

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

FELIPE LEME

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PARÂMETRO CORDA/DIÂMETRO NA EFICIÊNCIA
DE HÉLICES UTILIZANDO TEORIA DE LINHA DE SUSTENTAÇÃO

Joinville
2021

FELIPE LEME

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PARÂMETRO CORDA/DIÂMETRO NA EFICIÊNCIA
DE HÉLICES UTILIZANDO TEORIA DE LINHA DE SUSTENTAÇÃO

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
2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus primeiramente, por todas as acontecimentos e as oportunidades que me foram apresentadas durante todos esses anos de minha vida.

Agradeço imensamente à minha mãe que me acompanhou em toda minha jornada, mesmo que em grande parte estivesse distante, com máximo apoio, se tornando a primeira pessoa com quem compartilho todos os meus planos de vida. Aos meus avós que sempre mantiveram a fé na minha capacidade de alcançar meus objetivos. E também ao meu falecido pai o qual lhe devo eterna gratidão por todos os seus ensinamentos passados a mim enquanto em vida, que moldaram o homem que me tornei hoje em dia.

Aos meus outros familiares, que sempre estiveram na torcida para que tudo desse certo nesses últimos anos.

Agradeço ao meu orientador, por ter se disponibilizado a fazer parte desta etapa tão marcante em minha graduação. Obrigado por todos os ensinamentos, conselhos e motivações mesmo nos momentos conturbados. Espero algum dia me tornar um excelente profissional como o senhor.

A todos os amigos e amigas que a UFSC me permitiu conhecer, vocês foram incríveis e jamais esquecerei de cada momento que passamos juntos, todas as felicidades e angústias peculiares que dividimos que apenas os graduandos de engenharia passam. Serei eternamente grato a vocês e que a vida nos proporcione bons ventos.

Agradeço ao corpo docente da UFSC, em especial àquele formado pelo campus de Joinville, por se mostrarem além de muito competentes na questão de ensino, também sempre acolhedores e empenhados em proporcionar uma excelente experiência dentro da universidade.

“A alegria que se tem em pensar e aprender faz-nos pensar e aprender ainda mais”.

Aristóteles

RESUMO

Os hélices são componentes amplamente utilizados na propulsão de embarcações. Paradoxalmente, estudos e modelos de avaliação de desempenho desses sistemas permanecem bastante restritos, dado o alto custo associado aos experimentos físicos e a complexidade dos fenômenos a serem modelados numericamente. Assim, diante de tal lacuna, este trabalho apresenta um estudo sobre a influência de um importante parâmetro geométrico: a distribuição do quociente c/D ao longo da pá. A análise desse parâmetro mudou uma das mais importantes e clássicas pesquisas da área. Em 1936, os resultados experimentais de uma das primeiras séries geométricas de hélices sofreram graves problemas de cavitação devido à baixa largura das seções nas pontas das pás. Por essa razão, mudanças intuitivas deram origem à famosa série B-Troost (ou série B de Wageningen). Este trabalho segue essa linha e investiga a influência que a distribuição do parâmetro c/D tem no desempenho de hélices projetados para a geração de empuxo. Como metodologia de análise, utiliza-se a Teoria de Linha de Sustentação de Prandtl para a avaliação de um conjunto sistemático de modificações geométricas, que permitiram avaliar a influência do parâmetro c/D no desempenho das geometrias estudadas. O código utilizado está disponível no programa OpenProp. Inicialmente, é apresentado um procedimento de validação, comparando os resultados experimentais disponíveis na literatura. A seguir, dois grupos de geometrias são propostos, o primeiro com valores c/D constantes e o segundo com c/D diminuindo na região próxima à ponta da pá. O trabalho apresenta um conjunto de análises que investiga hélices com 3, 4 e 5 pás, combinadas com valores de EAR iguais a 0,45, 0,60 e 0,80. Os resultados apresentados permitem concluir que, para quaisquer combinações analisadas, quanto menores os valores constantes de c/D , maior a eficiência obtida, chegando a incrementos de 5%. Já quando se utilizam valores de c/D menores na ponta das pás, as eficiências obtidas são ainda maiores e podem resultar em um aumento de quase 9%.

Palavras-chave: Hélice. Teoria de linha de sustentação. c/D . Pás. Modelo numérico

ABSTRACT

Propellers are components widely used in ship propulsion. Paradoxically, studies and models for performance evaluation of such systems remains quite restricted, given the high cost associated with physical experiments and the complexity of phenomena presents in numerical models. Thus, in the face of such a gap, this work presents a study on the influence of an important geometric parameter associated with blades geometry: the distribution of the quotient chord by radius along the blade. The analysis of this parameter changed one of the most important and classic research in the area. In 1936, one of the first experimental geometric variations of propellers was published. However, the geometries suffered severe cavitation problems due to the low width of the sections at the blade's tips. For this reason, intuitive changes gave rise to the famous B-Troost series (or Wageningen's B series). This work follows this line and investigates the influence that the distribution of the parameter c/D has on the performance of propellers designed for thrust generation. As an analysis methodology, the Prandtl lifting-line Theory is used for the evaluation of a systematic set of modifications, which allowed to quantify the influence of the c/D parameter on the performance of the studied geometries. The code used is available in the OpenProp program. Initially, a validation procedure is presented, comparing the experimental results available in the literature for classic geometries. Next, two groups of geometries are proposed, the first with a constant c/D values and the second with c/D decreasing when reaching the tip of the blade. The work presents a full set of analysis investigating propellers with 3, 4 or 5 blades combined with values of EAR equal to 0,45, 0,60 and 0,80. The results presented allow to conclude that for any analyzed combinations, the lower the c/D values for group1, the greater the efficiency obtained (5% of increase). Already when using lower values of c/D on blade's tips, the performance values obtained are even higher (increase close to 9%).

Keywords: Propeller. Lifting-line theory. c/D . Blade. Numerical model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corda e espessura.....	20
Figura 2 – Câamber e linha média de câamber.....	20
Figura 3 – Envergadura de uma asa genérica.....	21
Figura 4 – Face, dorso e raiz.	21
Figura 5 – Linhas fundamentais de caracterização da geometria de uma pá.	22
Figura 6 – Intersecção do hélice com uma superfície cilíndrica.	23
Figura 7 – Definição do passo.	23
Figura 8 – Definição <i>skew</i> e <i>rake</i>	24
Figure 9 –Linhas de contorno de pá.	25
Figura 10 – Força e momento resultante.	25
Figura 11 – Sustentação e arrasto.....	26
Figura 12 – Perfil de um fôlio.	27
Figura 13 – Movimentação ponto de estagnação.	27
Figura 14 – Geometria do bordo de fuga.	28
Figura 15 – Circulação de uma parcela fixa de um fluido.	28
Figura 16 – Escoamento sobre uma asa finita.	29
Figura 17 – Vórtices de ponta de pá e downwash.....	30
Figura 18 – Interação entre asa e fluido.	30
Figura 19 – Vórtice de ferradura.	31
Figura 20 – Representação com infinitos vórtices.	32
Figura 21 – Fluxograma do processo.	36
Figura 22 – Interface do <i>OpenProp</i> versão 3.3.4.	37
Figura 23 – “Kuiper x Polinômios interpoladores Matlab” hélice B4-85.....	42
Figura 24 – Diagrama de águas abertas com ponto de projeto $J = 1$	43
Figura 25 – Dados de entrada para análise.....	45
Figura 26 – Comparação diagrama de águas abertas: <i>OpenProp</i> e polinômios.....	46
Figura 27 – Rotina aplicada para o ajuste entre os diagramas.	47
Figura 28 – Comparação nos valores de J <i>OpenProp</i> x Polinômios interpoladores ..	47
Figure 29 – Exemplificação das malhas.....	48
Figura 30 – Comparação 30 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.....	49
Figure 31 –Comparação final das malhas selecionadas.	50
Figura 32 – Geometria típica ao grupo 1 e do grupo 2.....	55
Figura 33 – Comparação entre os as 3 configurações de propulsores.....	57
Figure 34 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B4-85 / Grupo 1.	57
Figure 35 – Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B4-85 / Grupo 1.	58
Figure 36 – Influência do c/D na curva η : hélice B4-85 / Grupo 1.....	58
Figura 37 – influência do c/D na curva K_T : hélice B4-85 / Grupo 2.....	58
Figura 38 – Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B4-85 / Grupo 2.....	59
Figura 39 – Influência do c/D na curva η : hélice B4-85 / Grupo 2.....	59
Figura 40 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B5-60 / Grupo 1.	59
Figura 41 – Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B5-60 / Grupo 1.....	60

