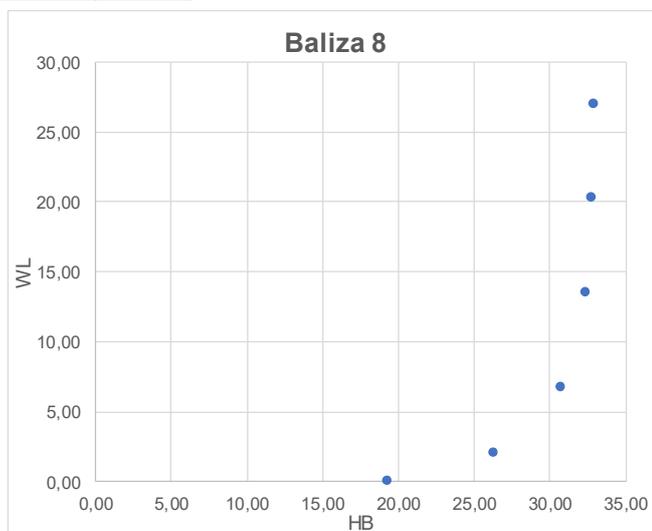


Fonte: Autora (2019)

Figura E 8 – Baliza 8

Baliza 8		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
19,29	0,00	839,90	0,00	13,10
26,29	2,03			
30,75	6,75			
32,39	13,50			
32,77	20,25			
32,95	27,00			

Área SAC/2 (ft ²)
839,90

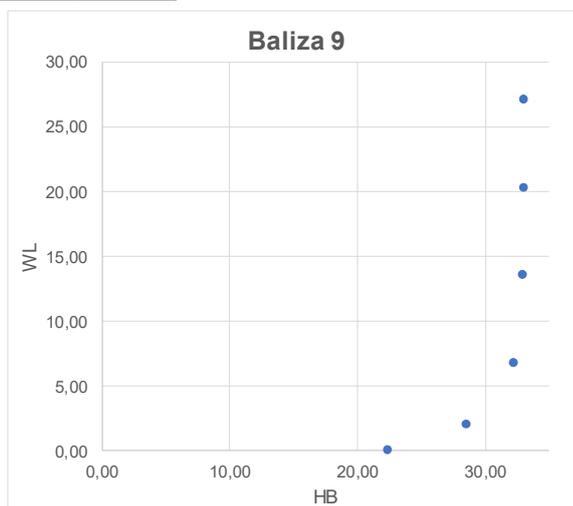


Fonte: Autora (2019)

Figura E 9 – Baliza 9

Baliza 9		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
22,34	0,00	864,39	0,00	10,61
28,58	2,03			
32,22	6,75			
32,95	13,50			
33,00	20,25			
33,00	27,00			
33,00	27,00			

Área SAC/2 (ft ²)
864,39

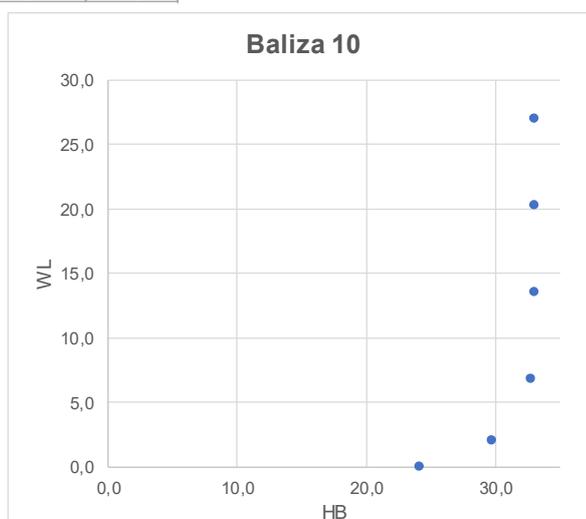


Fonte: Autora (2019)

Figura E 10 – Baliza 10

Baliza 10		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
24,1	0,0	873,1	0,0	8,9
29,7	2,0			
32,7	6,8			
33,0	13,5			
33,0	20,3			
33,0	27,0			
33,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
873,1

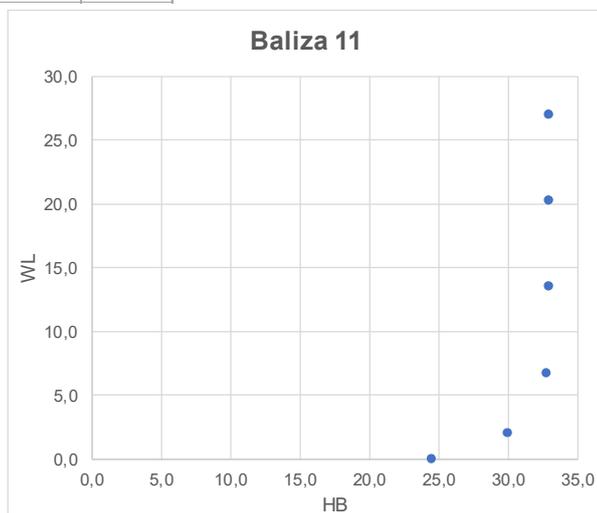


Fonte: Autora (2019)

Figura E 11 – Baliza 11

Baliza 11		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
24,5	0,0	874,9	0,0	8,5
30,0	2,0			
32,8	6,8			
33,0	13,5			
33,0	20,3			
33,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
874,9

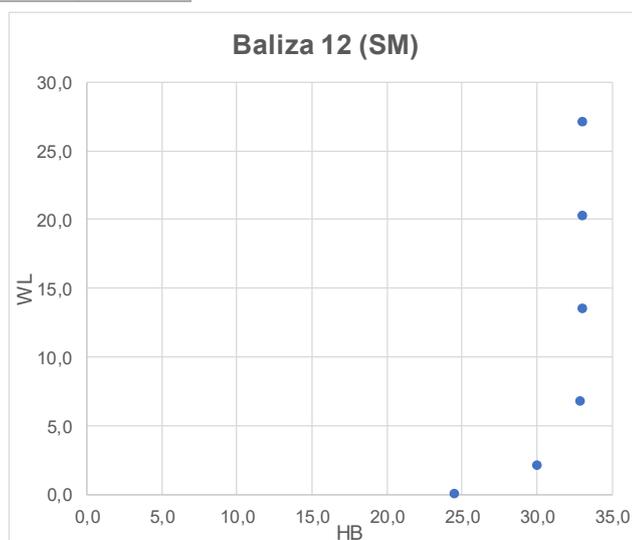


Fonte: Autora (2019)

Figura E 12 – Baliza 12 (SM)

Baliza 12 (SM)		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
24,5	0,0	874,9	0,0	8,5
30,0	2,0			
32,8	6,8			
33,0	13,5			
33,0	20,3			
33,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
874,9

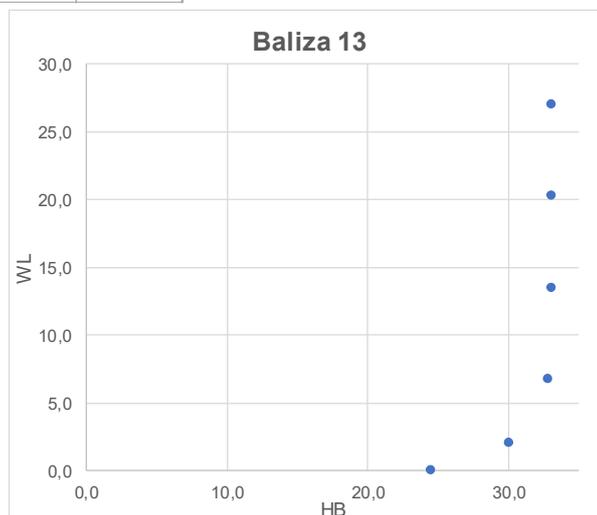


Fonte: Autora (2019)

Figura E 13 – Baliza 13

Baliza 13		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
24,5	0,0	874,9	0,0	8,5
30,0	2,0			
32,8	6,8			
33,0	13,5			
33,0	20,3			
33,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
874,9

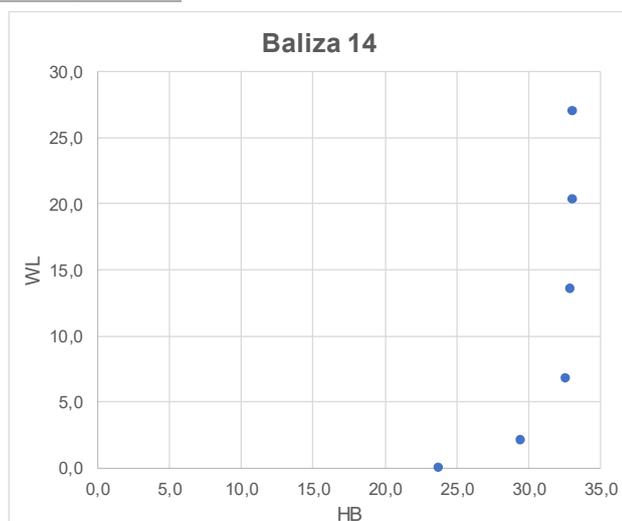


Fonte: Autora (2019)

Figura E 14 – Baliza 14

Baliza 14		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
23,7	0,0	870,1	0,0	9,2
29,5	2,0			
32,6	6,8			
32,9	13,5			
33,0	20,3			
33,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
870,1

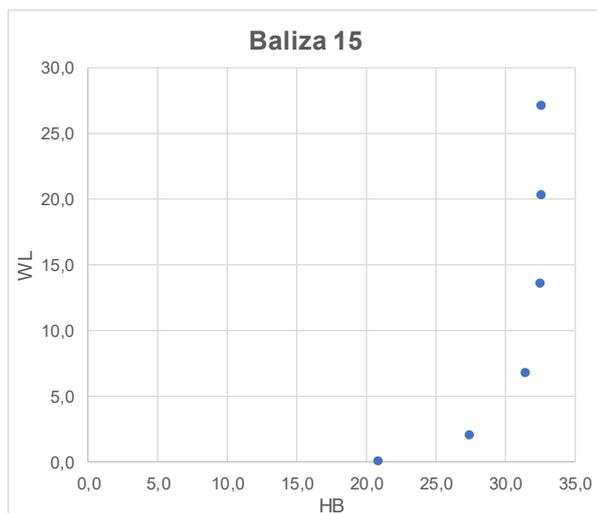


Fonte: Autora (2019)

Figura E 15 – Baliza 15

Baliza 15		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
20,9	0,0	848,6	0,0	11,7
27,5	2,0			
31,5	6,8			
32,6	13,5			
32,6	20,3			
32,6	27,0			
32,6	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
848,6

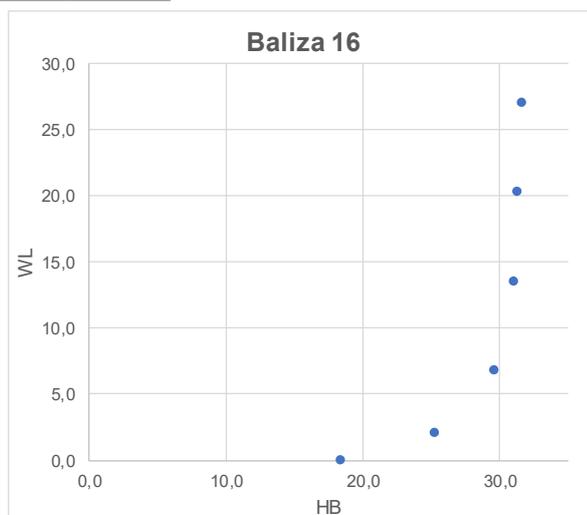


Fonte: Autora (2019)

Figura E 16 – Baliza 16

Baliza 16		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
18,4	0,0	805,3	0,0	12,6
25,3	2,0			
29,6	6,8			
31,0	13,5			
31,3	20,3			
31,6	27,0			
31,6	27,0			

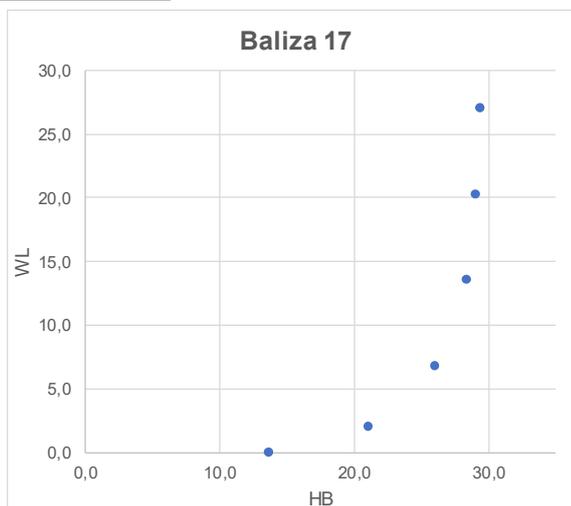
Área SAC/2 (ft ²)
805,3



Fonte: Autora (2019)

Figura E 17 – Baliza 17

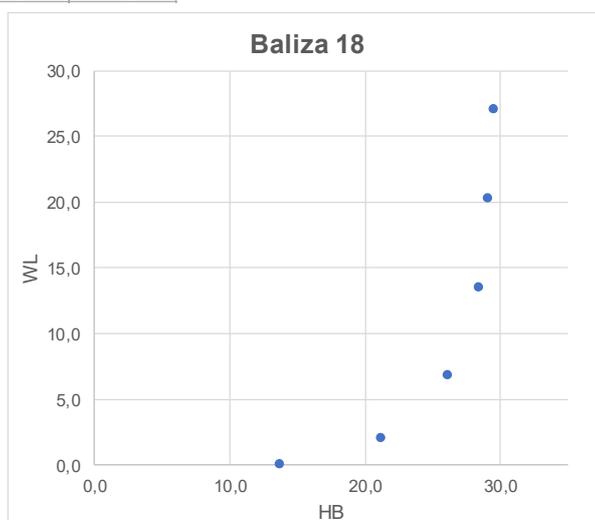
Baliza 17		Área da secção (ft²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
13,7	0,0	726,2	0,0	14,7
21,1	2,0			
26,1	6,8			
28,4	13,5			
29,0	20,3			
29,4	27,0			



Fonte: Autora (2019)

Figura E 18 – Baliza 18

Baliza 18		Área da secção (ft²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
9,5	0,0	618,5	0,0	14,7
17,0	2,0			
21,9	6,8			
24,2	13,5			
25,2	20,3			
26,1	27,0			

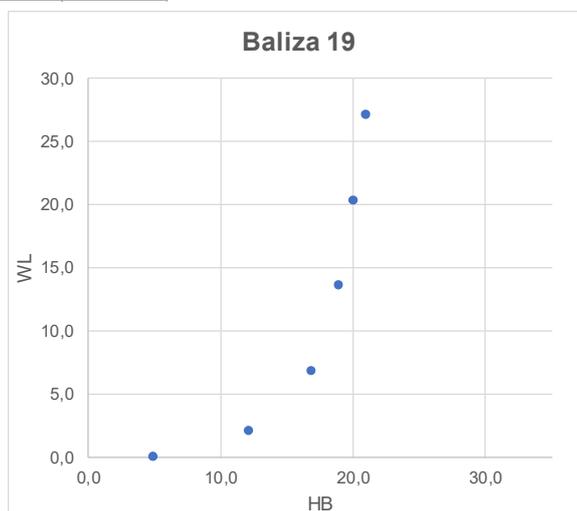


Fonte: Autora (2019)

Figura E 19 – Baliza 19

Baliza 19		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
4,9	0,0	482,1	0,0	14,0
12,2	2,0			
16,9	6,8			
19,0	13,5			
20,1	20,3			
21,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
482,1

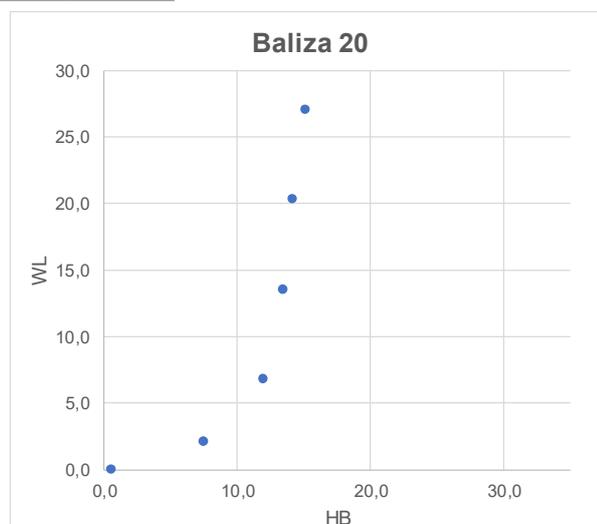


Fonte: Autora (2019)

Figura E 20 – Baliza 20

Baliza 20		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
0,6	0,0	336,8	0,0	12,9
7,5	2,0			
11,9	6,8			
13,5	13,5			
14,2	20,3			
15,1	27,0			