Figura 42 – Influência do c/D na curva η : hélice B5-60 / Grupo 1.....	60
Figure 43 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B5-60 / Grupo 2.	60
Figura 44 – Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B5-60 / Grupo 2.....	61
Figura 45 – Influência do c/D na curva η : hélice B5-60 / Grupo 2.....	61
Figure 46 – Combinações dos parâmetros utilizados na análise.	63
Figure 47 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B3-45 / Grupo 1.	64
Figure 48 – Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B3-45 Grupo 1.	64
Figure 49 – Influência do c/D na curva η : hélice B3-45 / Grupo 1.....	64
Figure 50 –Influência do c/D na curva K_T : hélice B3-45 / Grupo 2.	65
Figure 51 –Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B3-45 / Grupo 2.	65
Figure 52 –Influência do c/D na curva η : hélice B3-45 / Grupo 2.....	65
Figura 53 – Comparação K_T 25 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	96
Figura 54 – Comparação K_T 20 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	96
Figura 55 – Comparação K_T 15 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	97
Figura 56 – Comparação K_T 10 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	97
Figura 57 – Comparação K_T 5 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	98
Figura 58 – Comparação K_T 3 painéis radiais e 5 à 30 painéis corda.	98
Figura 59 – Comparação $10*K_Q$ 25 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	98
Figura 60 – Comparação $10*K_Q$ 20 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	99
Figura 61 – Comparação $10*K_Q$ 15 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	99
Figura 62 – Comparação $10*K_Q$ 10 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	100
Figura 63 – Comparação $10*K_Q$ 5 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	100
Figura 64 – Comparação $10*K_Q$ 3 painéis radiais e 5 à 30 painéis corda.	100
Figura 65 – Comparação η 25 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	101
Figura 66 – Comparação η 20 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	101
Figura 67 – Comparação η 15 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	101
Figura 68 – Comparação η 10 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	102
Figure 69 – Comparação η 5 painéis radiais e 3 à 30 painéis corda.	102
Figura 70 – Comparação η 3 painéis radiais e 5 à 30 painéis corda.	102
Figura 71 – Dados de referência para análise do hélice B4-85 no <i>OpenProp</i>	103
Figura 72 – Propulsor G1-A1.....	104
Figura 73 – Propulsor G2-A2.....	104
Figura 74 – Propulsor G1-A3.....	105
Figura 75 – Propulsor G1-A4.....	105
Figura 76 – Propulsor G1-A5.....	106
Figura 77 – Propulsor G1-A6.....	106
Figura 78 – Propulsor G1-A7.....	107
Figura 79 – Propulsor G1-A8.....	107
Figura 80 – Propulsor G1-A9.....	108
Figura 81 – Propulsor G1-A10.....	108
Figura 82 – Propulsor G2-A1.....	109
Figura 83 – Propulsor G2-A2.....	109
Figura 84 – Propulsor G2-A3.....	110

Figura 85 – Propulsor G2-A4.....	110
Figura 86 – Propulsor G2-A5.....	111
Figura 87 – Propulsor G2-A6.....	111
Figura 88 – Propulsor G2-A7.....	112
Figura 89 – Propulsor G2-A8.....	112
Figura 90 – Propulsor G2-A9.....	113
Figura 91 – Propulsor G2-A10.....	113
Figure 92 – Dados de referencia para análise do hélice B5-60 no <i>OpenProp</i>	135
Figura 93 – Exemplo de pás de hélices da série B.	245
Figura 94 – Valores de referência para t_0/D em função de r/R	245

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Abrangência da série B.....	34
Tabela 2 – Dados do propulsor para validação.	41
Tabela 3 – Validação do algoritmo de interpolação polinomial.	42
Tabela 4 – Resultados rotina de polinômios interpoladores implementada.....	43
Tabela 5 – Descrição da geometria hélice B4-85.....	44
Tabela 6 – Comparação análise numérica e polinômio interpolador Kuiper (1992). 45	
Tabela 7 – Erro entre resultados <i>OpenProp</i> e polinômio interpolador.	47
Tabela 8 – Erros médio das diferentes malhas simuladas.....	50
Tabela 9 – Dados de entrada dos hélices B4-85 e B5-60.....	53
Tabela 10 – Descrição das geometrias analisadas.....	54
Tabela 11 – Resultados das geometrias analisadas.	54
Tabela 12 – Valores de c/D para o hélice B4-85.....	55
Tabela 13 – Valores de c/D para o hélice B5-60.....	56
Tabela 14 – Variação das geometrias G1-A3/G2-A5 em relação às originais.....	62
Tabela 15 – Valores de c/D para o hélice B3-45.....	63
Tabela 16 – Resultados hélice B3-45, B3-60 e B3-80 ($J = 1,0$).....	67
Tabela 17 – Resultados hélice B4-45, B4-60 e B4-80 ($J = 1,0$).....	68
Tabela 18 – Resultados hélice B5-45, B5-60 e B5-80 ($J = 0,7$).....	69
Tabela 19 – Valores de K_T obtidos em Kuiper (1992) para o hélice B8-85.	74
Tabela 20 – Resultados de K_T pelo polinômio interpolador para o hélice B8-85.....	76
Tabela 21 – Valores de $10*K_Q$ obtidos em Kuiper (1992) para o hélice B8-85.	80
Tabela 22 – Resultados de $10*K_Q$ pelo polinômio interpolador para o hélice B8-85. 84	
Tabela 23 – Valores de η obtidos em Kuiper (1992) para o hélice B8-85.....	88
Tabela 24 – Resultados de η pelo polinômio interpolador para o hélice B8-85.	92
Tabela 25 – Erro entre resultados <i>OpenProp</i> e polinômio interpolador.	95
Tabela 26 – Resultados Original e G1-A1.	114
Tabela 27 – Resultados numéricos G1-A2 e G1-A3.....	115
Tabela 28 – Resultados numéricos G1-A4 e G1-A5.....	116
Tabela 29 – Resultados numéricos G1-A6 e G1-A7.....	117
Tabela 30 – Resultados numéricos G1-A8 e G1-A9.....	118
Tabela 31 – Resultado G1-A10.....	119
Tabela 32 – Resultados G2-A1 e G2-A2.....	120

Tabela 33 – Resultados G2-A3 e G2-A4.....	121
Tabela 34 – Resultados G2-A5- e G2-A6.	122
Tabela 35 – Resultados G2-A7 e G2-A8.....	123
Tabela 36 – Resultados G2-A9 e G2-A10.....	124
Tabela 37 – Resultados B5-60 original e G1-A1.	125
Tabela 38 – Resultados G1-A2 e G1-A3.....	126
Tabela 39 – Resultados G1-A4 e G1-A5.....	126
Tabela 40 – Resultados G1-A6 e G1-A7.....	127
Tabela 41 – Resultados G1-A8 e G1-A9.....	128
Tabela 42 – Resultado G1-A10.	129
Tabela 43 – Resultados G2-A1.	130
Tabela 44 – Resultados G2-A3 e G2-A4.....	131
Tabela 45 – Resultados G2-A5 e G2-A6.....	132
Tabela 46 – Resultados G2-A7 e G2-A8.....	133
Tabela 47 – Resultados G2-A9 e G2-A10.....	134
Tabela 48 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-45 Grupo 1.....	136
Tabela 49 – Resultados numéricos de $10*K_Q$ para o hélice B3-45 Grupo 1.....	139
Tabela 50 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-45 Grupo 1.	141
Tabela 51 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-45 Grupo 2.....	143
Tabela 52 – Resultados numéricos de $10* K_Q$ para o hélice B3-45 Grupo 2.....	146
Tabela 53 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-45 Grupo 2.	148
Tabela 54 –Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-60 Grupo 1.....	150
Tabela 55 – Resultados numéricos de $10*K_Q$ para o hélice B3-60 Grupo 1.....	153
Tabela 56 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-60 Grupo 1.	155
Tabela 57 –Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-60 Grupo 2.....	157
Tabela 58 – Resultados numéricos de $10*K_Q$ para o hélice B3-60 Grupo 2.....	160
Tabela 59 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-60 Grupo 2.	162
Tabela 60 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-80 Grupo 1.....	164
Tabela 61 – Resultados numéricos de $10*K_Q$ para o hélice B3-80 Grupo 1.....	167
Tabela 62 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-80 Grupo 1.	169
Tabela 63 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-80 Grupo 2.....	171
Tabela 64 – Resultados numéricos de $10*K_Q$ para o hélice B3-80 Grupo 2.....	174
Tabela 65 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-80 Grupo 2.	176
Tabela 66 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-45 Grupo 1.....	178

Tabela 67 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-45 Grupo 1.....	180
Tabela 68 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-45 Grupo 1.	182
Tabela 69 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-45 Grupo 2.....	184
Tabela 70 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-45 Grupo 2.....	186
Tabela 71 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-45 Grupo 2.	188
Tabela 72 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-60 Grupo 1.....	190
Tabela 73 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-60 Grupo 1.....	192
Tabela 74 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-60 Grupo 1.	194
Tabela 75 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-60 Grupo 2.....	196
Tabela 76 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-60 Grupo 2.....	199
Tabela 77 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-60 Grupo 2.	201
Tabela 78 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-80 Grupo 1.....	203
Tabela 79 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-80 Grupo 1.....	206
Tabela 80 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-80 Grupo 1.	208
Tabela 81 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-80 Grupo 2.....	210
Tabela 82 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-80 Grupo 2.....	213
Tabela 83 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-80 Grupo 2.	215
Tabela 84 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-45 Grupo 1.....	217
Tabela 85 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-45 Grupo 1.....	219
Tabela 86 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-45 Grupo 1.	221
Tabela 87 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-45 Grupo 2.....	223
Tabela 88 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-45 Grupo 2.....	226
Tabela 89 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-45 Grupo 2.	228
Tabela 90 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-80 Grupo 1.....	230
Tabela 91 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-80 Grupo 1.....	232
Tabela 92 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-80 Grupo 1.	234
Tabela 93 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-80 Grupo 2.....	236
Tabela 94 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-80 Grupo 2.....	238
Tabela 95 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-80 Grupo 2.	240
Tabela 96 – Valores de c/D para o hélice B4-45.....	242
Tabela 97 – Valores de c/D para o hélice B4-60.....	242
Tabela 98 – Valores de c/D para o hélice B4-80.....	243
Tabela 99 – Valores de c/D para o hélice B5-45.....	243
Tabela 100 – Valores de c/D para o hélice B5-80.....	244

LISTA DE SÍMBOLOS

- b – Comprimento de envergadura
 c – Comprimento de corda do propulsor
 $c(y_0)$ – Comprimento de corda na coordenada y_0
 C_d – Coeficiente de arrasto
 EAR – Razão de área expandida
 D – Diâmetro total do propulsor
 D_i – Arrasto induzido
 dl – Comprimento diferencial de um filamento de vórtice
 $d\vec{s}$ – Comprimento diferencial de uma curva
 dV – Velocidade diferencial induzida
 dw – Velocidade diferencial de *downwash*
 dy – Comprimento diferencial sobre o eixo y
 K_Q – Coeficiente de torque
 K_T – Coeficiente de empuxo
 L – Força de sustentação
 L' – Força de sustentação por unidade de envergadura
 N – Rotação do hélice
 p – Passo
 P/D – Passo/Diâmetro
 p_∞ – Pressão dinâmica de corrente livre
 Q – Torque
 r – Raio do ponto da velocidade induzida
 R_{Cubo} – Raio do cubo do propulsor
 T – Empuxo
 t_0 – Espessura máxima da secção
 \vec{V} – Vetor velocidade
 V_a – Velocidade de avanço do fluido
 V_∞ – Velocidade de corrente livre
 V_i – Velocidade induzida
 w – Componente de velocidade *downwash*
 y – Coordenada sobre a linha de envergadura

y_0 – Coordenada de velocidade induzida

α – Ângulo geométrico de ataque

α_{eff} – Ângulo de ataque efetivo

α_i – Ângulo de ataque induzido

$\alpha_{L=0}$ – Ângulo de ataque ao qual a sustentação vale zero

Γ – Força de circulação

$\Gamma(y_0)$ – Força de circulação na coordenada y_0

η – Eficiência propulsiva

θ_s – Ângulo de *skew*

ρ - Massa específica da água salgada

GUI – Graphical User Interface

ITTC – International Towing Tank Conference

NACA – National Advisory Committee for Aeronautics

MARIN – The Maritime Research Institute

MIT – Massachusetts Institute of Technology

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 ESCOAMENTO DE FLUIDOS INVÍSCIDOS E INCOMPRESSÍVEIS	18
2.2 NOMENCLATURA DE FÓLIOS	19
2.3 NOMENCLATURA DE HÉLICES.....	21
2.4 SUSTENTAÇÃO E ARRASTO	25
2.5 A TEORIA DE LINHA DE SUSTENTAÇÃO.....	26
2.6 SERIE B DE WAGENINGEN.....	33
2.7 CURVAS DE DESEMPENHO DE UM PROPULSOR DO TIPO HÉLICE.....	35
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 APRESENTAÇÃO DO OPENPROP	37
3.2 DESCRIÇÃO DA VALIDAÇÃO DA TÉCNICA E FERRAMENTA	39
3.3 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE PARAMÉTRICA	40
4 DESENVOLVIMENTO.....	41
4.1 VALIDAÇÃO DA TÉCNICA E FERRAMENTA UTILIZADA	41
4.2 ESTUDO DE CONVERGÊNCIA DE MALHA	48
5 ANÁLISE PARAMÉTRICA	53
5.1 ANÁLISE DOS HÉLICES B4-85 E B5-60	53
5.2 ANÁLISE PARAMÉTRICA EXTENSIVA.....	62
6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A – RESULTADOS NUMÉRICOS KUIPER (1992) E ROTINA MATLAB.....	74
APÊNDICE B – RESULTADOS COMPLEMENTARES DA CONVERGÊNCIA DE MALHA	95
APÊNDICE C – GEOMETRIAS RESULTANTES DA VARIAÇÃO PARAMÉTRICA B4-85.....	103
APÊNDICE D – RESULTADOS NUMÉRICOS DA VARIAÇÃO PARAMÉTRICA B4-85.....	114
APÊNDICE E – RESULTADOS COMPLEMENTARES DA VARIAÇÃO PARAMÉTRICA B5-60.....	125
APÊNDICE F – RESULTADOS NUMÉRICOS VARIAÇÃO PARAMÉTRIA EXTENSIVA	136
ANEXO A – EXEMPLO DE CONTORNOS GEOMETRICOS DE HÉLICES DA SÉRIE B	245
ANEXO B – REFERÊNCIA PARA ESPESSURAS MÁXIMAS DE PÁS DE HÉLICES SÉRIE B.....	245

1 INTRODUÇÃO

Os rios e oceanos estão repletos de embarcações, sejam enormes navios mercantes ou pequenas embarcações de recreio. De maneira geral, uma embarcação pode ser descrita como um sistema complexo resultado da interação de diferentes subsistemas, tais como: elétrico, de refrigeração, de iluminação, de controle, propulsivo, estrutural etc. Todos esses subsistemas interagem possuindo diferentes graus de interdependência e, portanto, exigem um funcionamento eficiente para que os requisitos do armador sejam alcançados.

Neste contexto, o presente trabalho analisa um subsistema em particular; o qual destina-se à propulsão da embarcação. Ainda assim, esse recorte permanece consideravelmente amplo, e por essa razão, o estudo será limitado à propulsores convencionais do tipo hélice totalmente submersos. Entre os diversos enfoques possíveis, o estudo abordará a eficiência hidrodinâmica do propulsor, desprezando questões como emissão de ruído, resistência estrutural e/ou cavitação.

A escolha do hélice¹ deve-se a importância desse componente para o desempenho de um navio, sendo o elemento responsável por fornecer a força necessária para o movimento da embarcação. Além disso, como apontado por Watson (1998), os propulsores devem fornecer um alto valor de empuxo aliado à um baixo requisito de potência do maquinário. Conseqüentemente, estudos sobre o desempenho desses sistemas tornam-se atrativos, uma vez que potencializam seleções mais eficientes e que contribuem para um melhor desempenho da embarcação.

Tradicionalmente, a seleção de um propulsor é feita considerando-se hélices de geometria padronizada, cujo desempenho é conhecido por meio de resultados experimentais. Nesse sentido Molland (2008) destaca a importância das séries padronizadas:

Os dados de séries padrão são uma das ferramentas mais valiosas que os projetistas têm à disposição para propósitos de projeto preliminar e estudo de viabilidade. Gráficos de projeto, ou em muitos casos hoje, fórmulas de regressão, baseadas em dados de série padrão, podem ser usados para explorar as principais dimensões de um hélice e seu efeito no desempenho [...]. (MOLLAND, 2008, p. 292).

Essa abordagem geralmente ocorre porque a análise de desempenho de um propulsor do tipo hélice é um assunto de difícil modelagem, pois, como ressalta Molland (2008), seu

¹ Na engenharia naval, o termo hélice é tradicionalmente tratado no masculino, pois refere-se ao propulsor do tipo hélice. Tal utilização guarda respaldo na norma culta e pode ser consultado no dicionário Aurélio que classifica a palavra como substantivo de dois gêneros.

sucesso depende da integração de diferentes disciplinas científicas: hidrodinâmica, acústica, mecânica dos sólidos, metalurgia, manufatura etc. Consequentemente, o processo de seleção de um propulsor requer modelos numéricos complexos e de alto custo computacional, conforme será discutido na fundamentação teórica apresentada no Capítulo 2.