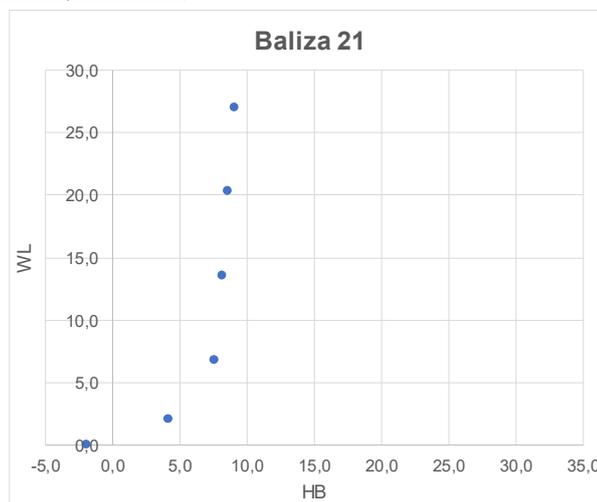
Área SAC/2 (ft ²)
337



Fonte: Autor (2019)

Figura E 21 – Baliza 21

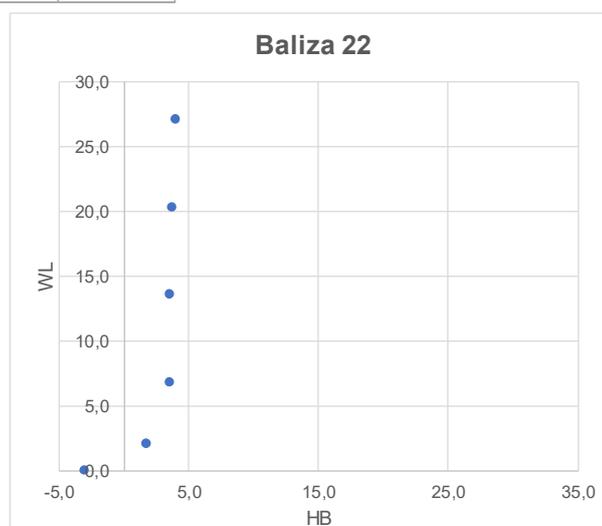
Baliza 21		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
-1,9	0,0	203,6	0,0	10,1
4,2	2,0			
7,6	6,8			
8,2	13,5			
8,6	20,3			
9,1	27,0			
		203,6		



Fonte: Autora (2019)

Figura E 22 – Baliza 22

Baliza 22		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
-3,0	0,0	89,2	0,0	6,6
1,7	2,0			
3,6	6,8			
3,6	13,5			
3,7	20,3			
4,0	27,0			
		89,2		

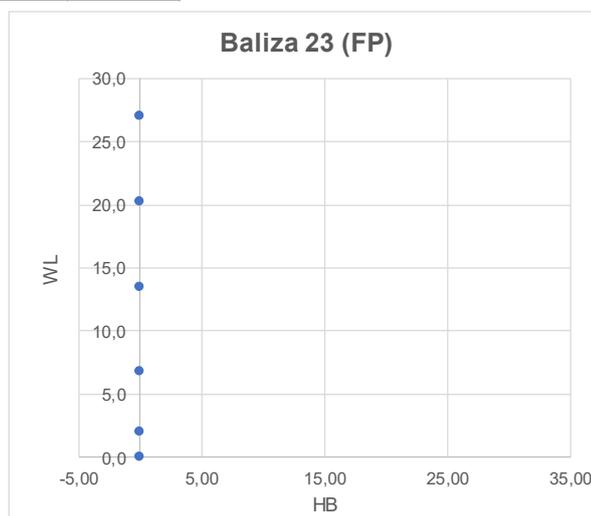


Fonte: Autora (2019)

Figura E 23 – Baliza 23 (FP) sem necessidade de aplicar o método

Baliza 23 (FP)		Área da secção (ft ²)	Diferença entre áreas	Raio de Bojo (ft)
HB (ft)	WL (ft)			
0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,00	2,0			
0,00	6,8			
0,0	13,5			
0,0	20,3			
0,0	27,0			

Área SAC/2 (ft ²)
0,0



Fonte: Autora (2019)

APÊNDICE F – PROGRAMA SERIES

A seguir, são mostradas as telas do programa Series durante sua utilização com os dados do navio *Schuler Otis Bland*.

A Figura F 4 mostra um aviso de que o navio ultrapassa os limites determinados pela Série. Do mesmo modo, a ferramenta criada neste trabalho também retorna este aviso. Contudo, o navio de análise que gerou estas respostas é o mesmo utilizado pelo exemplo da Série 60 (Todd, 1963). Portanto, seguiu-se com a utilização do mesmo por ser uma referência da série.

Figura F 1 – Criação do arquivo para iniciar o programa



Fonte: Autora (2019)

Figura F 2 – Inserção dos dados de entrada do navio

Fonte: Autora (2019)

Figura F 3 – Tela exibida durante sua utilização



Fonte: Autora (2019)

Figura F 4 – Programa ao fim de sua execução



```
C:\DOCUME~1\FCARD~1\Desktop\Projeto\SERIES.EXE

SERIES

PENQ/DEN      Séries Sistemáticas      Versão
COPPE/UFBRJ                                     2.4r

                28/Mar/2019

Especifique Arquivos na Forna - Disco:\Dir\Subdir\...\Nome.Ext
-> Arquivo de Dados: Exemplo1.ser
-> Arquivo de Saída: Exemplo1.out
-> Gráfico SÉRIE 60: Exemplo1.tbc

          Processando
          Forna e Potência - SÉRIE 60
-> B/T 2.4442 Fora dos Limites 2.5 a 3.5 <SERIE-60/Potência>

          Programa Terminado Normalmente

-> Deseja Nova Execução (S/N)?
```

Fonte: Autora (2019)

APÊNDICE G – TABELA DE ERROS ENTRE AS COTAS GERADAS PELO PROGRAMA SERIES E PELA FERRAMENTA

Figura G 1 – Navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60)

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
1 (AP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 (AP)	-	-	0,25%	-	-	0,25%	-	-	0,25%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	2,71%	0,00%	-	2,71%	0,00%	-	2,71%	0,00%
1 (AP)	-	0,79%	0,00%	-	0,79%	0,00%	-	0,79%	0,00%
1 (AP)	-	1,32%	0,00%	-	1,32%	0,00%	-	1,32%	0,00%
2	0,05%	10,60%	-	0,05%	10,60%	-	0,05%	10,60%	-
2	0,05%	10,07%	0,25%	0,05%	10,07%	0,25%	0,05%	10,07%	0,25%
2	0,05%	6,00%	0,00%	0,05%	6,00%	0,00%	0,05%	6,00%	0,00%
2	0,05%	7,51%	0,00%	0,05%	7,51%	0,00%	0,05%	7,51%	0,00%
2	0,05%	9,40%	0,00%	0,05%	9,40%	0,00%	0,05%	9,40%	0,00%
2	0,05%	0,22%	0,00%	0,05%	0,22%	0,00%	0,05%	0,22%	0,00%
2	0,05%	1,57%	0,00%	0,05%	1,57%	0,00%	0,05%	1,57%	0,00%
2	0,05%	0,59%	0,00%	0,05%	0,59%	0,00%	0,05%	0,59%	0,00%
3	0,05%	31,28%	-	0,05%	31,28%	-	0,05%	31,28%	-
3	0,05%	16,55%	0,25%	0,05%	16,55%	0,25%	0,05%	16,55%	0,25%
3	0,05%	6,36%	0,00%	0,05%	6,36%	0,00%	0,05%	6,36%	0,00%
3	0,05%	5,79%	0,00%	0,05%	5,79%	0,00%	0,05%	5,79%	0,00%
3	0,05%	6,69%	0,00%	0,05%	6,69%	0,00%	0,05%	6,69%	0,00%
3	0,05%	2,66%	0,00%	0,05%	2,66%	0,00%	0,05%	2,66%	0,00%
3	0,05%	1,80%	0,00%	0,05%	1,80%	0,00%	0,05%	1,80%	0,00%
3	0,05%	0,23%	0,00%	0,05%	0,23%	0,00%	0,05%	0,23%	0,00%
4	0,06%	36,51%	-	0,06%	36,51%	-	0,06%	36,51%	-
4	0,06%	15,40%	0,25%	0,06%	15,40%	0,25%	0,06%	15,40%	0,25%
4	0,06%	6,06%	0,00%	0,06%	6,06%	0,00%	0,06%	6,06%	0,00%
4	0,06%	5,54%	0,00%	0,06%	5,54%	0,00%	0,06%	5,54%	0,00%
4	0,06%	4,22%	0,00%	0,06%	4,22%	0,00%	0,06%	4,22%	0,00%
4	0,06%	1,49%	0,00%	0,06%	1,49%	0,00%	0,06%	1,49%	0,00%
4	0,06%	1,07%	0,00%	0,06%	1,07%	0,00%	0,06%	1,07%	0,00%
4	0,06%	0,36%	0,00%	0,06%	0,36%	0,00%	0,06%	0,36%	0,00%
5	0,06%	37,33%	-	0,06%	37,33%	-	0,06%	1,90%	-
5	0,06%	14,43%	0,25%	0,06%	14,43%	0,25%	0,06%	0,70%	0,25%
5	0,06%	5,85%	0,00%	0,06%	5,85%	0,00%	0,06%	8,20%	0,00%
5	0,06%	4,12%	0,00%	0,06%	4,12%	0,00%	0,06%	4,12%	0,00%
5	0,06%	2,19%	0,00%	0,06%	2,19%	0,00%	0,06%	2,19%	0,00%
5	0,06%	0,86%	0,00%	0,06%	0,86%	0,00%	0,06%	0,86%	0,00%
5	0,06%	0,35%	0,00%	0,06%	0,35%	0,00%	0,06%	0,35%	0,00%
5	0,06%	0,04%	0,00%	0,06%	0,04%	0,00%	0,06%	0,04%	0,00%
6	0,05%	38,11%	-	0,05%	38,11%	-	0,05%	15,22%	-
6	0,05%	14,09%	0,25%	0,05%	14,09%	0,25%	0,05%	0,30%	0,25%
6	0,05%	4,11%	0,00%	0,05%	4,11%	0,00%	0,05%	4,31%	0,00%
6	0,05%	2,80%	0,00%	0,05%	2,80%	0,00%	0,05%	2,80%	0,00%
6	0,05%	1,60%	0,00%	0,05%	1,60%	0,00%	0,05%	1,60%	0,00%
6	0,05%	0,52%	0,00%	0,05%	0,52%	0,00%	0,05%	0,52%	0,00%
6	0,05%	0,32%	0,00%	0,05%	0,32%	0,00%	0,05%	0,32%	0,00%
6	0,05%	0,10%	0,00%	0,05%	0,10%	0,00%	0,05%	0,10%	0,00%
7	0,05%	37,30%	-	0,05%	37,30%	-	0,05%	5,11%	-
7	0,05%	13,07%	0,25%	0,05%	13,07%	0,25%	0,05%	1,59%	0,25%
7	0,05%	3,10%	0,00%	0,05%	3,10%	0,00%	0,05%	3,01%	0,00%
7	0,05%	1,38%	0,00%	0,05%	1,38%	0,00%	0,05%	1,38%	0,00%
7	0,05%	0,78%	0,00%	0,05%	0,78%	0,00%	0,05%	0,78%	0,00%
7	0,05%	0,48%	0,00%	0,05%	0,48%	0,00%	0,05%	0,48%	0,00%
7	0,05%	0,05%	0,00%	0,05%	0,05%	0,00%	0,05%	0,05%	0,00%
7	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
8	0,06%	37,23%	-	0,06%	6,48%	-	0,06%	0,78%	-
8	0,06%	12,38%	0,25%	0,06%	5,85%	0,25%	0,06%	2,01%	0,25%
8	0,06%	1,87%	0,00%	0,06%	3,87%	0,00%	0,06%	2,06%	0,00%
8	0,06%	0,66%	0,00%	0,06%	0,66%	0,00%	0,06%	0,66%	0,00%
8	0,06%	0,24%	0,00%	0,06%	0,24%	0,00%	0,06%	0,24%	0,00%
8	0,06%	0,34%	0,00%	0,06%	0,34%	0,00%	0,06%	0,34%	0,00%
8	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
8	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
9	0,06%	36,99%	-	0,06%	2,00%	-	0,06%	0,82%	-
9	0,06%	11,44%	0,25%	0,06%	1,74%	0,25%	0,06%	1,12%	0,25%
9	0,06%	1,37%	0,00%	0,06%	1,40%	0,00%	0,06%	1,14%	0,00%
9	0,06%	0,28%	0,00%	0,06%	0,28%	0,00%	0,06%	0,28%	0,00%
9	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
9	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
9	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
9	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 2 – Continuação navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60)

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
10	0,06%	35,79%	-	0,06%	0,64%	-	0,06%	0,99%	-
10	0,06%	10,54%	0,25%	0,06%	0,20%	0,25%	0,06%	0,38%	0,25%
10	0,06%	0,98%	0,00%	0,06%	0,29%	0,00%	0,06%	0,35%	0,00%
10	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
10	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
10	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
10	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
10	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%	0,06%	0,00%	0,00%
11	0,05%	35,41%	-	0,05%	0,03%	-	0,05%	0,53%	-
11	0,05%	10,29%	0,25%	0,05%	0,00%	0,25%	0,05%	0,29%	0,25%
11	0,05%	0,64%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,08%	0,00%
11	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
11	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
11	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
11	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
11	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
11	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	35,41%	-	0,00%	0,03%	-	0,00%	0,53%	-
12 (SM)	0,00%	10,29%	0,25%	0,00%	0,00%	0,25%	0,00%	0,29%	0,25%
12 (SM)	0,00%	0,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	0,09%	35,41%	-	0,09%	0,03%	-	0,09%	0,53%	-
13	0,09%	10,29%	0,25%	0,09%	0,00%	0,25%	0,09%	0,29%	0,25%
13	0,09%	0,64%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,08%	0,00%
13	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
13	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
13	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
13	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
13	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
13	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%
14	0,07%	34,61%	-	0,07%	1,14%	-	0,07%	0,49%	-
14	0,07%	9,75%	0,25%	0,07%	0,65%	0,25%	0,07%	0,21%	0,25%
14	0,07%	0,48%	0,00%	0,07%	0,06%	0,00%	0,07%	0,23%	0,00%
14	0,07%	0,24%	0,00%	0,07%	0,24%	0,00%	0,07%	0,24%	0,00%
14	0,07%	0,23%	0,00%	0,07%	0,23%	0,00%	0,07%	0,23%	0,00%
14	0,07%	0,02%	0,00%	0,07%	0,02%	0,00%	0,07%	0,02%	0,00%
14	0,07%	0,04%	0,00%	0,07%	0,04%	0,00%	0,07%	0,04%	0,00%
14	0,07%	0,03%	0,00%	0,07%	0,03%	0,00%	0,07%	0,03%	0,00%
15	0,06%	33,23%	-	0,06%	1,38%	-	0,06%	2,23%	-
15	0,06%	9,17%	0,25%	0,06%	1,41%	0,25%	0,06%	1,86%	0,25%
15	0,06%	0,09%	0,00%	0,06%	0,40%	0,00%	0,06%	0,61%	0,00%
15	0,06%	0,06%	0,00%	0,06%	0,06%	0,00%	0,06%	0,06%	0,00%
15	0,06%	0,19%	0,00%	0,06%	0,19%	0,00%	0,06%	0,19%	0,00%
15	0,06%	0,29%	0,00%	0,06%	0,29%	0,00%	0,06%	0,29%	0,00%
15	0,06%	0,22%	0,00%	0,06%	0,22%	0,00%	0,06%	0,22%	0,00%
15	0,06%	0,17%	0,00%	0,06%	0,17%	0,00%	0,06%	0,17%	0,00%
16	0,05%	30,82%	-	0,05%	30,82%	-	0,05%	3,66%	-
16	0,05%	7,92%	0,25%	0,05%	7,92%	0,25%	0,05%	0,34%	0,25%
16	0,05%	0,50%	0,00%	0,05%	0,50%	0,00%	0,05%	0,56%	0,00%
16	0,05%	0,79%	0,00%	0,05%	0,79%	0,00%	0,05%	0,79%	0,00%
16	0,05%	0,63%	0,00%	0,05%	0,63%	0,00%	0,05%	0,63%	0,00%
16	0,05%	0,61%	0,00%	0,05%	0,61%	0,00%	0,05%	0,61%	0,00%
16	0,05%	0,50%	0,00%	0,05%	0,50%	0,00%	0,05%	0,50%	0,00%
16	0,05%	0,39%	0,00%	0,05%	0,39%	0,00%	0,05%	0,39%	0,00%
17	0,04%	27,69%	-	0,04%	27,69%	-	0,04%	1,22%	-
17	0,04%	7,12%	0,25%	0,04%	7,12%	0,25%	0,04%	2,52%	0,25%
17	0,04%	1,35%	0,00%	0,04%	1,35%	0,00%	0,04%	2,45%	0,00%
17	0,04%	1,40%	0,00%	0,04%	1,40%	0,00%	0,04%	1,40%	0,00%
17	0,04%	1,23%	0,00%	0,04%	1,23%	0,00%	0,04%	1,23%	0,00%
17	0,04%	1,37%	0,00%	0,04%	1,37%	0,00%	0,04%	1,37%	0,00%
17	0,04%	1,07%	0,00%	0,04%	1,07%	0,00%	0,04%	1,07%	0,00%
17	0,04%	0,70%	0,00%	0,04%	0,70%	0,00%	0,04%	0,70%	0,00%
18	0,03%	21,96%	-	0,03%	21,96%	-	0,03%	4,53%	-
18	0,03%	5,20%	0,25%	0,03%	5,20%	0,25%	0,03%	2,32%	0,25%
18	0,03%	2,58%	0,00%	0,03%	2,58%	0,00%	0,03%	2,82%	0,00%
18	0,03%	2,07%	0,00%	0,03%	2,07%	0,00%	0,03%	2,07%	0,00%
18	0,03%	2,19%	0,00%	0,03%	2,19%	0,00%	0,03%	2,19%	0,00%
18	0,03%	1,88%	0,00%	0,03%	1,88%	0,00%	0,03%	1,88%	0,00%
18	0,03%	1,56%	0,00%	0,03%	1,56%	0,00%	0,03%	1,56%	0,00%
18	0,03%	0,91%	0,00%	0,03%	0,91%	0,00%	0,03%	0,91%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 3 – Continuação navio SCHUYLER OTIS BLAND (Exemplo Série 60)