Assim, este trabalho propõe uma metodologia para a avaliação numérica de propulsores de geometria quaisquer utilizando a teoria de linha de sustentação, cujo entendimento e implementação é foco principal desta monografia.

Para isso, o modelo numérico utilizado será aquele implementado no código aberto *OpenProp*, disponível em linguagem Matlab. Logo, o que se propõe um procedimento transparente ao usuário que permita analisar o desempenho hidrodinâmico de propulsores de geometria quaisquer, que utilize a teoria de linha de sustentação sem exigir do projetista conhecimentos profundos de programação, hidrodinâmica ou Matlab.

No entanto, em se tratando de um trabalho acadêmico, apresentam-se os fundamentos teóricos necessários para o entendimento da teoria de linhas de sustentação, além das características geométricas e de desempenho de um propulsor do tipo hélice.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Conforme apresentado na introdução, o objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise paramétrica de propulsores do tipo hélice, aplicando-se uma metodologia de análise numérica baseada em teoria de linha de sustentação implementada em um código livre denominado *OpenProp*.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Validação da teoria/implementação utilizada no *OpenProp* frente à dados consolidados na literatura;
- Obter uma rotina de código aberto transparente que permita alunos e engenheiros obterem as curvas de desempenho de um propulsor de geometria qualquer por meio de uma abordagem numérica;
- Comparar a influência do parâmetro geométrico c/D do propulsor no desempenho do propulsor, verificando a consistência e confiabilidade da metodologia desenvolvida.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para uma melhor compreensão da teoria de linha de sustentação, se faz necessário a definição de fluido, de viscosidade e de compressibilidade. Sendo assim, este capítulo destina-se a apresentar e contextualizar tais conceitos; além de apresentar uma breve descrição das características geométricas de um propulsor do tipo hélice.

2.1 ESCOAMENTO DE FLUIDOS INVÍSCIDOS E INCOMPRESSÍVEIS

Segundo Milne-Thomas (1962), um fluido pode ser compreendido como um material capaz de escoar sobre superfícies, podendo ser classificado em gás ou líquido. O fluido no estado gasoso, tem a propriedade de preencher todo o espaço em que se encontra. Já em seu estado líquido, sobre temperatura e pressão constante, sendo submetido a ação da gravidade, adquirirá a geometria da superfície que o confina (MILNE-THOMAS, 1962).

Para Çengel (2007), o fluido é aquela substância que se deformará continuamente sobre efeito de tensões cisalhantes devido a sua baixa resistência para esforços dessa natureza. Em contrapartida, uma substância no estado sólido, é aquela que, aplicada uma tensão cisalhante, irá se deformar em um ângulo fixo.

Do ponto de vista matemático, o estado sólido pode ser caracterizado pela proporcionalidade entre as tensões e as deformações atuantes no corpo, enquanto no estado líquido, as tensões são proporcionais a taxa de deformação (ÇENGEL, 2007).

Já a viscosidade refere-se a propriedade física do material que quantifica o atrito interno existente no fluido, o qual pode ser influenciado pelas condições externas as quais o fluido é submetido.

Líquidos reais (e gases) em comum com sólidos exibem viscosidade decorrente do atrito interno com a substância. Nossa definição distingue um fluido viscoso, como melão ou piche, de um sólido plástico, como massa de vidraceiro ou argila, já que o primeiro não pode resistir permanentemente a qualquer tensão de cisalhamento, por menor que seja, no caso desse último, tensões com magnitude são necessárias para produzir deformação. (MILNE-THOMSON, 1962, p. 27).

Dessa forma pode-se definir um fluido invíscido como aquele que não apresenta características de viscosidade, ou seja, são incapazes de resistir às tensões cisalhantes.

De acordo com Anderson (2001), a pressão sendo uma propriedade variável, é definida como a razão de uma força normal por unidade de área, ou, mais rigorosamente, como o limite do quociente entre uma força normal diferencial e uma área diferencial, com a área diferencial tendendo a zero. Logo trata-se de uma propriedade pontual, ou seja, em um escoamento, ela poderá apresentar valores distintos em diferentes pontos do domínio.

De modo geral, os escoamentos podem ser divididos em dois grupos, os ditos compressíveis e os incompressíveis. O primeiro grupo usualmente compreende os fluidos no estado gasoso, pois nesses casos, os fluidos têm valores de densidade influenciados, por exemplo, pela temperatura. Já os escoamentos incompressíveis são melhor representados por líquidos, onde a variação da densidade não é significativa. Porém, em casos em que são empregadas altas pressões, a hipótese de incompressibilidade em líquidos pode apresentar resultados insatisfatórios (FOX, 2006).

A compreensão dos conceitos de compressibilidade e viscosidade são importantes na medida que a teoria da linha de sustentação originalmente desenvolvida por Prandtl (1875-1953) e Lanchester (1868-1946), baseia-se na análise de escoamentos sobre perfis de asas, considerando um fluido incompressível e invíscido. Tais hipóteses se encaixam nas análises de propulsores do tipo hélice, utilizados na engenharia naval, pois, as velocidades desenvolvidas pelas pás são muito baixas² para que os efeitos de compressibilidade devam ser considerados. Do mesmo modo, assumir que os efeitos viscosos da água doce ou salgada, sobre as superfícies da hélice são desprezíveis, resultam em resultados com precisão adequada para o projeto desses sistemas.

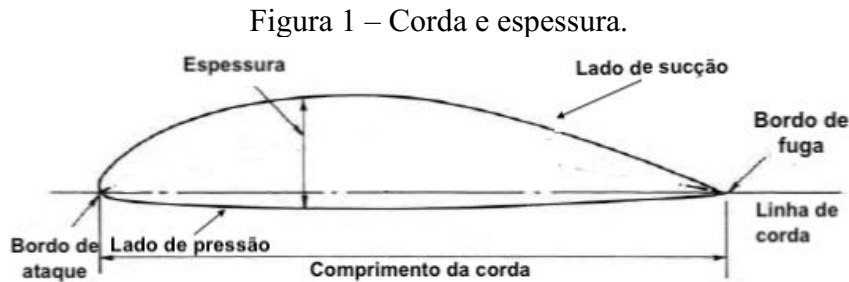
2.2 NOMENCLATURA DE FÓLIOS

Dado que existem divergências entre autores na definição das características geométricas de um fólio, surge a necessidade de estabelecer um padrão de nomenclatura e definição geométrica para o presente trabalho.

Em vista de seu amplo uso no mundo acadêmico, optou-se pelo padrão proposto pela *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA). Sendo assim, a seção transversal é definida como a seção obtida através de um corte perpendicular à direção de envergadura de uma asa, de modo que os bordos definem um dos eixos do plano cartesiano no qual está contida a seção.

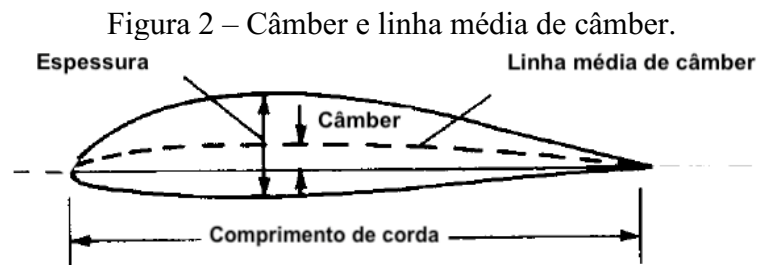
² Para efeitos de compressibilidade consideram-se baixas velocidades aquelas que se encontram abaixo do limite sônico (ANDERSON, 2001).

Primeiramente, de acordo com Carlton (2007), a componente denominada corda é definida como sendo o comprimento linear medido na secção de um fólio entre os extremos do bordo de fuga e do bordo de ataque. Além disso, a distância medida entre os lados de sucção e pressão perpendicularmente a corda recebe o nome de espessura (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Carlton (2007, p. 43).

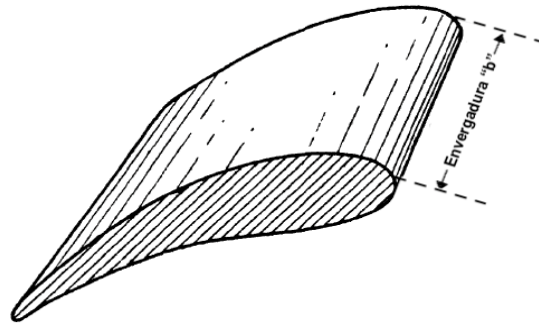
Como mostrado na Figura 2 a linha média de câmber é definida como o conjunto de todos os pontos de meia espessura ao longo do comprimento de corda. Já o câmber consiste na distância perpendicular medida entre a linha média de câmber e a corda. Além disso, define-se a largura de uma secção como a espessura medida a meio comprimento de corda (ANDERSON, 2001).