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
19	0,02%	15,65%	-	0,02%	15,65%	-	0,02%	7,60%	-
19	0,02%	2,66%	0,25%	0,02%	2,66%	0,25%	0,02%	4,66%	0,25%
19	0,02%	3,74%	0,00%	0,02%	3,74%	0,00%	0,02%	4,05%	0,00%
19	0,02%	4,04%	0,00%	0,02%	4,04%	0,00%	0,02%	4,04%	0,00%
19	0,02%	3,22%	0,00%	0,02%	3,22%	0,00%	0,02%	3,22%	0,00%
19	0,02%	3,10%	0,00%	0,02%	3,10%	0,00%	0,02%	3,10%	0,00%
19	0,02%	3,12%	0,00%	0,02%	3,12%	0,00%	0,02%	3,12%	0,00%
19	0,02%	1,43%	0,00%	0,02%	1,43%	0,00%	0,02%	1,43%	0,00%
20	0,02%	6,33%	-	0,02%	6,33%	-	0,02%	6,33%	-
20	0,02%	1,17%	0,25%	0,02%	1,17%	0,25%	0,02%	11,77%	0,25%
20	0,02%	5,16%	0,00%	0,02%	5,16%	0,00%	0,02%	4,40%	0,00%
20	0,02%	4,83%	0,00%	0,02%	4,83%	0,00%	0,02%	4,83%	0,00%
20	0,02%	4,60%	0,00%	0,02%	4,60%	0,00%	0,02%	4,60%	0,00%
20	0,02%	3,83%	0,00%	0,02%	3,83%	0,00%	0,02%	3,83%	0,00%
20	0,02%	3,45%	0,00%	0,02%	3,45%	0,00%	0,02%	3,45%	0,00%
20	0,02%	2,42%	0,00%	0,02%	2,42%	0,00%	0,02%	2,42%	0,00%
21	0,01%	1,95%	-	0,01%	1,95%	-	0,01%	1,95%	-
21	0,01%	25,19%	0,25%	0,01%	25,19%	0,25%	0,01%	1,32%	0,25%
21	0,01%	4,64%	0,00%	0,01%	4,64%	0,00%	0,01%	0,04%	0,00%
21	0,01%	5,67%	0,00%	0,01%	5,67%	0,00%	0,01%	5,67%	0,00%
21	0,01%	5,44%	0,00%	0,01%	5,44%	0,00%	0,01%	5,44%	0,00%
21	0,01%	5,16%	0,00%	0,01%	5,16%	0,00%	0,01%	5,16%	0,00%
21	0,01%	4,41%	0,00%	0,01%	4,41%	0,00%	0,01%	4,41%	0,00%
21	0,01%	3,35%	0,00%	0,01%	3,35%	0,00%	0,01%	3,35%	0,00%
22	0,00%	22,32%	-	0,00%	22,32%	-	0,00%	22,32%	-
22	0,00%	6,37%	0,25%	0,00%	6,37%	0,25%	0,00%	6,37%	0,25%
22	0,00%	5,62%	0,00%	0,00%	5,62%	0,00%	0,00%	5,62%	0,00%
22	0,00%	5,31%	0,00%	0,00%	5,31%	0,00%	0,00%	5,31%	0,00%
22	0,00%	5,27%	0,00%	0,00%	5,27%	0,00%	0,00%	5,27%	0,00%
22	0,00%	5,94%	0,00%	0,00%	5,94%	0,00%	0,00%	5,94%	0,00%
22	0,00%	4,53%	0,00%	0,00%	4,53%	0,00%	0,00%	4,53%	0,00%
22	0,00%	2,95%	0,00%	0,00%	2,95%	0,00%	0,00%	2,95%	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-
23 (FP)	0,00%	-	0,25%	0,00%	-	0,25%	0,00%	-	0,25%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	0,64%	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%
23 (FP)	0,00%	4,96%	0,00%	0,00%	4,96%	0,00%	0,00%	4,96%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 4 – Navio APL TEMASEK

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
1 (AP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 (AP)	-	-	0,05%	-	-	0,04%	-	-	0,04%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	5,44%	0,00%	-	5,45%	0,00%	-	5,45%	0,00%
1 (AP)	-	2,10%	0,00%	-	2,10%	0,00%	-	2,10%	0,00%
1 (AP)	-	1,62%	0,00%	-	1,62%	0,00%	-	1,62%	0,00%
2	0,33%	7,85%	-	0,33%	7,88%	-	0,33%	7,88%	-
2	0,33%	8,80%	0,05%	0,33%	8,81%	0,04%	0,33%	8,81%	0,04%
2	0,33%	6,33%	0,00%	0,33%	6,33%	0,00%	0,33%	6,33%	0,00%
2	0,33%	7,46%	0,00%	0,33%	7,45%	0,00%	0,33%	7,45%	0,00%
2	0,33%	8,99%	0,00%	0,33%	8,99%	0,00%	0,33%	8,99%	0,00%
2	0,33%	0,94%	0,00%	0,33%	0,94%	0,00%	0,33%	0,94%	0,00%
2	0,33%	1,84%	0,00%	0,33%	1,84%	0,00%	0,33%	1,84%	0,00%
2	0,33%	0,72%	0,00%	0,33%	0,72%	0,00%	0,33%	0,72%	0,00%
3	0,33%	23,33%	-	0,33%	23,33%	-	0,33%	23,33%	-
3	0,33%	14,50%	0,05%	0,33%	14,50%	0,04%	0,33%	14,50%	0,04%
3	0,33%	6,30%	0,00%	0,33%	6,30%	0,00%	0,33%	6,30%	0,00%
3	0,33%	5,10%	0,00%	0,33%	5,10%	0,00%	0,33%	5,10%	0,00%
3	0,33%	6,10%	0,00%	0,33%	6,10%	0,00%	0,33%	6,10%	0,00%
3	0,33%	2,40%	0,00%	0,33%	2,40%	0,00%	0,33%	2,40%	0,00%
3	0,33%	1,67%	0,00%	0,33%	1,67%	0,00%	0,33%	1,67%	0,00%
3	0,33%	0,23%	0,00%	0,33%	0,23%	0,00%	0,33%	0,23%	0,00%
4	0,33%	27,22%	-	0,33%	27,22%	-	0,33%	27,22%	-
4	0,33%	12,87%	0,05%	0,33%	12,87%	0,04%	0,33%	12,87%	0,04%
4	0,33%	5,73%	0,00%	0,33%	5,73%	0,00%	0,33%	5,73%	0,00%
4	0,33%	4,65%	0,00%	0,33%	4,65%	0,00%	0,33%	4,65%	0,00%
4	0,33%	3,48%	0,00%	0,33%	3,48%	0,00%	0,33%	3,48%	0,00%
4	0,33%	1,19%	0,00%	0,33%	1,19%	0,00%	0,33%	1,19%	0,00%
4	0,33%	0,88%	0,00%	0,33%	0,88%	0,00%	0,33%	0,88%	0,00%
4	0,33%	0,28%	0,00%	0,33%	0,28%	0,00%	0,33%	0,28%	0,00%
5	0,33%	27,33%	-	0,33%	27,33%	-	0,33%	23,32%	-
5	0,33%	11,63%	0,05%	0,33%	11,63%	0,04%	0,33%	2,75%	0,04%
5	0,33%	5,25%	0,00%	0,33%	5,25%	0,00%	0,33%	5,21%	0,00%
5	0,33%	3,46%	0,00%	0,33%	3,46%	0,00%	0,33%	3,46%	0,00%
5	0,33%	1,75%	0,00%	0,33%	1,75%	0,00%	0,33%	1,75%	0,00%
5	0,33%	0,69%	0,00%	0,33%	0,69%	0,00%	0,33%	0,69%	0,00%
5	0,33%	0,27%	0,00%	0,33%	0,27%	0,00%	0,33%	0,27%	0,00%
5	0,33%	0,07%	0,00%	0,33%	0,07%	0,00%	0,33%	0,07%	0,00%
6	0,33%	27,54%	-	0,33%	27,54%	-	0,33%	0,64%	-
6	0,33%	11,42%	0,05%	0,33%	11,42%	0,04%	0,33%	2,69%	0,04%
6	0,33%	3,62%	0,00%	0,33%	3,62%	0,00%	0,33%	2,35%	0,00%
6	0,33%	2,21%	0,00%	0,33%	2,21%	0,00%	0,33%	2,21%	0,00%
6	0,33%	1,24%	0,00%	0,33%	1,24%	0,00%	0,33%	1,24%	0,00%
6	0,33%	0,34%	0,00%	0,33%	0,34%	0,00%	0,33%	0,34%	0,00%
6	0,33%	0,23%	0,00%	0,33%	0,23%	0,00%	0,33%	0,23%	0,00%
6	0,33%	0,05%	0,00%	0,33%	0,05%	0,00%	0,33%	0,05%	0,00%
7	0,33%	26,89%	-	0,33%	26,89%	-	0,33%	3,43%	-
7	0,33%	10,46%	0,05%	0,33%	10,46%	0,04%	0,33%	2,79%	0,04%
7	0,33%	2,82%	0,00%	0,33%	2,82%	0,00%	0,33%	1,52%	0,00%
7	0,33%	1,00%	0,00%	0,33%	1,00%	0,00%	0,33%	1,00%	0,00%
7	0,33%	89,81%	0,00%	0,33%	89,81%	0,00%	0,33%	89,81%	0,00%
7	0,33%	0,46%	0,00%	0,33%	0,46%	0,00%	0,33%	0,46%	0,00%
7	0,33%	0,02%	0,00%	0,33%	0,02%	0,00%	0,33%	0,02%	0,00%
7	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
8	0,33%	26,65%	-	0,33%	6,25%	-	0,33%	3,61%	-
8	0,33%	10,12%	0,05%	0,33%	4,23%	0,04%	0,33%	2,69%	0,04%
8	0,33%	1,89%	0,00%	0,33%	2,12%	0,00%	0,33%	1,28%	0,00%
8	0,33%	0,50%	0,00%	0,33%	0,50%	0,00%	0,33%	0,50%	0,00%
8	0,33%	0,21%	0,00%	0,33%	0,21%	0,00%	0,33%	0,21%	0,00%
8	0,33%	0,35%	0,00%	0,33%	0,35%	0,00%	0,33%	0,35%	0,00%
8	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
8	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
9	0,33%	26,60%	-	0,33%	2,83%	-	0,33%	2,73%	-
9	0,33%	9,33%	0,05%	0,33%	1,59%	0,04%	0,33%	1,53%	0,04%
9	0,33%	1,52%	0,00%	0,33%	0,88%	0,00%	0,33%	0,86%	0,00%
9	0,33%	0,23%	0,00%	0,33%	0,23%	0,00%	0,33%	0,23%	0,00%
9	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
9	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
9	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
9	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 5 – Continuação navio APL TEMASEK

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
10	0,33%	25,75%	-	0,33%	0,97%	-	0,33%	1,84%	-
10	0,33%	8,70%	0,05%	0,33%	0,26%	0,04%	0,33%	0,75%	0,04%
10	0,33%	1,18%	0,00%	0,33%	0,15%	0,00%	0,33%	0,34%	0,00%
10	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
10	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
10	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
10	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
10	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
11	0,33%	25,52%	-	0,33%	0,13%	-	0,33%	1,09%	-
11	0,33%	8,54%	0,05%	0,33%	0,07%	0,04%	0,33%	0,62%	0,04%
11	0,33%	0,95%	0,00%	0,33%	0,03%	0,00%	0,33%	0,22%	0,00%
11	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
11	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
11	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
11	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%	0,33%	0,00%	0,00%
12 (SM)	1,68%	25,52%	-	1,68%	0,13%	-	1,68%	1,09%	-
12 (SM)	1,68%	8,54%	0,05%	1,68%	0,07%	0,04%	1,68%	0,62%	0,04%
12 (SM)	1,68%	0,95%	0,00%	1,68%	0,03%	0,00%	1,68%	0,22%	0,00%
12 (SM)	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%
12 (SM)	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%
12 (SM)	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%
12 (SM)	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%
13	0,19%	25,52%	-	0,19%	0,13%	-	0,19%	1,09%	-
13	0,19%	8,54%	0,05%	0,19%	0,07%	0,04%	0,19%	0,62%	0,04%
13	0,19%	0,95%	0,00%	0,19%	0,03%	0,00%	0,19%	0,22%	0,00%
13	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%
13	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%
13	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%
13	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%	0,19%	0,00%	0,00%
14	0,16%	24,95%	-	0,16%	0,30%	-	0,16%	1,64%	-
14	0,16%	8,23%	0,05%	0,16%	0,40%	0,04%	0,16%	0,71%	0,04%
14	0,16%	0,75%	0,00%	0,16%	0,12%	0,00%	0,16%	0,34%	0,00%
14	0,16%	0,28%	0,00%	0,16%	0,28%	0,00%	0,16%	0,28%	0,00%
14	0,16%	0,10%	0,00%	0,16%	0,10%	0,00%	0,16%	0,10%	0,00%
14	0,16%	0,01%	0,00%	0,16%	0,01%	0,00%	0,16%	0,01%	0,00%
14	0,16%	0,01%	0,00%	0,16%	0,01%	0,00%	0,16%	0,01%	0,00%
15	0,13%	23,73%	-	0,13%	1,10%	-	0,13%	0,86%	-
15	0,13%	7,59%	0,05%	0,13%	0,47%	0,04%	0,13%	0,60%	0,04%
15	0,13%	0,25%	0,00%	0,13%	0,52%	0,00%	0,13%	0,59%	0,00%
15	0,13%	0,18%	0,00%	0,13%	0,18%	0,00%	0,13%	0,18%	0,00%
15	0,13%	0,33%	0,00%	0,13%	0,33%	0,00%	0,13%	0,33%	0,00%
15	0,13%	0,44%	0,00%	0,13%	0,44%	0,00%	0,13%	0,44%	0,00%
15	0,13%	0,29%	0,00%	0,13%	0,29%	0,00%	0,13%	0,29%	0,00%
15	0,13%	0,14%	0,00%	0,13%	0,14%	0,00%	0,13%	0,14%	0,00%
16	0,11%	21,69%	-	0,11%	6,69%	-	0,11%	7,02%	-
16	0,11%	6,67%	0,05%	0,11%	0,79%	0,04%	0,11%	0,97%	0,04%
16	0,11%	0,03%	0,00%	0,11%	0,76%	0,00%	0,11%	0,67%	0,00%
16	0,11%	0,64%	0,00%	0,11%	0,64%	0,00%	0,11%	0,64%	0,00%
16	0,11%	0,65%	0,00%	0,11%	0,65%	0,00%	0,11%	0,65%	0,00%
16	0,11%	0,44%	0,00%	0,11%	0,44%	0,00%	0,11%	0,44%	0,00%
16	0,11%	0,45%	0,00%	0,11%	0,45%	0,00%	0,11%	0,45%	0,00%
16	0,11%	0,38%	0,00%	0,11%	0,38%	0,00%	0,11%	0,38%	0,00%
17	0,09%	19,65%	-	0,09%	20,09%	-	0,09%	10,21%	-
17	0,09%	6,38%	0,05%	0,09%	5,16%	0,04%	0,09%	0,14%	0,04%
17	0,09%	0,54%	0,00%	0,09%	0,39%	0,00%	0,09%	2,32%	0,00%
17	0,09%	1,09%	0,00%	0,09%	1,09%	0,00%	0,09%	1,09%	0,00%
17	0,09%	1,18%	0,00%	0,09%	1,18%	0,00%	0,09%	1,18%	0,00%
17	0,09%	1,29%	0,00%	0,09%	1,29%	0,00%	0,09%	1,29%	0,00%
17	0,09%	0,96%	0,00%	0,09%	0,96%	0,00%	0,09%	0,96%	0,00%
17	0,09%	0,68%	0,00%	0,09%	0,68%	0,00%	0,09%	0,68%	0,00%
18	0,07%	16,00%	-	0,07%	16,00%	-	0,07%	21,91%	-
18	0,07%	5,64%	0,05%	0,07%	5,64%	0,04%	0,07%	2,24%	0,04%
18	0,07%	1,25%	0,00%	0,07%	1,25%	0,00%	0,07%	2,20%	0,00%
18	0,07%	1,63%	0,00%	0,07%	1,63%	0,00%	0,07%	1,63%	0,00%
18	0,07%	1,78%	0,00%	0,07%	1,78%	0,00%	0,07%	1,78%	0,00%
18	0,07%	1,64%	0,00%	0,07%	1,64%	0,00%	0,07%	1,64%	0,00%
18	0,07%	1,47%	0,00%	0,07%	1,48%	0,00%	0,07%	1,48%	0,00%
18	0,07%	1,16%	0,00%	0,07%	1,16%	0,00%	0,07%	1,16%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 6 – Continuação navio APL TEMASEK