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 280).

Por fim, de acordo com Anderson (2001), quando se analisa uma asa, a geometria não se restringe à uma secção bidimensional, mas sim a um conjunto de secções distribuídas ortogonalmente ao longo de uma terceira dimensão. Sendo assim, define-se como envergadura o comprimento medido de uma ponta à outra de uma asa (Figura 3).

Figura 3 – Envergadura de uma asa genérica.



Fonte: Adaptado de Milne-Thomson (1962, p. 186).

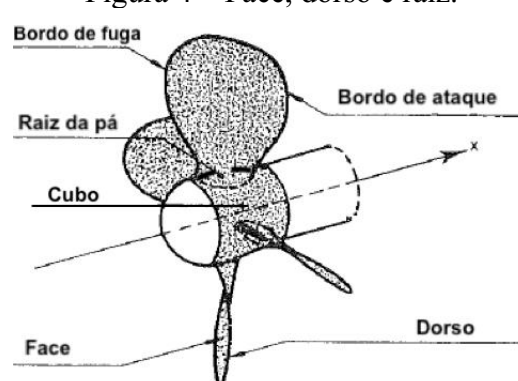
2.3 NOMENCLATURA DE HÉLICES

A geometria de um propulsor do tipo hélice consiste na composição de diferentes elementos: cubo, pás e eixo, cuja caracterizações são objeto desta seção.

De acordo com Gerr (1989), o cubo de um hélice consiste em um corpo sólido centrado e furado destinado a acomodação do eixo e a fixação das pás (Figura 4). Trata-se de um componente que não gera propulsão, mas que garante resistência estrutural durante o funcionamento do propulsor.

Já as pás são os elementos responsáveis por fornecer empuxo às embarcações e correspondem a componentes com formato de asa, possuindo em muitos casos uma distribuição angulada das secções. Ainda sobre as pás, Gerr (1989) define o lado de alta pressão como a face da pá, enquanto o lado de baixa pressão (ou lado de sucção) recebe o nome de dorso da pá. Por fim, a região do encontro da pá com o cubo do hélice é conhecida como raiz da pá (Figura 4).

Figura 4 – Face, dorso e raiz.

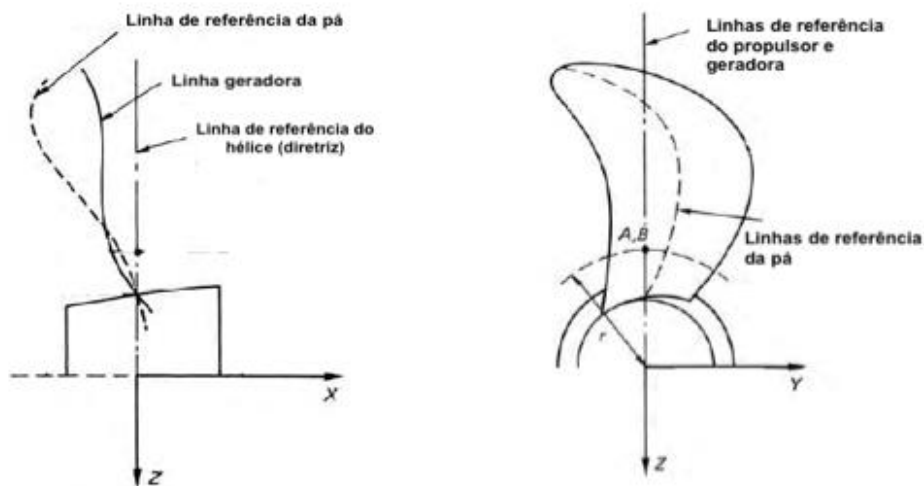


Fonte: Adaptado de Kuiper (1992, p. 16).

Segundo Carlton (2007), as pás de um propulsor são projetadas a partir de uma linha perpendicular ao eixo chamada de “**linha de referência do hélice**” ou “**diretriz**”.

Outra linha característica da geometria de hélices e muito importante nas futuras definições de *skew* e *rake* é a “**linha de referência da pá**”, a qual é formada pelo conjunto dos pontos localizados na metade do comprimento de cada uma das seções da pá (KUIPER, 1992). Além dessa, destaca-se a terceira linha, chamada de “**linha geradora**” a qual é formada pela interseção do passo do hélice com o plano definido pela linha de referência do hélice e o eixo do propulsor (CARLTON, 2007). Na Figura 5 são mostradas as 3 linhas principais que descrevem a geometria da pá.

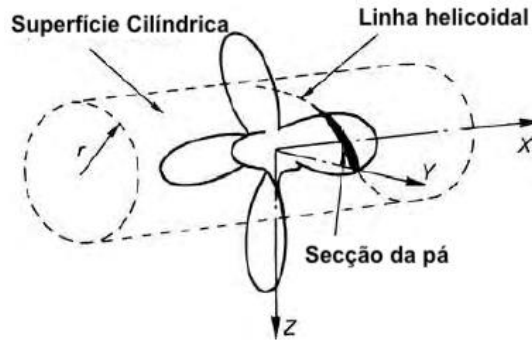
Figura 5 – Linhas fundamentais de caracterização da geometria de uma pá.



Fonte: Adaptado de Carlton (2007, p. 34).

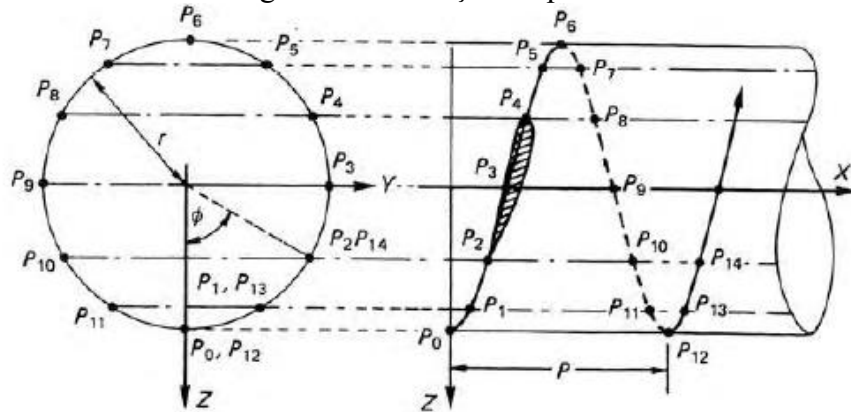
Para a definição do passo de um hélice, considere que esse seja interseccionado coaxialmente por uma superfície cilíndrica de raio “*r*” de modo a obter-se uma secção em cada uma das pás (Figura 6). Dado um ponto fixo P_0 localizado na interseção da superfície cilíndrica de raio “*r*”, com a superfície da pá, à medida que o hélice avança, tal ponto descreverá uma trajetória helicoidal sobre a superfície cilíndrica originando os pontos de P_0 até P_{12} (Figura 7). A distância axial “*p*” percorrida pelo ponto ao completar uma volta recebe o nome de passo (MOLLAND, 2011).

Figura 6 – Intersecção do hélice com uma superfície cilíndrica.



Fonte: Adaptado de Carlton (2007, p. 34).

Figura 7 – Definição do passo.



Fonte: Carlton (2007).

Como consequência da definição anterior, surge o ângulo de passo da secção, como aquele calculado de acordo com a Equação 1.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{p}{2 * \pi * r} \right) \quad (1)$$

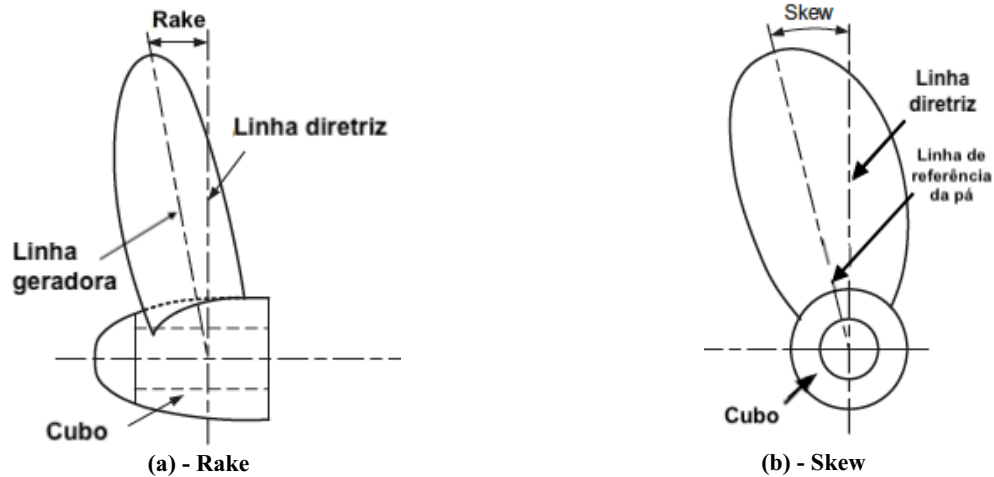
É importante destacar que para cada raio “r” considerado na análise, o hélice apresentará um passo diferente. Assim, convencionou-se definir como passo característico de um hélice, o valor medido a 70% do raio do propulsor.

De acordo com Carlton (2007), existem ainda outras duas características importantes na geometria de hélices. A primeira corresponde ao ângulo do *skew*, o qual é medido entre dois pontos tomados em uma mesma linha horizontal e contidos, um na linha de referência da pá e outro na linha diretriz (Figura 8a). Já o ângulo de *rake* é definido como a distância horizontal entre a linha geradora e a linha diretriz (Figura 8b). É importante destacar que,

assim como o passo, os ângulos de *skew* e *rake* podem ser medidos para diferentes distâncias “r” ao longo de toda a extensão da pá.

Além disso, definem-se valores positivos de *skew* para os pontos da linha de referência que estão à frente da linha diretriz (a favor do sentido de rotação), e negativos para aqueles pontos que estão atrás da linha diretriz.

Figura 8 – Definição *skew* e *rake*.



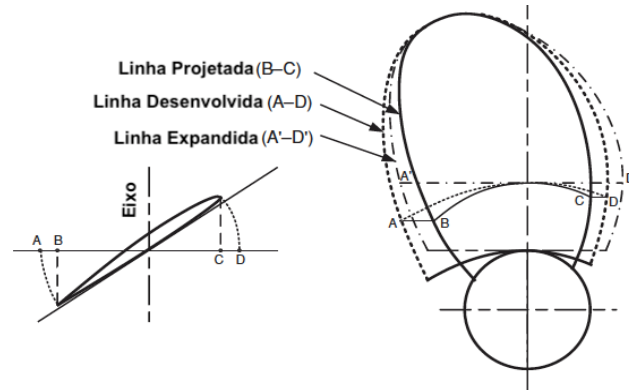
Fonte: Adaptado de Molland (2011, p. 262).

O último grupo de parâmetro a serem discutidos e que ajudam na caracterização do propulsor consiste na razão de área de pá projetada, razão de área de pá desenvolvida e razão de área de pá expandida. A área de pá projetada consiste no valor obtido ao calcular-se a área da projeção dos contornos da pá a partir de uma vista frontal. Como consequência da forma helicoidal das pás, a representação das linhas das seções radiais é em formato de arco circular (MOLLAND, 2011).

Segundo Carlton (2012), a área de pá desenvolvida corresponde a área da pá projetada em um plano paralelo a linha de centro do eixo. No entanto, a diferença entre a área da pá desenvolvida e a área da projetada consiste no fato de que no caso da pá desenvolvida, todas as seções possuem passo igual a zero.

Por fim, de acordo com Kuiper (1992), a área de área de pá expandida representa a área das pás quando essas são planificadas. Na Figura 9 é mostrada a representação das três áreas discutidas anteriormente.

Figure 9 – Linhas de contorno de pá.



Fonte: Adaptado de Molland (2011, p. 264).

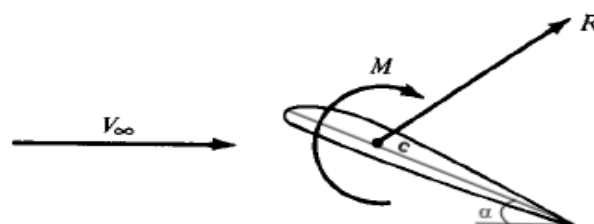
A partir da definição de área de pá expandida, Kuiper (1992) defini a razão de área de pá expandida (EAR), a qual representa o quociente entre a área expandida e a área do disco de diâmetro igual ao do hélice. Esse é um importante coeficiente que pode ser associado a diversos aspectos do desempenho de um propulsor do tipo hélice.

2.4 SUSTENTAÇÃO E ARRASTO

Para as definições de sustentação e de arrasto, considera-se um fólio com envergadura “ l ” cujas seções são idênticas e possuem um comprimento de corda “ c ”, o qual está sujeito a um escoamento invíscido, incompressível com velocidade V_∞ (de corrente livre) incidindo em um ângulo α (Figura 10).

A interação do fluido com a geometria resulta em dois efeitos. No primeiro, surgem tensões tangenciais referentes ao atrito do fluido com a superfície do fólio. Já no segundo, a variação da velocidade no entorno do fólio resulta em uma modificação no campo de pressão ao longo do escoamento. A integração, tanto das forças tangenciais quanto do campo de pressão ao longo de toda a superfície do fólio resulta em uma força R e um momento M (Figura 10) os quais atuam sobre o corpo (ANDERSON, 2001).

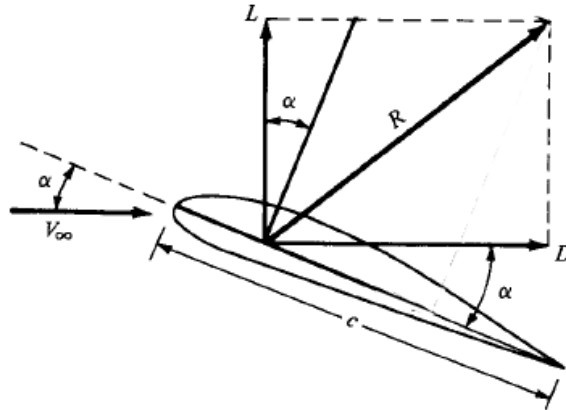
Figura 10 – Força e momento resultante.



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 16).

Conforme pode ser visto na Figura 11, a componente R pode ser decomposta em uma força tangencial a direção de escoamento livre (chamada de arrasto D) e outra ortogonal a direção de escoamento livre (chamada de sustentação L).

Figura 11 – Sustentação e arrasto.



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 16).

É importante observar que a sustentação é resultante da distribuição irregular da pressão ao longo do corpo, devido a uma configuração geométrica não simétrica da seção e/ou do ângulo de inclinação do fôlio. O detalhamento de ambos os efeitos foge ao escopo do trabalho, mas pode ser encontrado em Panton (2013) ou Carpenter e Houghton (2003).

2.5 A TEORIA DE LINHA DE SUSTENTAÇÃO

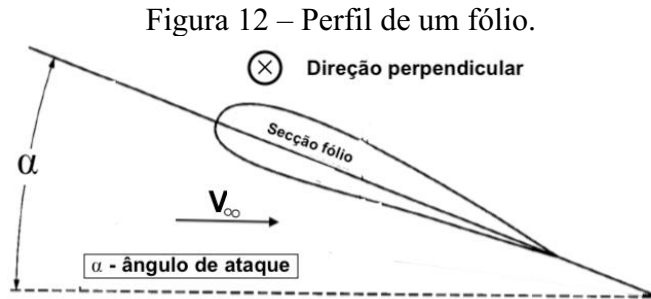
Anderson (2001) apresenta uma abordagem para o cálculo da sustentação que utiliza o teorema de Kutta-Joukowski para analisar as características do escoamento no entorno do corpo: campo de velocidade, circulação Γ^3 , densidade e velocidade de corrente livre. Nessa abordagem, a Equação 2 permite calcular a sustentação por unidade de envergadura de um fôlio sujeito a um escoamento uniforme.

$$L' = \rho_{\infty} * V_{\infty} * \Gamma \quad (2)$$

Nesse caso, a geometria analisada é modelada como um fôlio de envergadura infinita submetido ao escoamento, com velocidade de corrente livre V_{∞} , o qual incide em um ângulo α (ângulo de ataque), medido em relação linha de corda do perfil (Figura 12). Dada essas

³ Em aerodinâmica a circulação representa a existência de um valor finito para $\oint \vec{V} \cdot d\vec{s}$ sobre uma curva fechada C que englobe o corpo estudado (ANDERSON, 2001).

características, o fenômeno é governado pelo teorema de Kelvin e as condições de Kutta, as quais são tratadas a seguir (ANDERSON, 2011).



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 354).

Conforme visto em Anderson (2001), Kutta propôs três condições referentes ao comportamento do escoamento junto ao perfil do fólio. A primeira trata-se da observação de que um escoamento, em seus instantes iniciais, tende a se curvar no bordo de fuga no sentido da superfície inferior para a superfície superior. Porém, sabe-se que as magnitudes das velocidades nessa região são extremamente elevadas, sendo essa uma condição mantida por pouco tempo na natureza. Como resposta a esse cenário, nota-se que há um deslocamento do ponto de estagnação em direção ao bordo de fuga (Figura 13a). Como resultado o escoamento passa a contornar o formato do bordo de fuga (Figura 13b).