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
19	0,05%	11,64%	-	0,05%	11,64%	-	0,05%	27,88%	-
19	0,05%	4,06%	0,05%	0,05%	4,06%	0,04%	0,05%	1,34%	0,04%
19	0,05%	1,77%	0,00%	0,05%	1,77%	0,00%	0,05%	3,47%	0,00%
19	0,05%	3,23%	0,00%	0,05%	3,23%	0,00%	0,05%	3,23%	0,00%
19	0,05%	2,68%	0,00%	0,05%	2,68%	0,00%	0,05%	2,68%	0,00%
19	0,05%	2,54%	0,00%	0,05%	2,54%	0,00%	0,05%	2,54%	0,00%
19	0,05%	2,62%	0,00%	0,05%	2,62%	0,00%	0,05%	2,62%	0,00%
19	0,05%	1,78%	0,00%	0,05%	1,78%	0,00%	0,05%	1,78%	0,00%
20	0,04%	3,98%	-	0,04%	3,98%	-	0,04%	3,98%	-
20	0,04%	2,85%	0,05%	0,04%	2,85%	0,04%	0,04%	2,78%	0,04%
20	0,04%	3,05%	0,00%	0,04%	3,05%	0,00%	0,04%	4,56%	0,00%
20	0,04%	3,94%	0,00%	0,04%	3,94%	0,00%	0,04%	3,94%	0,00%
20	0,04%	3,96%	0,00%	0,04%	3,96%	0,00%	0,04%	3,96%	0,00%
20	0,04%	3,10%	0,00%	0,04%	3,10%	0,00%	0,04%	3,10%	0,00%
20	0,04%	2,98%	0,00%	0,04%	2,98%	0,00%	0,04%	2,98%	0,00%
20	0,04%	2,88%	0,00%	0,04%	2,88%	0,00%	0,04%	2,88%	0,00%
21	0,02%	0,21%	-	0,02%	0,21%	-	0,02%	0,21%	-
21	0,02%	21,74%	0,05%	0,02%	21,74%	0,04%	0,02%	9,73%	0,04%
21	0,02%	3,64%	0,00%	0,02%	3,64%	0,00%	0,02%	2,05%	0,00%
21	0,02%	4,77%	0,00%	0,02%	4,77%	0,00%	0,02%	4,77%	0,00%
21	0,02%	4,60%	0,00%	0,02%	4,60%	0,00%	0,02%	4,60%	0,00%
21	0,02%	4,61%	0,00%	0,02%	4,61%	0,00%	0,02%	4,61%	0,00%
21	0,02%	3,21%	0,00%	0,02%	3,21%	0,00%	0,02%	3,21%	0,00%
21	0,02%	3,14%	0,00%	0,02%	3,14%	0,00%	0,02%	3,14%	0,00%
22	0,01%	7,27%	-	0,01%	7,29%	-	0,01%	7,29%	-
22	0,01%	2,31%	0,05%	0,01%	2,31%	0,04%	0,01%	2,31%	0,04%
22	0,01%	5,21%	0,00%	0,01%	5,21%	0,00%	0,01%	5,21%	0,00%
22	0,01%	4,47%	0,00%	0,01%	4,47%	0,00%	0,01%	4,47%	0,00%
22	0,01%	5,35%	0,00%	0,01%	5,36%	0,00%	0,01%	5,36%	0,00%
22	0,01%	5,49%	0,00%	0,01%	5,49%	0,00%	0,01%	5,49%	0,00%
22	0,01%	3,96%	0,00%	0,01%	3,96%	0,00%	0,01%	3,96%	0,00%
22	0,01%	2,33%	0,00%	0,01%	2,33%	0,00%	0,01%	2,33%	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-
23 (FP)	0,00%	-	0,05%	0,00%	-	0,04%	0,00%	-	0,04%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	0,35%	0,00%	0,00%	0,34%	0,00%	0,00%	0,34%	0,00%
23 (FP)	0,00%	2,25%	0,00%	0,00%	2,26%	0,00%	0,00%	2,26%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 7 – Navio CAP INES

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
1 (AP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,01%	-	-	0,01%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	5,37%	0,00%	-	5,36%	0,00%	-	5,36%	0,00%
1 (AP)	-	2,15%	0,00%	-	2,15%	0,00%	-	2,15%	0,00%
1 (AP)	-	1,57%	0,00%	-	1,57%	0,00%	-	1,57%	0,00%
2	0,47%	12,33%	-	0,47%	12,29%	-	0,47%	12,29%	-
2	0,47%	8,51%	0,00%	0,47%	8,51%	0,01%	0,47%	8,51%	0,01%
2	0,47%	5,32%	0,00%	0,47%	5,32%	0,00%	0,47%	5,32%	0,00%
2	0,47%	7,12%	0,00%	0,47%	7,13%	0,00%	0,47%	7,13%	0,00%
2	0,47%	8,33%	0,00%	0,47%	8,32%	0,00%	0,47%	8,32%	0,00%
2	0,47%	0,83%	0,00%	0,47%	0,83%	0,00%	0,47%	0,83%	0,00%
2	0,47%	1,75%	0,00%	0,47%	1,75%	0,00%	0,47%	1,75%	0,00%
2	0,47%	0,71%	0,00%	0,47%	0,71%	0,00%	0,47%	0,71%	0,00%
3	0,46%	26,97%	-	0,46%	26,98%	-	0,46%	26,98%	-
3	0,46%	13,97%	0,00%	0,46%	13,97%	0,01%	0,46%	13,97%	0,01%
3	0,46%	5,32%	0,00%	0,46%	5,32%	0,00%	0,46%	5,32%	0,00%
3	0,46%	4,61%	0,00%	0,46%	4,61%	0,00%	0,46%	4,61%	0,00%
3	0,46%	5,61%	0,00%	0,46%	5,61%	0,00%	0,46%	5,61%	0,00%
3	0,46%	2,18%	0,00%	0,46%	2,18%	0,00%	0,46%	2,18%	0,00%
3	0,46%	1,55%	0,00%	0,46%	1,55%	0,00%	0,46%	1,55%	0,00%
3	0,46%	0,21%	0,00%	0,46%	0,21%	0,00%	0,46%	0,21%	0,00%
4	0,46%	30,99%	-	0,46%	30,99%	-	0,46%	30,99%	-
4	0,46%	12,33%	0,00%	0,46%	12,33%	0,01%	0,46%	12,33%	0,01%
4	0,46%	4,71%	0,00%	0,46%	4,71%	0,00%	0,46%	4,71%	0,00%
4	0,46%	4,21%	0,00%	0,46%	4,21%	0,00%	0,46%	4,21%	0,00%
4	0,46%	3,12%	0,00%	0,46%	3,12%	0,00%	0,46%	3,12%	0,00%
4	0,46%	1,06%	0,00%	0,46%	1,05%	0,00%	0,46%	1,05%	0,00%
4	0,46%	0,81%	0,00%	0,46%	0,81%	0,00%	0,46%	0,81%	0,00%
4	0,46%	0,24%	0,00%	0,46%	0,24%	0,00%	0,46%	0,24%	0,00%
5	0,46%	31,08%	-	0,46%	31,08%	-	0,46%	9,23%	-
5	0,46%	11,10%	0,00%	0,46%	11,10%	0,01%	0,46%	0,31%	0,01%
5	0,46%	4,23%	0,00%	0,46%	4,23%	0,00%	0,46%	6,39%	0,00%
5	0,46%	3,13%	0,00%	0,46%	3,13%	0,00%	0,46%	3,13%	0,00%
5	0,46%	1,55%	0,00%	0,46%	1,55%	0,00%	0,46%	1,55%	0,00%
5	0,46%	0,63%	0,00%	0,46%	0,63%	0,00%	0,46%	0,63%	0,00%
5	0,46%	0,24%	0,00%	0,46%	0,24%	0,00%	0,46%	0,24%	0,00%
5	0,46%	0,08%	0,00%	0,46%	0,08%	0,00%	0,46%	0,08%	0,00%
6	0,46%	31,18%	-	0,46%	31,18%	-	0,46%	7,97%	-
6	0,46%	10,95%	0,00%	0,46%	10,95%	0,01%	0,46%	0,92%	0,01%
6	0,46%	2,70%	0,00%	0,46%	2,70%	0,00%	0,46%	3,26%	0,00%
6	0,46%	1,97%	0,00%	0,46%	1,97%	0,00%	0,46%	1,97%	0,00%
6	0,46%	1,11%	0,00%	0,46%	1,11%	0,00%	0,46%	1,11%	0,00%
6	0,46%	0,30%	0,00%	0,46%	0,30%	0,00%	0,46%	0,30%	0,00%
6	0,46%	0,21%	0,00%	0,46%	0,21%	0,00%	0,46%	0,21%	0,00%
6	0,46%	0,04%	0,00%	0,46%	0,04%	0,00%	0,46%	0,04%	0,00%
7	0,46%	30,57%	-	0,46%	30,57%	-	0,46%	1,73%	-
7	0,46%	10,05%	0,00%	0,46%	10,05%	0,01%	0,46%	1,47%	0,01%
7	0,46%	2,00%	0,00%	0,46%	2,00%	0,00%	0,46%	2,10%	0,00%
7	0,46%	0,86%	0,00%	0,46%	0,86%	0,00%	0,46%	0,86%	0,00%
7	0,46%	0,49%	0,00%	0,46%	0,49%	0,00%	0,46%	0,49%	0,00%
7	0,46%	0,45%	0,00%	0,46%	0,45%	0,00%	0,46%	0,45%	0,00%
7	0,46%	0,03%	0,00%	0,46%	0,03%	0,00%	0,46%	0,03%	0,00%
7	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
8	0,46%	30,29%	-	0,46%	2,46%	-	0,46%	0,76%	-
8	0,46%	9,81%	0,00%	0,46%	2,73%	0,01%	0,46%	1,80%	0,01%
8	0,46%	1,18%	0,00%	0,46%	2,11%	0,00%	0,46%	1,65%	0,00%
8	0,46%	0,45%	0,00%	0,46%	0,45%	0,00%	0,46%	0,45%	0,00%
8	0,46%	0,20%	0,00%	0,46%	0,20%	0,00%	0,46%	0,20%	0,00%
8	0,46%	0,35%	0,00%	0,46%	0,35%	0,00%	0,46%	0,35%	0,00%
8	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
8	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
9	0,46%	30,29%	-	0,46%	1,40%	-	0,46%	1,41%	-
9	0,46%	9,09%	0,00%	0,46%	1,04%	0,01%	0,46%	1,04%	0,01%
9	0,46%	0,87%	0,00%	0,46%	1,02%	0,00%	0,46%	1,02%	0,00%
9	0,46%	0,20%	0,00%	0,46%	0,20%	0,00%	0,46%	0,20%	0,00%
9	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
9	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
9	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
9	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 8 – Continuação navio CAP INES

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
10	0,46%	29,51%	-	0,46%	0,79%	-	0,46%	1,61%	-
10	0,46%	8,54%	0,00%	0,46%	0,19%	0,01%	0,46%	0,62%	0,01%
10	0,46%	0,57%	0,00%	0,46%	0,18%	0,00%	0,46%	0,29%	0,00%
10	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
10	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
10	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
10	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
10	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
10	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
11	0,46%	29,32%	-	0,46%	0,22%	-	0,46%	1,12%	-
11	0,46%	8,42%	0,00%	0,46%	0,11%	0,01%	0,46%	0,58%	0,01%
11	0,46%	0,36%	0,00%	0,46%	0,03%	0,00%	0,46%	0,13%	0,00%
11	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
11	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
11	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
11	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
11	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%	0,46%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	29,32%	-	0,00%	0,22%	-	0,00%	1,12%	-
12 (SM)	0,00%	8,42%	0,00%	0,00%	0,11%	0,01%	0,00%	0,58%	0,01%
12 (SM)	0,00%	0,36%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,13%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	0,01%	29,32%	-	0,01%	0,22%	-	0,01%	1,12%	-
13	0,01%	8,42%	0,00%	0,01%	0,11%	0,01%	0,01%	0,58%	0,01%
13	0,01%	0,36%	0,00%	0,01%	0,03%	0,00%	0,01%	0,13%	0,00%
13	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
13	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
13	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
13	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
13	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
13	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%
14	0,01%	28,85%	-	0,01%	0,53%	-	0,01%	1,48%	-
14	0,01%	8,19%	0,00%	0,01%	0,41%	0,01%	0,01%	0,65%	0,01%
14	0,01%	0,16%	0,00%	0,01%	0,05%	0,00%	0,01%	0,36%	0,00%
14	0,01%	0,18%	0,00%	0,01%	0,18%	0,00%	0,01%	0,18%	0,00%
14	0,01%	0,07%	0,00%	0,01%	0,07%	0,00%	0,01%	0,07%	0,00%
14	0,01%	0,02%	0,00%	0,01%	0,02%	0,00%	0,01%	0,02%	0,00%
14	0,01%	0,03%	0,00%	0,01%	0,03%	0,00%	0,01%	0,03%	0,00%
14	0,01%	0,02%	0,00%	0,01%	0,02%	0,00%	0,01%	0,02%	0,00%
15	0,01%	27,83%	-	0,01%	0,96%	-	0,01%	0,39%	-
15	0,01%	7,60%	0,00%	0,01%	1,10%	0,01%	0,01%	0,79%	0,01%
15	0,01%	0,28%	0,00%	0,01%	0,30%	0,00%	0,01%	0,16%	0,00%
15	0,01%	0,24%	0,00%	0,01%	0,24%	0,00%	0,01%	0,24%	0,00%
15	0,01%	0,35%	0,00%	0,01%	0,35%	0,00%	0,01%	0,35%	0,00%
15	0,01%	0,43%	0,00%	0,01%	0,43%	0,00%	0,01%	0,43%	0,00%
15	0,01%	0,28%	0,00%	0,01%	0,28%	0,00%	0,01%	0,28%	0,00%
15	0,01%	0,08%	0,00%	0,01%	0,08%	0,00%	0,01%	0,08%	0,00%
16	0,01%	26,12%	-	0,01%	2,27%	-	0,01%	4,05%	-
16	0,01%	6,86%	0,00%	0,01%	0,48%	0,01%	0,01%	0,45%	0,01%
16	0,01%	0,46%	0,00%	0,01%	0,51%	0,00%	0,01%	0,07%	0,00%
16	0,01%	0,54%	0,00%	0,01%	0,54%	0,00%	0,01%	0,54%	0,00%
16	0,01%	0,59%	0,00%	0,01%	0,59%	0,00%	0,01%	0,59%	0,00%
16	0,01%	0,36%	0,00%	0,01%	0,36%	0,00%	0,01%	0,36%	0,00%
16	0,01%	0,39%	0,00%	0,01%	0,39%	0,00%	0,01%	0,39%	0,00%
16	0,01%	0,35%	0,00%	0,01%	0,35%	0,00%	0,01%	0,35%	0,00%
17	0,01%	24,60%	-	0,01%	12,86%	-	0,01%	5,53%	-
17	0,01%	6,80%	0,00%	0,01%	3,24%	0,01%	0,01%	0,30%	0,01%
17	0,01%	0,79%	0,00%	0,01%	0,55%	0,00%	0,01%	1,18%	0,00%
17	0,01%	0,89%	0,00%	0,01%	0,89%	0,00%	0,01%	0,89%	0,00%
17	0,01%	1,02%	0,00%	0,01%	1,02%	0,00%	0,01%	1,02%	0,00%
17	0,01%	1,12%	0,00%	0,01%	1,12%	0,00%	0,01%	1,12%	0,00%
17	0,01%	0,83%	0,00%	0,01%	0,83%	0,00%	0,01%	0,83%	0,00%
17	0,01%	0,62%	0,00%	0,01%	0,62%	0,00%	0,01%	0,62%	0,00%
18	0,00%	21,76%	-	0,00%	21,76%	-	0,00%	14,89%	-
18	0,00%	6,46%	0,00%	0,00%	6,46%	0,01%	0,00%	2,09%	0,01%
18	0,00%	1,25%	0,00%	0,00%	1,25%	0,00%	0,00%	0,56%	0,00%
18	0,00%	1,29%	0,00%	0,00%	1,29%	0,00%	0,00%	1,29%	0,00%
18	0,00%	1,44%	0,00%	0,00%	1,44%	0,00%	0,00%	1,44%	0,00%
18	0,00%	1,38%	0,00%	0,00%	1,38%	0,00%	0,00%	1,38%	0,00%
18	0,00%	1,27%	0,00%	0,00%	1,27%	0,00%	0,00%	1,27%	0,00%
18	0,00%	1,13%	0,00%	0,00%	1,13%	0,00%	0,00%	1,13%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 9 – Continuação navio CAP INES