Figura 13 – Movimentação ponto de estagnação.



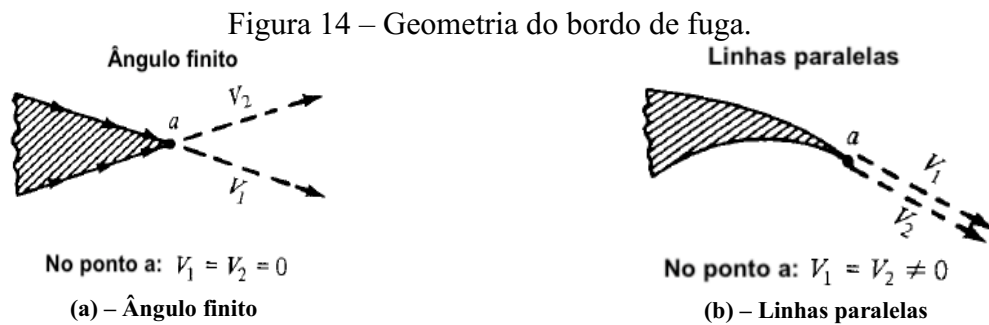
Fonte: Adaptado de Carlton (2007, p. 147) e Adaptado de Anderson (2001, p. 291).

A segunda e terceira condições estão relacionadas ao formato do bordo de fuga, o qual pode ser representado por duas linhas concorrentes (ângulo finito) ou do contrário, com duas linhas paralelas.

No primeiro caso (Figura 14a), as velocidades no entorno do corpo se encontram em um ponto do bordo de fuga. No entanto, como um ponto do escoamento deve possuir um

único valor de velocidade num dado instante, conclui-se que este ponto só pode constituir um ponto de estagnação do escoamento.

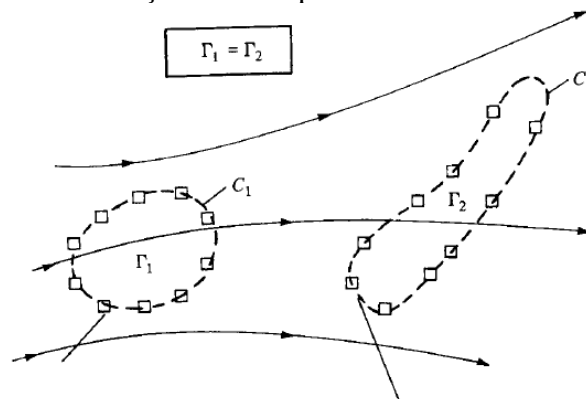
Já no segundo cenário, de linhas paralelas (Figura 14b), as velocidades possuem a mesma orientação, e, portanto, como estão em um mesmo ponto, necessariamente possuem a mesma magnitude.



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 293).

O teorema de Kelvin, também apresentado por Anderson (2011), constata que embora uma parcela de fluido possa sofrer variações no seu formato durante um escoamento (Figura 15), a circulação deve ser constante ao longo do tempo.

Figura 15 – Circulação de uma parcela fixa de um fluido.

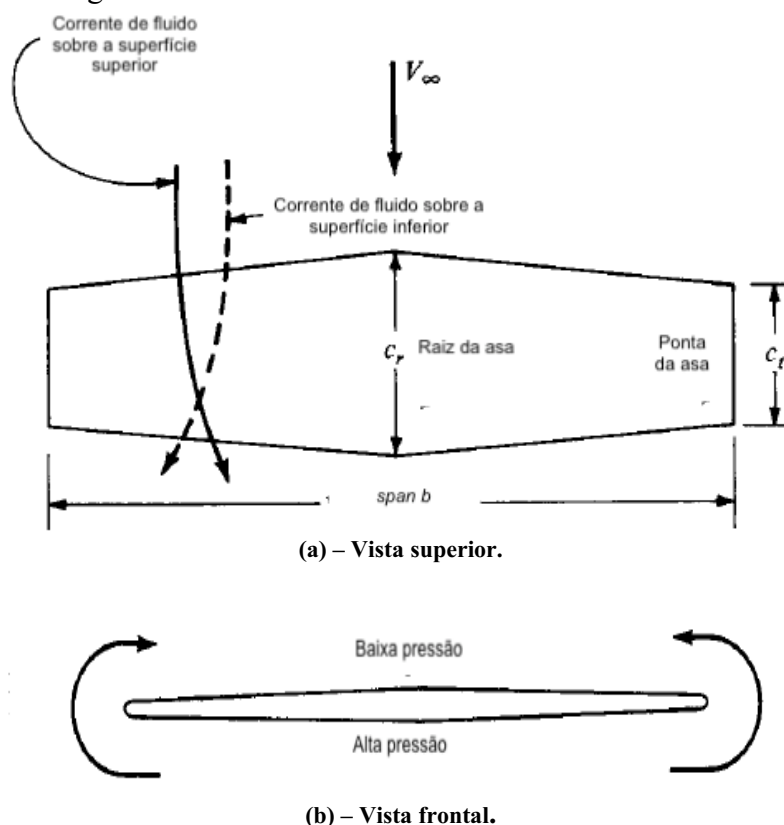


Fonte: Anderson (2001, p. 296).

Uma vez assimilado os conceitos envolvidos na análise de fólios, é possível expandi-los para a análise de uma asa finita. Nesse caso, a geometria analisada corresponde à um conjunto de seções dispostas em um arranjo com envergadura finita, consistindo em um corpo tri dimensional no qual incide um escoamento também tri dimensional (MISES, 1965).

Observando o escoamento ao longo uma asa (Figura 16), nota-se uma tendência do fluido seguir em direção as pontas da pá, devido ao gradiente de pressão existente entre a superfície inferior (alta pressão) e superior (baixa pressão).

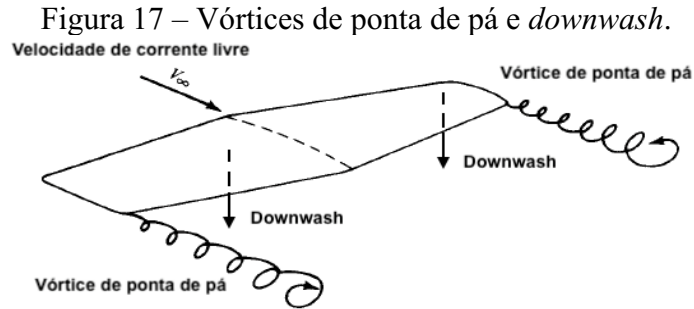
Figura 16 – Escoamento sobre uma asa finita.



Fonte: Adaptado de Anderson (2011, p. 352).

Devido a esse comportamento o escoamento tende a gerar vórtices de ponta de pá (Figura 17), que são responsáveis pela componente de velocidade induzida denominada *downwash*, as quais possuem direção vertical para baixo (ANDERSON, 2001). Sobre a componente *downwash*, Hurt Jr (1959) escreve:

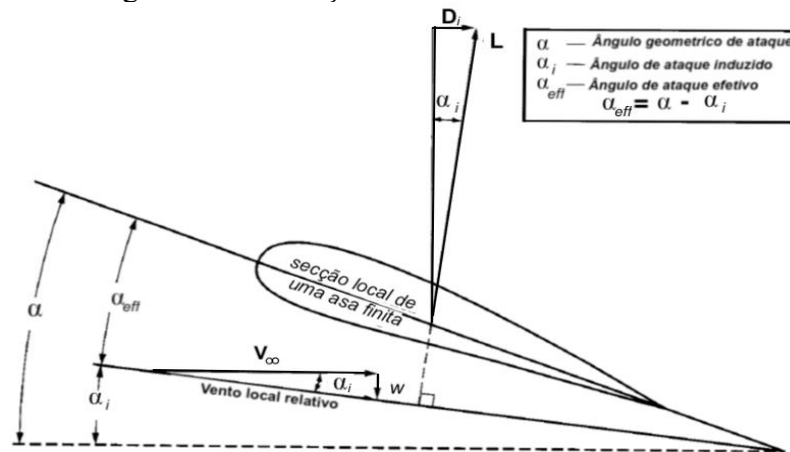
A presença da componente *downwash* resulta em uma componente local relativa do escoamento que altera o ângulo de ataque real entre a asa e o escoamento. Com isso, define-se um ângulo de ataque efetivo como a diferença entre o ângulo de ataque geométrico α e o ângulo induzido α_i , formado pelas componentes de velocidade de corrente livre e relativa do fluido (HURT JR, 1959).