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
19	0,00%	18,21%	-	0,00%	18,21%	-	0,00%	15,07%	-
19	0,00%	5,35%	0,00%	0,00%	5,35%	0,01%	0,00%	1,09%	0,01%
19	0,00%	1,49%	0,00%	0,00%	1,50%	0,00%	0,00%	1,26%	0,00%
19	0,00%	2,59%	0,00%	0,00%	2,59%	0,00%	0,00%	2,59%	0,00%
19	0,00%	2,17%	0,00%	0,00%	2,17%	0,00%	0,00%	2,17%	0,00%
19	0,00%	2,02%	0,00%	0,00%	2,02%	0,00%	0,00%	2,02%	0,00%
19	0,00%	2,19%	0,00%	0,00%	2,19%	0,00%	0,00%	2,19%	0,00%
19	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%	0,00%	1,68%	0,00%
20	0,00%	11,49%	-	0,00%	11,49%	-	0,00%	11,49%	-
20	0,00%	4,34%	0,00%	0,00%	4,34%	0,01%	0,00%	3,01%	0,01%
20	0,00%	2,55%	0,00%	0,00%	2,55%	0,00%	0,00%	1,67%	0,00%
20	0,00%	3,14%	0,00%	0,00%	3,14%	0,00%	0,00%	3,14%	0,00%
20	0,00%	3,19%	0,00%	0,00%	3,20%	0,00%	0,00%	3,20%	0,00%
20	0,00%	2,41%	0,00%	0,00%	2,41%	0,00%	0,00%	2,41%	0,00%
20	0,00%	2,39%	0,00%	0,00%	2,39%	0,00%	0,00%	2,39%	0,00%
20	0,00%	2,61%	0,00%	0,00%	2,61%	0,00%	0,00%	2,61%	0,00%
21	0,00%	7,55%	-	0,00%	7,55%	-	0,00%	7,55%	-
21	0,00%	22,26%	0,00%	0,00%	22,26%	0,01%	0,00%	8,58%	0,01%
21	0,00%	3,33%	0,00%	0,00%	3,34%	0,00%	0,00%	1,19%	0,00%
21	0,00%	3,81%	0,00%	0,00%	3,80%	0,00%	0,00%	3,80%	0,00%
21	0,00%	3,74%	0,00%	0,00%	3,74%	0,00%	0,00%	3,74%	0,00%
21	0,00%	3,81%	0,00%	0,00%	3,80%	0,00%	0,00%	3,80%	0,00%
21	0,00%	2,41%	0,00%	0,00%	2,41%	0,00%	0,00%	2,41%	0,00%
21	0,00%	2,61%	0,00%	0,00%	2,61%	0,00%	0,00%	2,61%	0,00%
22	0,00%	11,24%	-	0,00%	11,29%	-	0,00%	11,29%	-
22	0,00%	2,26%	0,00%	0,00%	2,27%	0,01%	0,00%	2,27%	0,01%
22	0,00%	4,99%	0,00%	0,00%	4,98%	0,00%	0,00%	4,98%	0,00%
22	0,00%	3,48%	0,00%	0,00%	3,49%	0,00%	0,00%	3,49%	0,00%
22	0,00%	4,57%	0,00%	0,00%	4,57%	0,00%	0,00%	4,57%	0,00%
22	0,00%	4,59%	0,00%	0,00%	4,59%	0,00%	0,00%	4,59%	0,00%
22	0,00%	3,20%	0,00%	0,00%	3,20%	0,00%	0,00%	3,20%	0,00%
22	0,00%	1,78%	0,00%	0,00%	1,79%	0,00%	0,00%	1,79%	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,01%	0,00%	-	0,01%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	0,55%	0,00%	0,00%	0,58%	0,00%	0,00%	0,58%	0,00%
23 (FP)	0,00%	1,02%	0,00%	0,00%	1,04%	0,00%	0,00%	1,04%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 10 – Navio SEASMILE

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
1 (AP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,01%	-	-	0,01%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%
1 (AP)	-	2,55%	0,00%	-	2,56%	0,00%	-	2,56%	0,00%
1 (AP)	-	0,70%	0,00%	-	0,70%	0,00%	-	0,70%	0,00%
1 (AP)	-	1,28%	0,00%	-	1,28%	0,00%	-	1,28%	0,00%
2	0,08%	5,27%	-	0,08%	5,27%	-	0,08%	5,27%	-
2	0,08%	9,61%	0,00%	0,08%	9,62%	0,01%	0,08%	9,62%	0,01%
2	0,08%	6,70%	0,00%	0,08%	6,70%	0,00%	0,08%	6,70%	0,00%
2	0,08%	7,23%	0,00%	0,08%	7,23%	0,00%	0,08%	7,23%	0,00%
2	0,08%	9,33%	0,00%	0,08%	9,33%	0,00%	0,08%	9,33%	0,00%
2	0,08%	0,13%	0,00%	0,08%	0,13%	0,00%	0,08%	0,13%	0,00%
2	0,08%	1,55%	0,00%	0,08%	1,55%	0,00%	0,08%	1,55%	0,00%
2	0,08%	0,59%	0,00%	0,08%	0,59%	0,00%	0,08%	0,59%	0,00%
3	0,08%	25,97%	-	0,08%	25,96%	-	0,08%	25,96%	-
3	0,08%	16,18%	0,00%	0,08%	16,18%	0,01%	0,08%	16,18%	0,01%
3	0,08%	6,81%	0,00%	0,08%	6,81%	0,00%	0,08%	6,81%	0,00%
3	0,08%	5,73%	0,00%	0,08%	5,72%	0,00%	0,08%	5,72%	0,00%
3	0,08%	6,68%	0,00%	0,08%	6,68%	0,00%	0,08%	6,68%	0,00%
3	0,08%	2,63%	0,00%	0,08%	2,63%	0,00%	0,08%	2,63%	0,00%
3	0,08%	1,79%	0,00%	0,08%	1,78%	0,00%	0,08%	1,78%	0,00%
3	0,08%	0,21%	0,00%	0,08%	0,21%	0,00%	0,08%	0,21%	0,00%
4	0,08%	31,22%	-	0,08%	31,22%	-	0,08%	31,22%	-
4	0,08%	15,10%	0,00%	0,08%	15,10%	0,01%	0,08%	15,10%	0,01%
4	0,08%	6,59%	0,00%	0,08%	6,59%	0,00%	0,08%	6,59%	0,00%
4	0,08%	5,53%	0,00%	0,08%	5,53%	0,00%	0,08%	5,53%	0,00%
4	0,08%	4,24%	0,00%	0,08%	4,24%	0,00%	0,08%	4,24%	0,00%
4	0,08%	1,47%	0,00%	0,08%	1,47%	0,00%	0,08%	1,47%	0,00%
4	0,08%	1,07%	0,00%	0,08%	1,07%	0,00%	0,08%	1,07%	0,00%
4	0,08%	0,37%	0,00%	0,08%	0,37%	0,00%	0,08%	0,37%	0,00%
5	0,08%	32,06%	-	0,08%	32,06%	-	0,08%	13,50%	-
5	0,08%	14,15%	0,00%	0,08%	14,15%	0,01%	0,08%	1,56%	0,01%
5	0,08%	6,40%	0,00%	0,08%	6,40%	0,00%	0,08%	6,73%	0,00%
5	0,08%	4,13%	0,00%	0,08%	4,13%	0,00%	0,08%	4,13%	0,00%
5	0,08%	2,21%	0,00%	0,08%	2,21%	0,00%	0,08%	2,21%	0,00%
5	0,08%	0,87%	0,00%	0,08%	0,87%	0,00%	0,08%	0,87%	0,00%
5	0,08%	0,35%	0,00%	0,08%	0,35%	0,00%	0,08%	0,35%	0,00%
5	0,08%	0,04%	0,00%	0,08%	0,04%	0,00%	0,08%	0,04%	0,00%
6	0,08%	32,86%	-	0,08%	32,85%	-	0,08%	5,74%	-
6	0,08%	13,80%	0,00%	0,08%	13,80%	0,01%	0,08%	1,92%	0,01%
6	0,08%	4,66%	0,00%	0,08%	4,66%	0,00%	0,08%	3,28%	0,00%
6	0,08%	2,81%	0,00%	0,08%	2,81%	0,00%	0,08%	2,81%	0,00%
6	0,08%	1,59%	0,00%	0,08%	1,59%	0,00%	0,08%	1,59%	0,00%
6	0,08%	0,51%	0,00%	0,08%	0,51%	0,00%	0,08%	0,51%	0,00%
6	0,08%	0,32%	0,00%	0,08%	0,32%	0,00%	0,08%	0,32%	0,00%
6	0,08%	0,07%	0,00%	0,08%	0,07%	0,00%	0,08%	0,07%	0,00%
7	0,08%	32,07%	-	0,08%	32,07%	-	0,08%	0,34%	-
7	0,08%	12,76%	0,00%	0,08%	12,76%	0,01%	0,08%	2,72%	0,01%
7	0,08%	3,64%	0,00%	0,08%	3,64%	0,00%	0,08%	2,33%	0,00%
7	0,08%	1,39%	0,00%	0,08%	1,39%	0,00%	0,08%	1,39%	0,00%
7	0,08%	0,77%	0,00%	0,08%	0,77%	0,00%	0,08%	0,77%	0,00%
7	0,08%	0,47%	0,00%	0,08%	0,47%	0,00%	0,08%	0,47%	0,00%
7	0,08%	0,04%	0,00%	0,08%	0,04%	0,00%	0,08%	0,04%	0,00%
7	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
8	0,08%	32,00%	-	0,08%	7,48%	-	0,08%	2,16%	-
8	0,08%	12,06%	0,00%	0,08%	5,75%	0,01%	0,08%	2,74%	0,01%
8	0,08%	2,39%	0,00%	0,08%	3,22%	0,00%	0,08%	1,63%	0,00%
8	0,08%	0,68%	0,00%	0,08%	0,68%	0,00%	0,08%	0,68%	0,00%
8	0,08%	0,24%	0,00%	0,08%	0,24%	0,00%	0,08%	0,24%	0,00%
8	0,08%	0,33%	0,00%	0,08%	0,33%	0,00%	0,08%	0,33%	0,00%
8	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
8	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
9	0,08%	31,78%	-	0,08%	2,98%	-	0,08%	2,18%	-
9	0,08%	11,12%	0,00%	0,08%	1,97%	0,01%	0,08%	1,52%	0,01%
9	0,08%	1,88%	0,00%	0,08%	1,17%	0,00%	0,08%	0,95%	0,00%
9	0,08%	0,28%	0,00%	0,08%	0,28%	0,00%	0,08%	0,28%	0,00%
9	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
9	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
9	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
9	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 11 – Continuação navio SEASMILE

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
10	0,08%	30,63%	-	0,08%	0,91%	-	0,08%	1,41%	-
10	0,08%	10,24%	0,00%	0,08%	0,29%	0,01%	0,08%	0,57%	0,01%
10	0,08%	1,49%	0,00%	0,08%	0,24%	0,00%	0,08%	0,35%	0,00%
10	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
10	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
10	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
10	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
10	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
10	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
11	0,08%	30,20%	-	0,08%	0,03%	-	0,08%	0,68%	-
11	0,08%	9,95%	0,00%	0,08%	0,01%	0,01%	0,08%	0,38%	0,01%
11	0,08%	1,15%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,14%	0,00%
11	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
11	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
11	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
11	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
11	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	30,20%	-	0,00%	0,03%	-	0,00%	0,68%	-
12 (SM)	0,00%	9,95%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,38%	0,01%
12 (SM)	0,00%	1,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
12 (SM)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
13	0,07%	30,20%	-	0,07%	0,03%	-	0,07%	0,68%	-
13	0,07%	9,95%	0,00%	0,07%	0,01%	0,01%	0,07%	0,38%	0,01%
13	0,07%	1,15%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,14%	0,00%
13	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
13	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
13	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
13	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
13	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%
14	0,06%	29,45%	-	0,06%	0,68%	-	0,06%	1,06%	-
14	0,06%	9,42%	0,00%	0,06%	0,56%	0,01%	0,06%	0,42%	0,01%
14	0,06%	1,00%	0,00%	0,06%	0,20%	0,00%	0,06%	0,21%	0,00%
14	0,06%	0,24%	0,00%	0,06%	0,25%	0,00%	0,06%	0,25%	0,00%
14	0,06%	0,23%	0,00%	0,06%	0,23%	0,00%	0,06%	0,23%	0,00%
14	0,06%	0,02%	0,00%	0,06%	0,02%	0,00%	0,06%	0,02%	0,00%
14	0,06%	0,04%	0,00%	0,06%	0,04%	0,00%	0,06%	0,04%	0,00%
14	0,06%	0,03%	0,00%	0,06%	0,03%	0,00%	0,06%	0,03%	0,00%
15	0,05%	28,12%	-	0,05%	2,15%	-	0,05%	0,26%	-
15	0,05%	8,86%	0,00%	0,05%	0,02%	0,01%	0,05%	1,34%	0,01%
15	0,05%	0,42%	0,00%	0,05%	0,21%	0,00%	0,05%	0,90%	0,00%
15	0,05%	0,07%	0,00%	0,05%	0,07%	0,00%	0,05%	0,07%	0,00%
15	0,05%	0,19%	0,00%	0,05%	0,19%	0,00%	0,05%	0,19%	0,00%
15	0,05%	0,30%	0,00%	0,05%	0,30%	0,00%	0,05%	0,30%	0,00%
15	0,05%	0,23%	0,00%	0,05%	0,23%	0,00%	0,05%	0,23%	0,00%
15	0,05%	0,18%	0,00%	0,05%	0,18%	0,00%	0,05%	0,18%	0,00%
16	0,04%	25,82%	-	0,04%	9,94%	-	0,04%	6,92%	-
16	0,04%	7,62%	0,00%	0,04%	1,94%	0,01%	0,04%	0,36%	0,01%
16	0,04%	0,02%	0,00%	0,04%	0,14%	0,00%	0,04%	0,96%	0,00%
16	0,04%	0,79%	0,00%	0,04%	0,79%	0,00%	0,04%	0,79%	0,00%
16	0,04%	0,62%	0,00%	0,04%	0,62%	0,00%	0,04%	0,62%	0,00%
16	0,04%	0,63%	0,00%	0,04%	0,63%	0,00%	0,04%	0,63%	0,00%
16	0,04%	0,52%	0,00%	0,04%	0,52%	0,00%	0,04%	0,52%	0,00%
16	0,04%	0,38%	0,00%	0,04%	0,38%	0,00%	0,04%	0,38%	0,00%
17	0,03%	22,79%	-	0,03%	22,79%	-	0,03%	7,69%	-
17	0,03%	6,80%	0,00%	0,03%	6,80%	0,01%	0,03%	1,44%	0,01%
17	0,03%	0,85%	0,00%	0,03%	0,85%	0,00%	0,03%	3,16%	0,00%
17	0,03%	1,43%	0,00%	0,03%	1,43%	0,00%	0,03%	1,43%	0,00%
17	0,03%	1,23%	0,00%	0,03%	1,23%	0,00%	0,03%	1,23%	0,00%
17	0,03%	1,36%	0,00%	0,03%	1,36%	0,00%	0,03%	1,36%	0,00%
17	0,03%	1,08%	0,00%	0,03%	1,08%	0,00%	0,03%	1,08%	0,00%
17	0,03%	0,71%	0,00%	0,03%	0,71%	0,00%	0,03%	0,71%	0,00%
18	0,03%	17,23%	-	0,03%	17,23%	-	0,03%	15,80%	-
18	0,03%	4,86%	0,00%	0,03%	4,86%	0,01%	0,03%	0,91%	0,01%
18	0,03%	2,11%	0,00%	0,03%	2,11%	0,00%	0,03%	3,78%	0,00%
18	0,03%	2,10%	0,00%	0,03%	2,10%	0,00%	0,03%	2,10%	0,00%
18	0,03%	2,20%	0,00%	0,03%	2,20%	0,00%	0,03%	2,20%	0,00%
18	0,03%	1,91%	0,00%	0,03%	1,91%	0,00%	0,03%	1,91%	0,00%
18	0,03%	1,57%	0,00%	0,03%	1,57%	0,00%	0,03%	1,57%	0,00%
18	0,03%	0,90%	0,00%	0,03%	0,90%	0,00%	0,03%	0,90%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

Figura G 12 – Continuação navio SEASMILE

Balizas	Programa Séries x Método sem implantação das técnicas para Raio de Bojo			Programa Séries x Método Kr			Programa Séries x Método Áreas Seccionais		
	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado	Pontos LWL	Pontos HB	Pontos Calado
19	0,02%	11,12%	-	0,02%	11,12%	-	0,02%	14,21%	-
19	0,02%	2,27%	0,00%	0,02%	2,26%	0,01%	0,02%	2,77%	0,01%
19	0,02%	3,27%	0,00%	0,02%	3,27%	0,00%	0,02%	5,30%	0,00%
19	0,02%	4,07%	0,00%	0,02%	4,07%	0,00%	0,02%	4,07%	0,00%
19	0,02%	3,24%	0,00%	0,02%	3,24%	0,00%	0,02%	3,24%	0,00%
19	0,02%	3,11%	0,00%	0,02%	3,11%	0,00%	0,02%	3,11%	0,00%
19	0,02%	3,14%	0,00%	0,02%	3,14%	0,00%	0,02%	3,14%	0,00%
19	0,02%	1,40%	0,00%	0,02%	1,40%	0,00%	0,02%	1,40%	0,00%
20	0,01%	2,30%	-	0,01%	2,31%	-	0,01%	2,31%	-
20	0,01%	0,85%	0,00%	0,01%	0,85%	0,01%	0,01%	9,00%	0,01%
20	0,01%	4,74%	0,00%	0,01%	4,75%	0,00%	0,01%	6,18%	0,00%
20	0,01%	4,80%	0,00%	0,01%	4,80%	0,00%	0,01%	4,80%	0,00%
20	0,01%	4,61%	0,00%	0,01%	4,61%	0,00%	0,01%	4,61%	0,00%
20	0,01%	3,84%	0,00%	0,01%	3,84%	0,00%	0,01%	3,84%	0,00%
20	0,01%	3,48%	0,00%	0,01%	3,48%	0,00%	0,01%	3,48%	0,00%
20	0,01%	2,37%	0,00%	0,01%	2,37%	0,00%	0,01%	2,37%	0,00%
21	0,01%	2,13%	-	0,01%	2,12%	-	0,01%	2,12%	-
21	0,01%	24,96%	0,00%	0,01%	24,96%	0,01%	0,01%	2,89%	0,01%
21	0,01%	4,20%	0,00%	0,01%	4,21%	0,00%	0,01%	2,20%	0,00%
21	0,01%	5,64%	0,00%	0,01%	5,65%	0,00%	0,01%	5,65%	0,00%
21	0,01%	5,42%	0,00%	0,01%	5,42%	0,00%	0,01%	5,42%	0,00%
21	0,01%	5,14%	0,00%	0,01%	5,14%	0,00%	0,01%	5,14%	0,00%
21	0,01%	4,39%	0,00%	0,01%	4,38%	0,00%	0,01%	4,38%	0,00%
21	0,01%	3,36%	0,00%	0,01%	3,36%	0,00%	0,01%	3,36%	0,00%
22	0,00%	19,08%	-	0,00%	19,07%	-	0,00%	19,07%	-
22	0,00%	6,11%	0,00%	0,00%	6,11%	0,01%	0,00%	6,11%	0,01%
22	0,00%	5,10%	0,00%	0,00%	5,10%	0,00%	0,00%	5,10%	0,00%
22	0,00%	5,28%	0,00%	0,00%	5,28%	0,00%	0,00%	5,28%	0,00%
22	0,00%	5,23%	0,00%	0,00%	5,23%	0,00%	0,00%	5,23%	0,00%
22	0,00%	5,92%	0,00%	0,00%	5,92%	0,00%	0,00%	5,92%	0,00%
22	0,00%	4,63%	0,00%	0,00%	4,63%	0,00%	0,00%	4,63%	0,00%
22	0,00%	2,90%	0,00%	0,00%	2,90%	0,00%	0,00%	2,90%	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	-	0,00%	-	-	0,00%	-	-
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,01%	0,00%	-	0,01%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%	0,00%	-	0,00%
23 (FP)	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,18%	0,00%	0,00%	0,18%	0,00%
23 (FP)	0,00%	5,18%	0,00%	0,00%	5,19%	0,00%	0,00%	5,19%	0,00%

Fonte: Autora (2019)

ANEXO A – DADOS PRINCIPAIS DO NAVIO DE EXEMPLO DA SÉRIE 60

Figura A 1 – Dados de projeto do navio *SCHULER OTIS BLAND* e seus valores equivalentes gerados pelo exemplo da Série 60

Table D1 – Principal Design Data of SCHUYLER OTIS BLAND

	SCHUYLER OTIS BLAND	SERIES 60 EQUIVALENT
L_{WL} , ft	453.0	457.6
L_{BP} , ft	450.0	450.0
Beam, ft	66.0	66.0
Draft, ft	27.0	27.0
Displacement, tons	14,920	14,920
C_B	0.651	0.651
C_X	0.980	0.982
C_P	0.664	0.663
$\frac{1}{2} \alpha_E$, deg	9.5	9.3
x/L	0.510	0.510
L_E/L	0.503	0.472
L_X/L	0	0.036
L_R/L	0.497	0.492
K_R		0.204
LCB	4.5 ft aft \odot = 1 percent L_{BP} aft	4.5 ft aft \odot = 1 percent L_{BP} aft

Fonte: Todd (1963)

ANEXO B – GRÁFICOS DE FORMA DA SÉRIE 60

Figura B 1 – Variação de C_X , C_P e Raio de Bojo com C_B

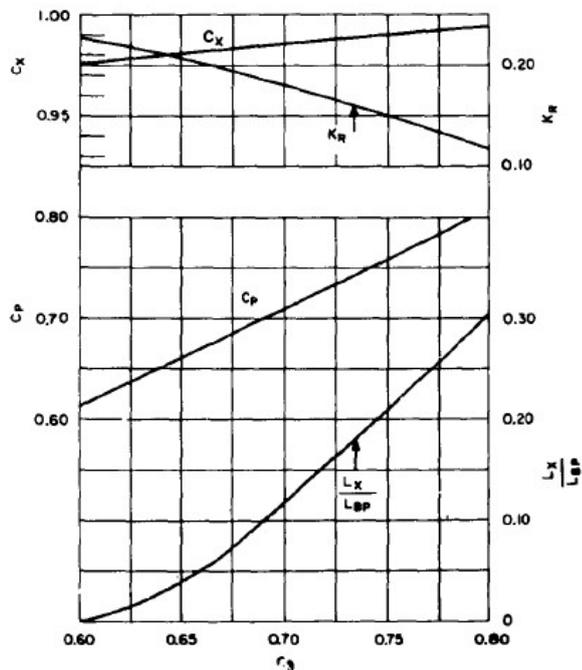


Figure 3 – Variation of C_X , C_P and Bilge Radius with C_B

Fonte: Todd (1963)

Figura B 2 – Variação do Ângulo de Entrada, L_E/L_{BP} e L_X/L_{BP}

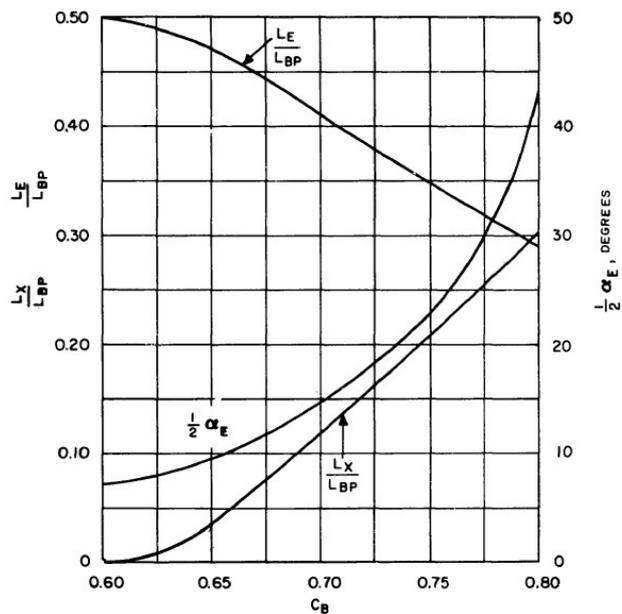


Figure 4 – Variation of Angle of Entrance, Position, and Amount of Parallel Body for Series 60 Parents

Fonte: Todd (1963)

Figura B 3 – Curvas para a SAC do corpo de vante

Figure 5 – Contours of Cross-Sectional Area Coefficients, Series 60

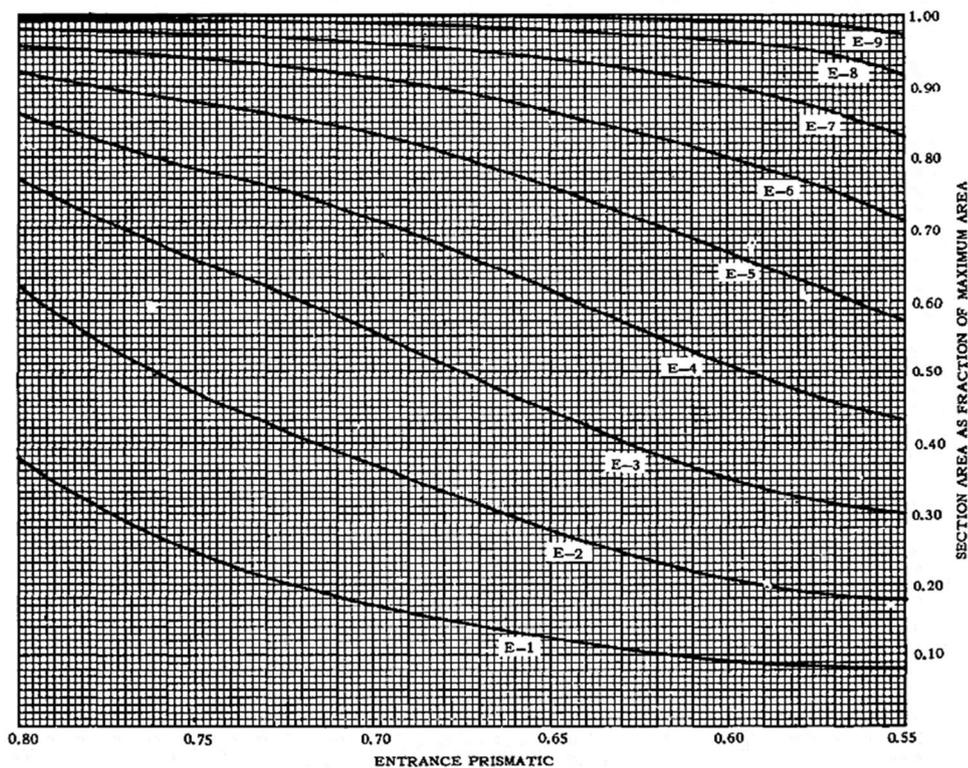


Figure 5a – Sectional Area Contours, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 4 – Curvas para a SAC do corpo de ré

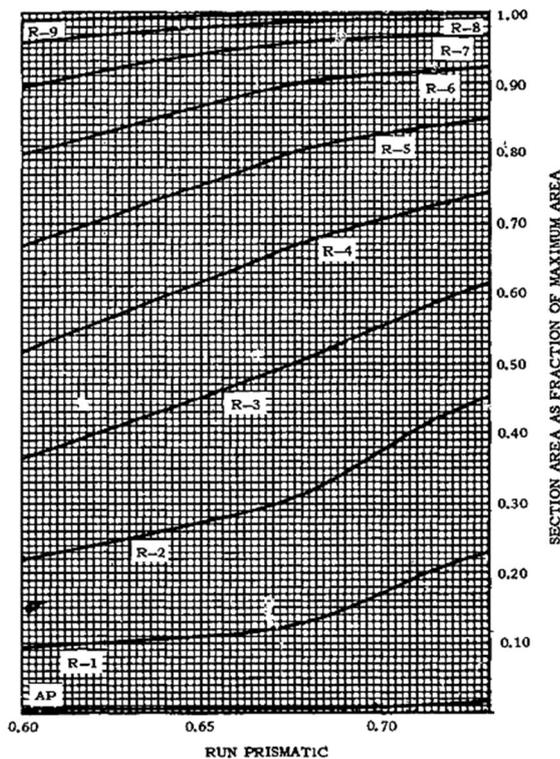
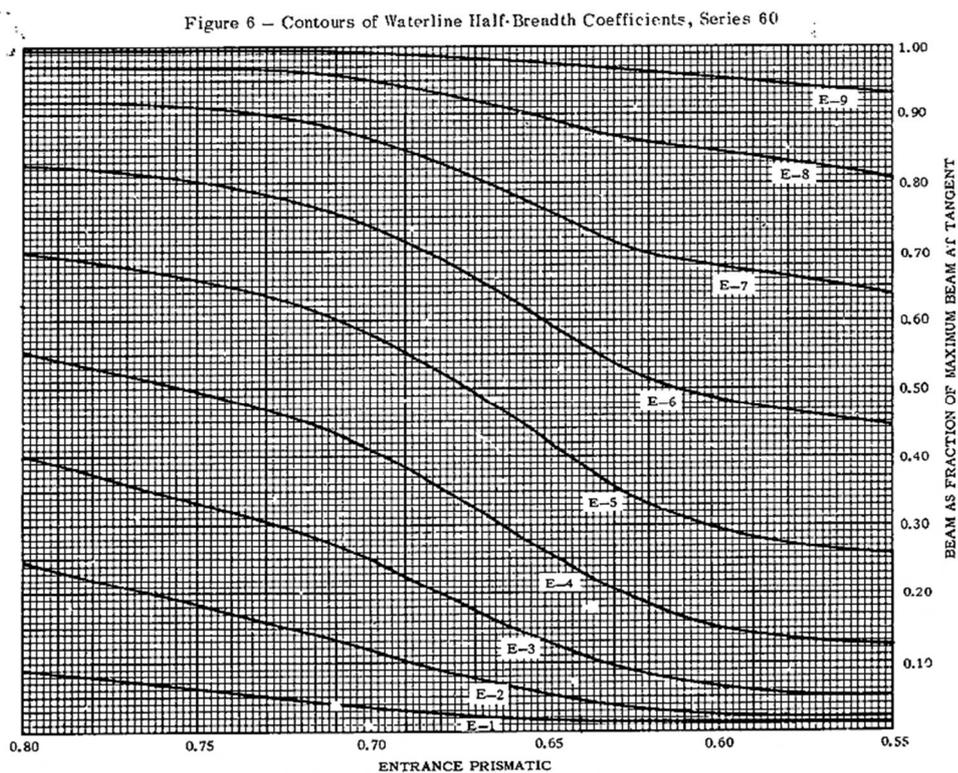


Figure 5b – Sectional Area Contours, Run

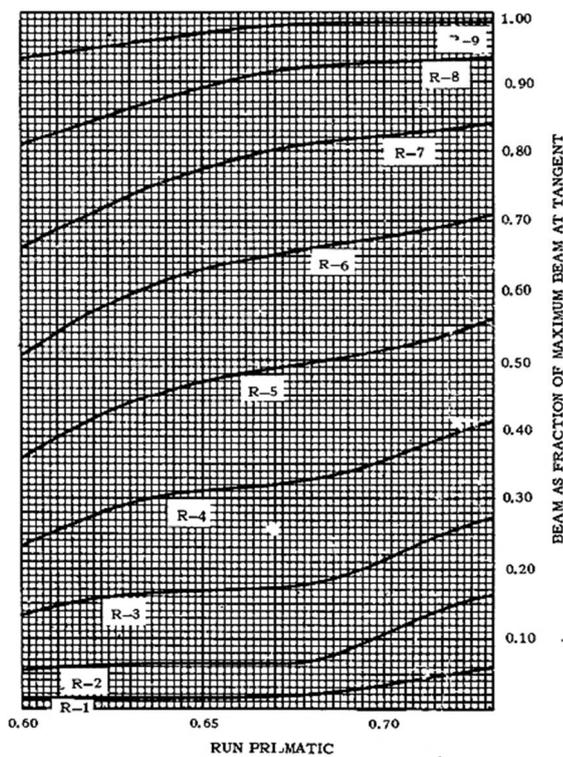
Fonte: Todd (1963)

Figura B 5 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0 (corpo de vante)



Fonte: Todd (1963)

Figura B 6 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0 DWL (corpo de ré)



Fonte: Todd (1963)

Figura B 7 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,075 DWL (corpo de vante)

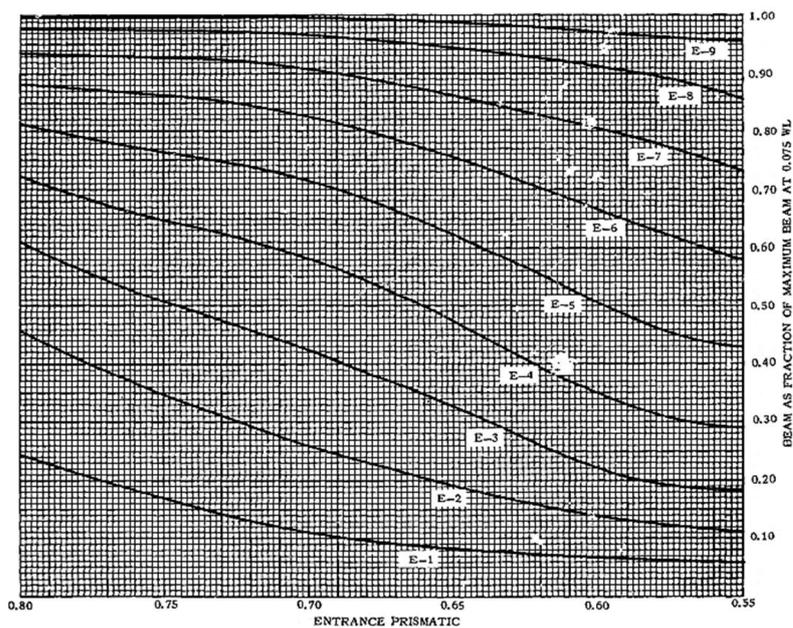


Figure 6c - 0.075 W.L. Cross Curves, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 8 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,075 DWL (corpo de ré)

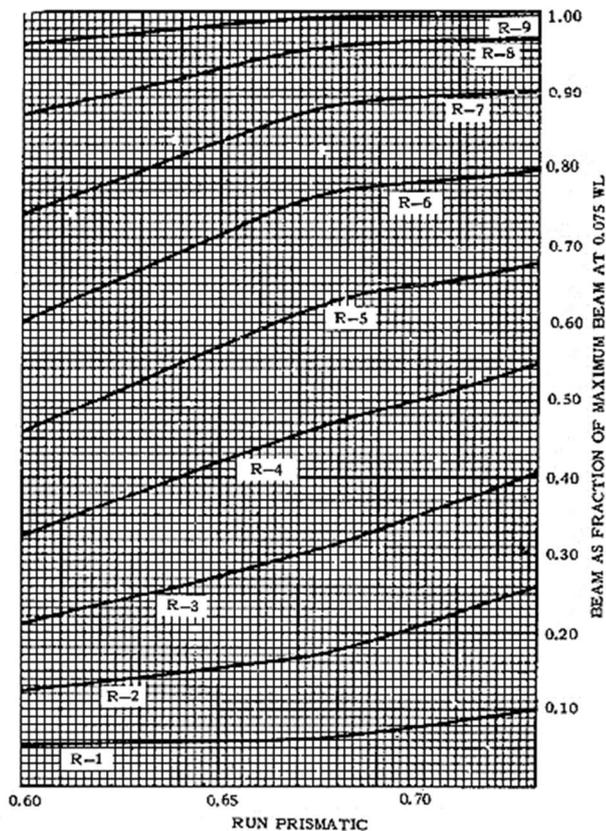


Figure 6d - 0.075 W.L. Cross Curves Run

Fonte: Todd (1963)

Figura B 9 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,25 *DWL* (corpo de vante)

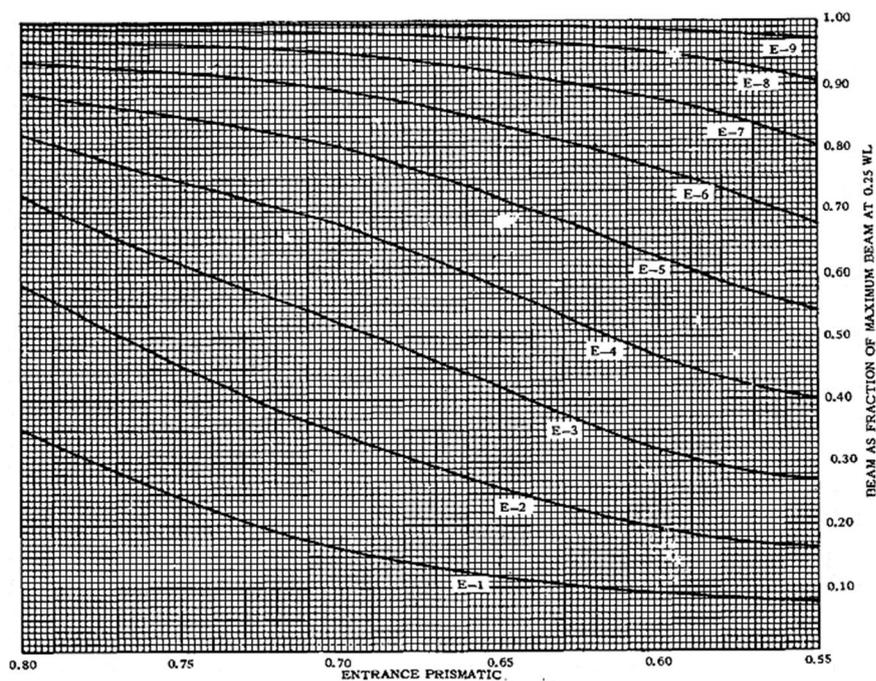


Figure 6e - 0.25 W.L. Cross Curves, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 10 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,25 *DWL* (corpo de ré)

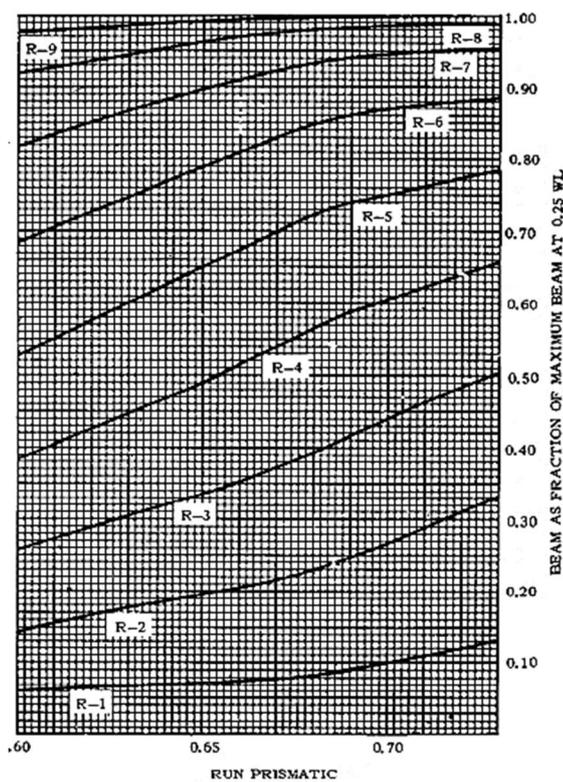


Figure 6f - 0.25 W.L. Cross Curves, Run

Fonte: Todd (1963)

Figura B 11 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,50 *DWL* (corpo de vante)

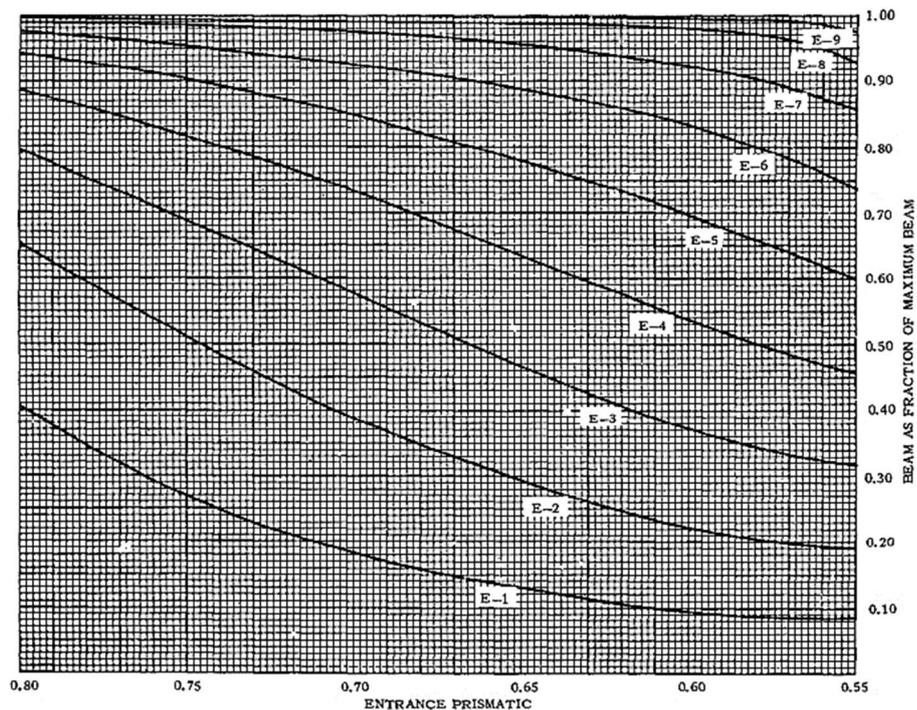


Figure 6g – 0.50 W.L. Cross Curves, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 12 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,50 *DWL* (corpo de ré)

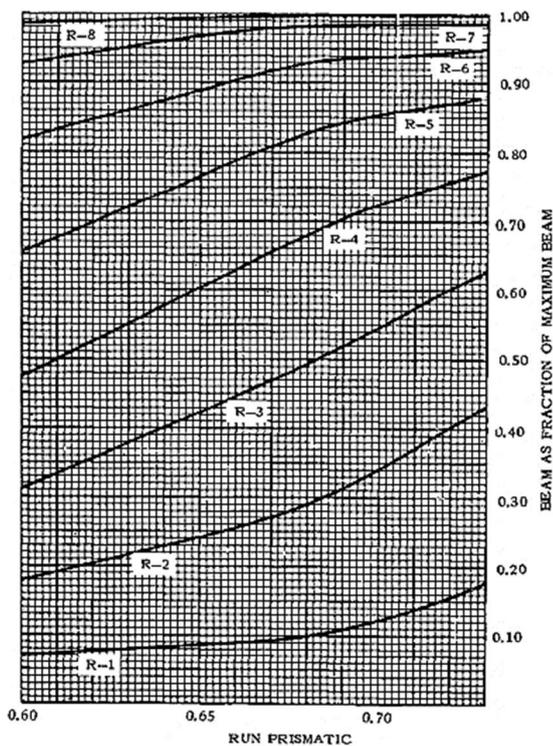


Figure 6h – 0.50 W.L. Cross Curves, Run

Fonte: Todd (1963)

Figura B 13 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,75 *DWL* (corpo de vante)

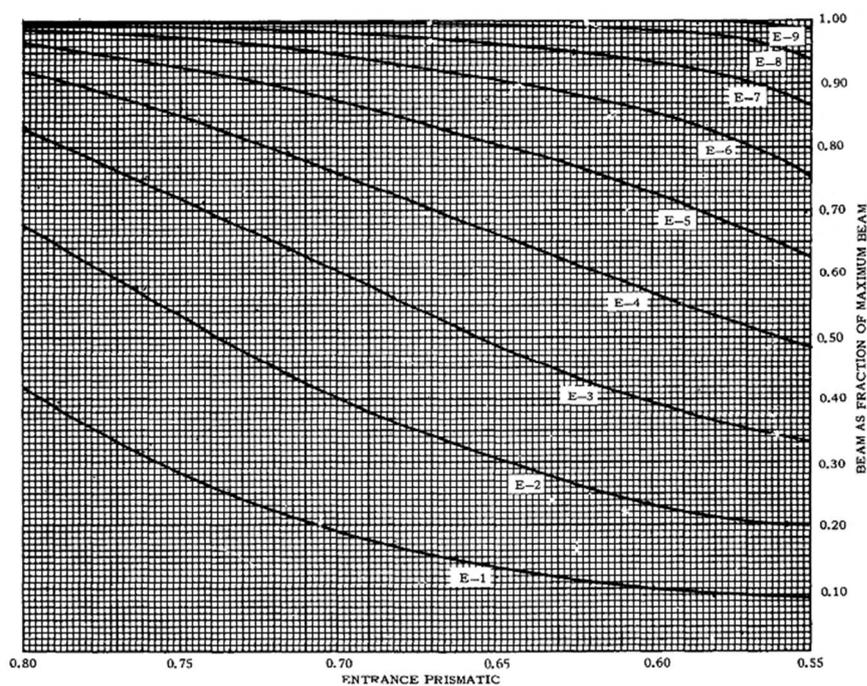


Figure 6i – 0.75 W.L. Cross Curves, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 14 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 0,75 *DWL* (corpo de ré)

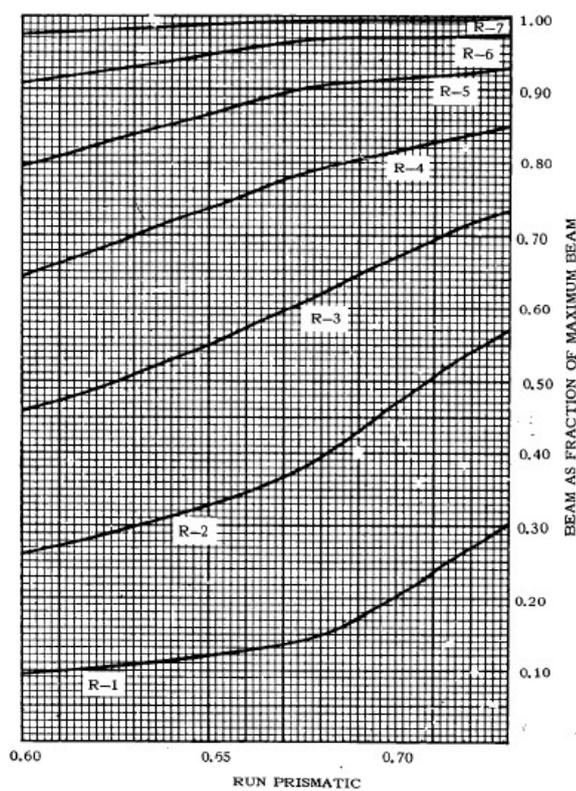


Figure 6j – 0.75 W.L. Cross Curves, Run

Fonte: Todd (1963)

Figura B 15 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 1,00 *DWL* (corpo de vante)

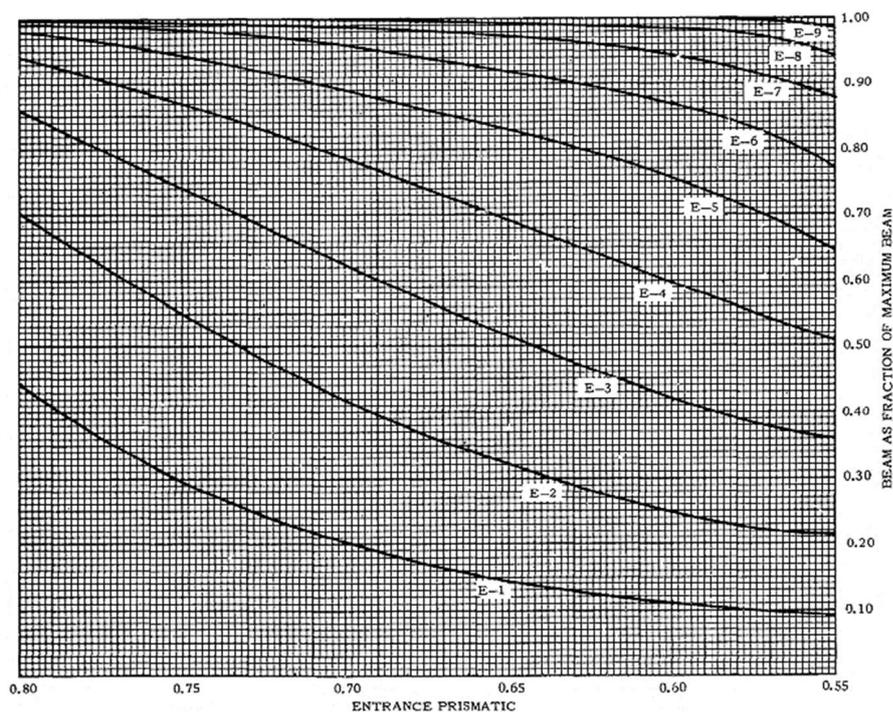


Figure 6k - 1.00 W.L. Cross Curves, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 16 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 1,00 *DWL* (corpo de ré)

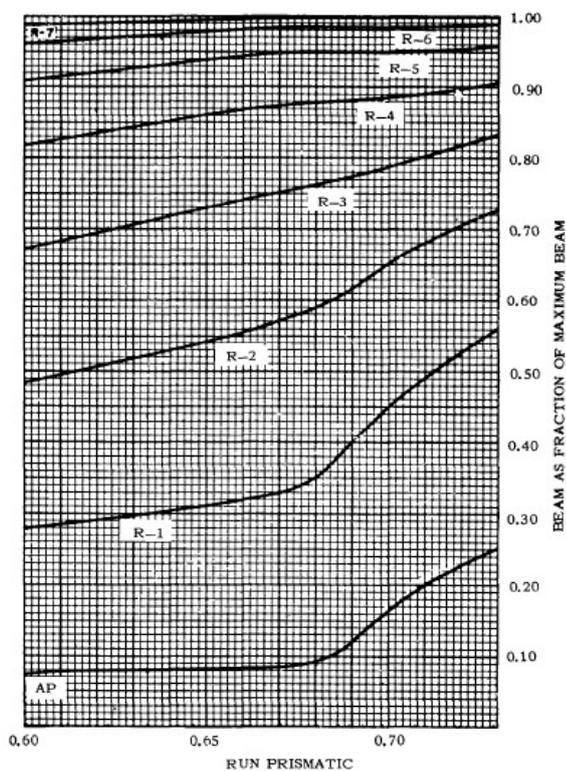


Figure 6l - 1.00 W.L. Cross Curves, Run

Fonte: Todd (1963)

Figura B 17 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 1,25 *DWL* (corpo de vante)

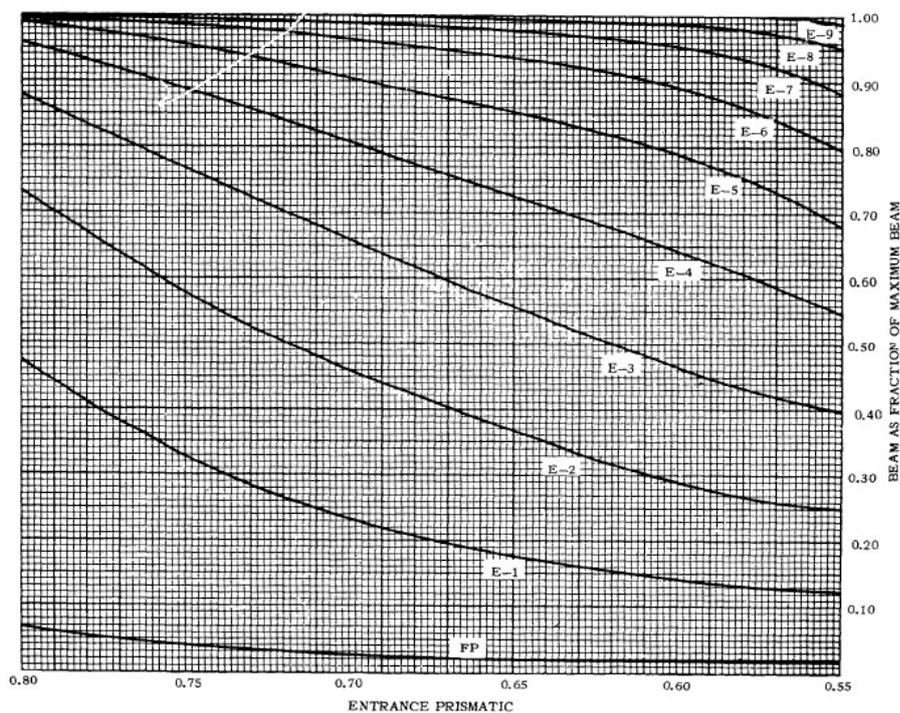


Figure 6m - 1.25 W.L. Cross Curves, Entrance

Fonte: Todd (1963)

Figura B 18 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 1,25 *DWL* (corpo de ré)

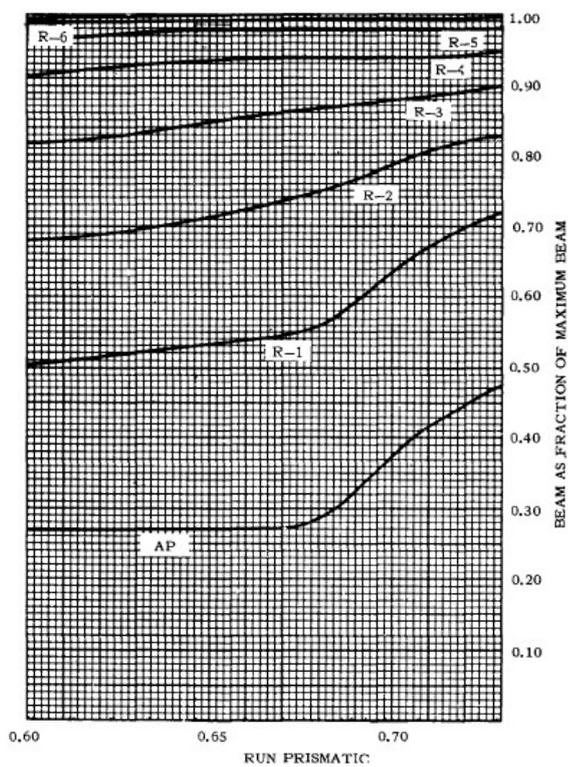


Figure 6n - 1.25 W.L. Cross Curves, Run

Fonte: Todd (1963)

Figura B 19 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 1,50 *DWL* (corpo de vante)

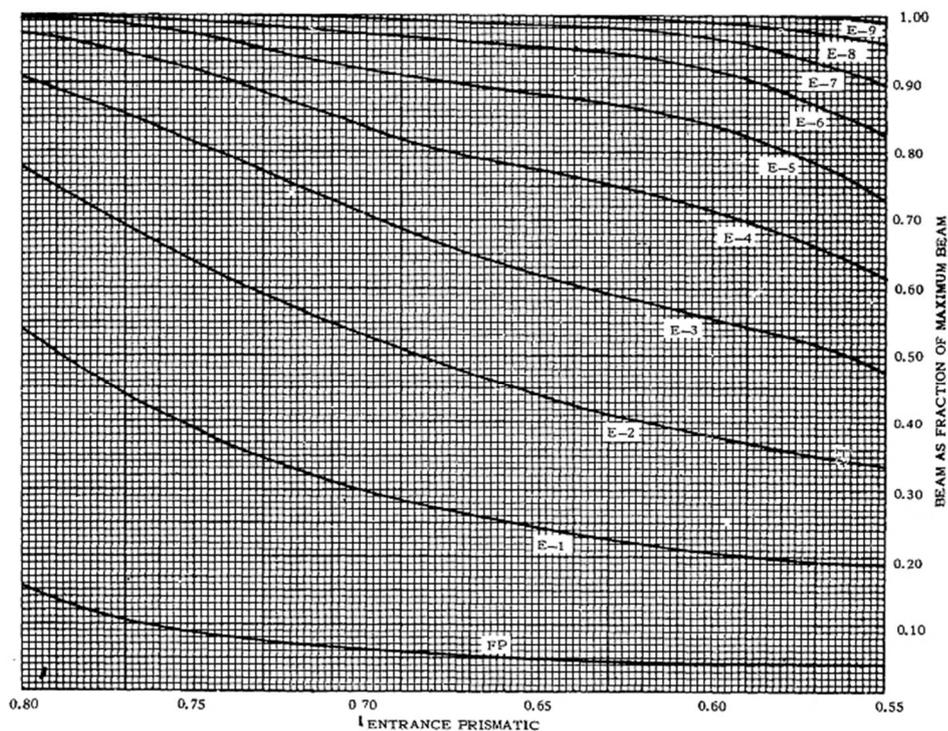


Figure 6o - 1.50 W.L. Cross Curves

Fonte: Todd (1963)

Figura B 20 – Contornos dos coeficientes de meia boca para a linha d'água 1,50 *DWL* (corpo de ré)

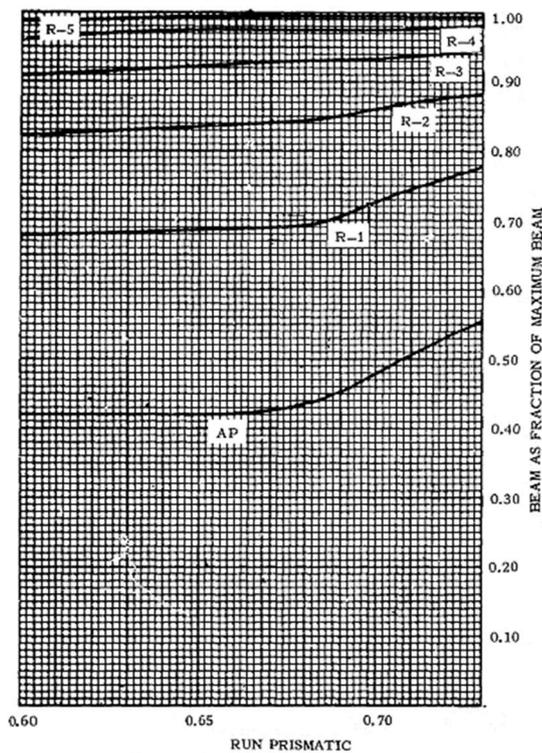


Figure 6p - 1.50 W.L. Cross Curves

Fonte: Todd (1963)

Figura B 21 – Razão L_E/L_{BP} para diferentes valores de C_B e posições de LCB

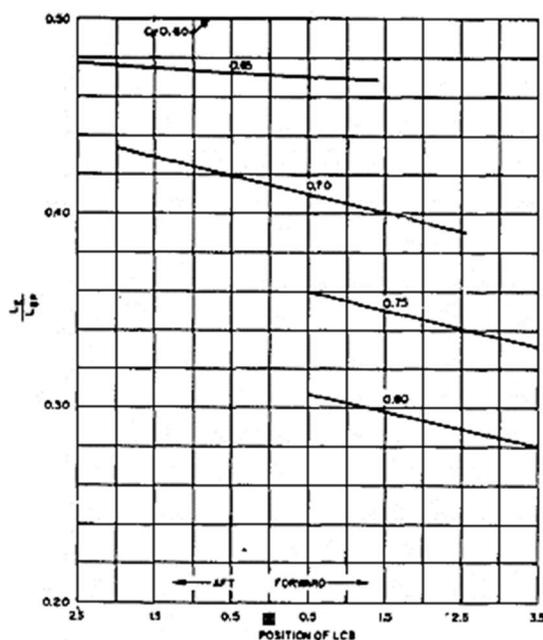


Figure 9 – Ratio of $\frac{L_E}{L_{BP}}$ for Different Values of C_B and Positions of LCB

Fonte: Todd (1963)

Figura B 22 – Razão C_{PE}/C_{PR} para diferentes valores de C_B e posições de LCB

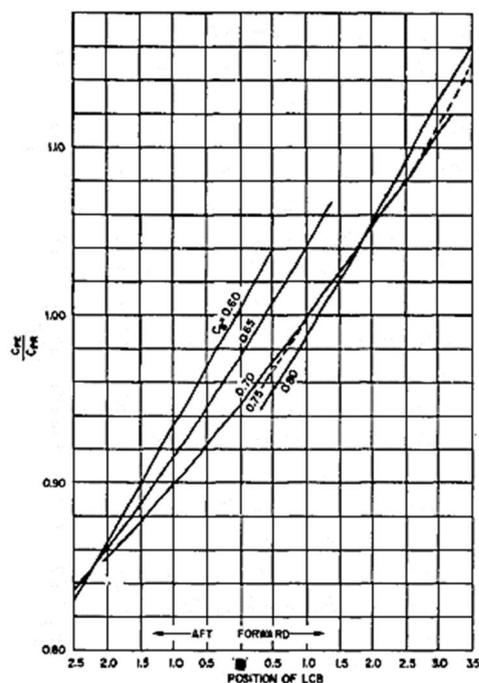
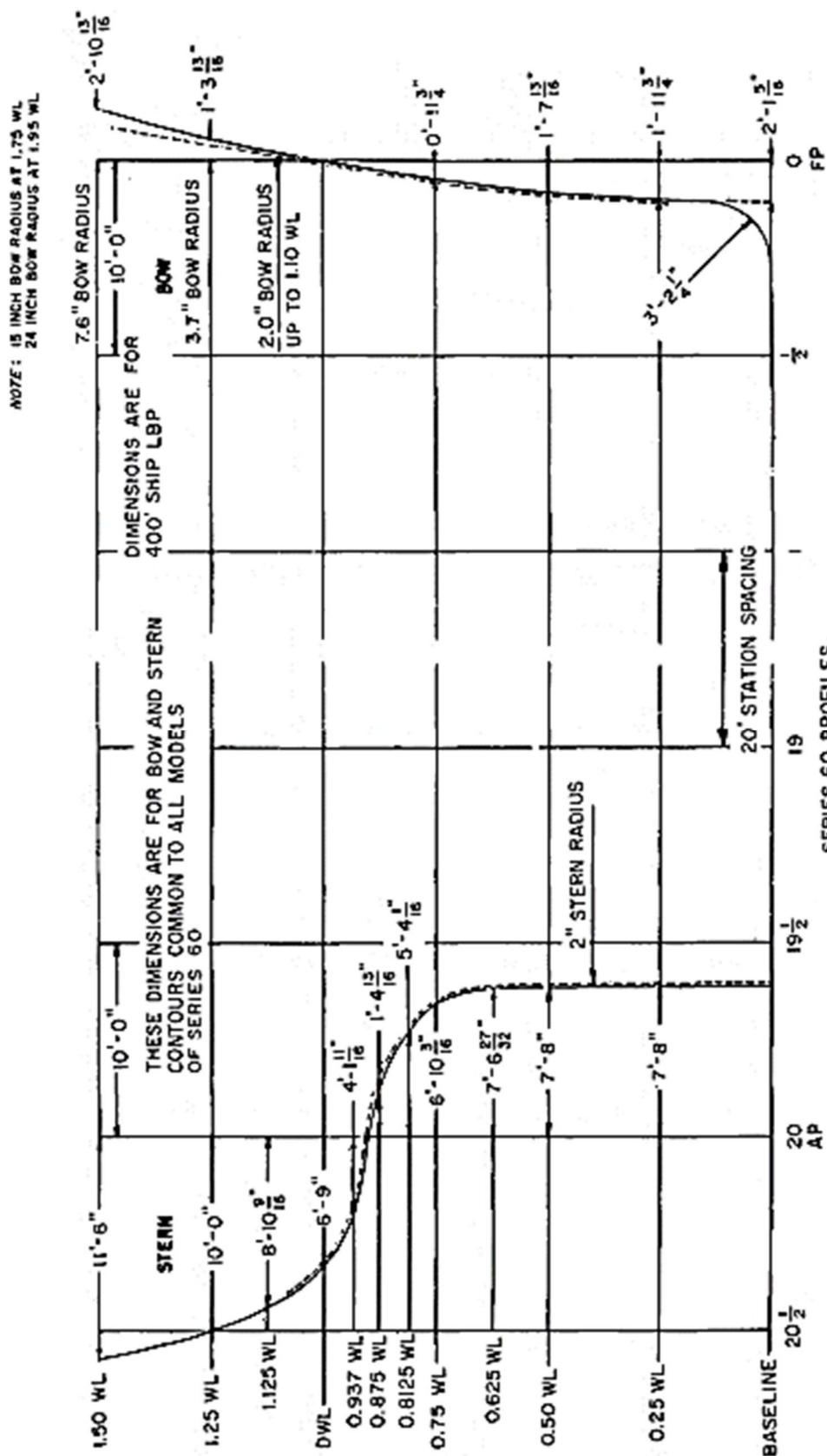


Figure 10 – Ratio of $\frac{C_{PE}}{C_{PR}}$ for Different Values of C_B and Positions of LCB

Fonte: Todd (1963)

Figura B 23 – Contornos de popa e proa



Fonte: Todd (1963)