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 353).

O cenário descrito resulta em um vetor de sustentação \vec{L} perpendicular ao vetor de velocidade relativa inclinado em um mesmo ângulo induzido, resultando em um vetor força conhecido como arrasto induzido \vec{D} (Figura 18).

Figura 18 – Interação entre asa e fluido.



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 354).

Uma vez compreendida a formação de vórtices, é possível quantificar as velocidades induzidas advindas desse fenômeno. Anderson (2001) apresenta uma abordagem matemática com a qual pode-se determinar a velocidade induzida V_i de um ponto em função da circulação conhecida do escoamento recorrendo-se a lei de Biot-Savart (Equação 3), a qual considera uma porção $d\vec{l}$ de um filamento de vórtice, com circulação Γ , distante \vec{r} do ponto P .

$$d\vec{V} = \frac{\Gamma}{4\pi} * \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{|\vec{r}|^3} \quad (3)$$

Caso o filamento se estenda de menos infinito até infinito, uma integração nesses limites resultará na velocidade induzida total decorrente do vórtice.

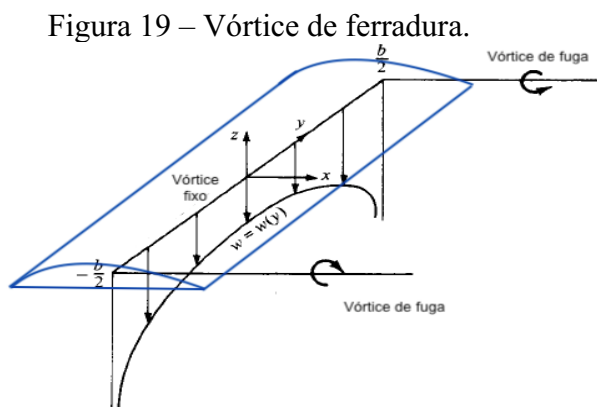
Ainda sobre o comportamento de vórtices, Anderson (2001) apresenta o teorema de Helmholtz sobre escoamentos incompressíveis e invíscidos o qual poder ser resumido em dois postulados. O primeiro refere-se a magnitude da força de um filamento de vórtice, que deve ser constante ao longo do comprimento do filamento. Já o segundo, diz que a extremidade de um filamento de vórtice não pode acabar no interior de um fluido, ele deve se estender até os limites do fluido, ou vir a formar um caminho fechado no interior do escoamento.

De acordo com Abbott e Doenhoff (1959), a teoria de linha de sustentação foi inicialmente desenvolvida por Prandtl e colegas durante a década de 1910, utilizando o teorema de Helmholtz. O objeto de estudo tratava-se de um filamento linear de vórtice contido em um escoamento e sujeito à ação de uma força de sustentação. Esse filamento localizava-se sob uma asa finita de envergadura igual a “b” e ligava os vórtices das pontas da asa (vórtices de fuga). Tal configuração, contendo um vórtice fixo sobre a asa em combinação com os vórtices nas pontas de asa, denomina-se *horseshoe vortex* ou vórtice de ferradura (Figura 19).

Como apresentado anteriormente, a presença de vórtices sob o perfil de uma asa irá resultar na componente *downwash*. Portanto, devido ao vórtice fixado sobre a asa, haverá uma distribuição do *downwash* descrita pela Equação 4 e que considera a abordagem de Biot-Savart para um filamento com as ponta nas extremidades do escoamento.

$$w(y) = -\frac{\Gamma}{4\pi} * \frac{b}{(b/2)^2 - y^2} \quad (4)$$

Embora a equação anterior represente a distribuição da velocidade induzida, ela não o faz de forma consistente, pois nas extremidades $y = b/2$ e $y = -b/2$, apresentará valores que tendem a menos infinito, tornando-se inconsistente nesses pontos do domínio (Figura 19).

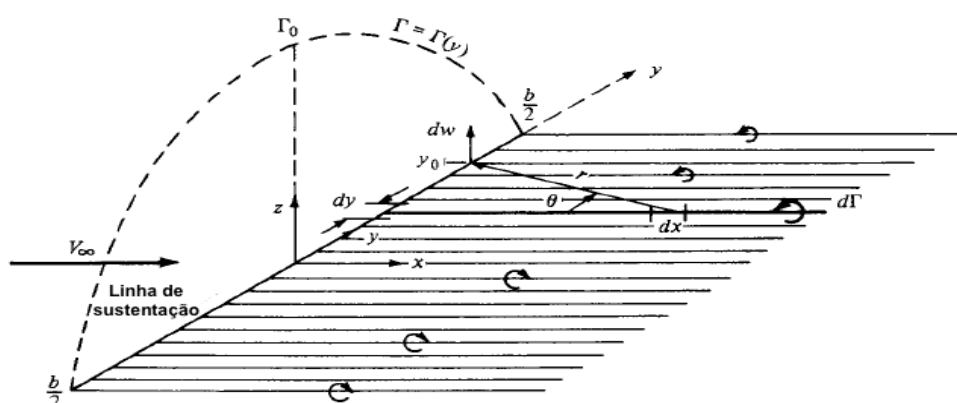


Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 362).

Para contornar o problema anterior e obter uma solução consistente, Prandtl propôs uma modelagem com infinitos vórtices de ferradura dispostos linearmente sob a asa, originando assim a chamada linha de sustentação.

A determinação de infinitos vórtices de ferradura dispostos ao longo da envergadura de uma asa, os quais se estendem ao longo do escoamento, formam o que é conhecido como folha de vórtices (Figura 20). As características dessa folha de vórtices definem a distribuição de circulação $\Gamma(y)$ ao longo da linha de sustentação (MISES, 1959).

Figura 20 – Representação com infinitos vórtices.



Fonte: Adaptado de Anderson (2001, p. 364).

Considere um vórtice de bordo de intensidade $d\Gamma$ que intercepta a linha de sustentação na coordenada y (Figura 20). Considere também uma localização arbitrária y_0 ao longo da linha de sustentação. Conforme visto em Anderson (2001), qualquer segmento do vórtice de bordo dx irá induzir uma velocidade em y_0 com magnitude e direção dada pela lei de Biot-Savart (Equação 3). Com isso a velocidade induzida dw em um ponto y_0 por todo um vórtice de fuga semi-infinito localizado em uma cota y é representada pela Equação 5.

$$dw = -\frac{(d\Gamma/dy)dy}{4*\pi(y_0-y)} \quad (5)$$

Consequentemente a velocidade induzida total é obtida integrando-se a Equação 5 ao longo da folha de vórtice, ou seja, ao longo de toda a linha de sustentação (Equação 6).

$$w(y_0) = -\frac{1}{4*\pi} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{(d\Gamma/dy) dy}{y_0 - y} \quad (6)$$

Uma vez determinada a velocidade induzida em um ponto da linha de sustentação, outras variáveis podem ser calculadas, para obter-se uma descrição completa do escoamento.

Dentre elas está o ângulo induzido em uma determinada secção (Equação 7), e o ângulo efetivo, obtido a partir da circulação $\Gamma(y_0)$, da velocidade de corrente livre V_∞ , do comprimento de corda $c(y_0)$ e do ângulo de sustentação zero (Equação 8).

$$\alpha_i(y_0) = \frac{1}{4\pi V_\infty} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{(d\Gamma/dy) dy}{y_0 - y} \quad (7)$$

$$\alpha_{eff} = \frac{\Gamma(y_0)}{\pi V_\infty c(y_0)} + \alpha_{L=0} \quad (8)$$

Utilizando a definição de ângulo efetivo (Equação 8), pode-se aplicá-la para o ângulo geométrico de ataque, o que resulta na Equação 9, a qual consiste na principal equação da teoria de linha de sustentação proposta por Prandtl.

$$\alpha(y_0) = \frac{\Gamma(y_0)}{\pi V_\infty c(y_0)} + \alpha_{L=0} + \frac{1}{4\pi} \int_{-b/2}^{b/2} \frac{(d\Gamma/dy) dy}{y_0 - y} \quad (9)$$

Mises (1959) destaca a importância da compreensão da equação acima, a qual possui apenas uma variável desconhecida, a circulação $\Gamma(y_0)$. Com isso, a solução da equação exigirá a determinação dessa variável, sendo esse o principal foco dos estudos aerodinâmicos.

Por fim, são apresentadas outras equações importantes que decorrem da solução do problema anterior, como a sustentação total L (Equação 10) e o arrasto induzido total D_i (Equação 11).

$$L = \rho_\infty * V_\infty * \int_{-b/2}^{b/2} \Gamma(y_0) dy \quad (10)$$

$$D_i = \rho_\infty * V_\infty * \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} \Gamma(y_0) * \alpha_i(y_0) dy \quad (11)$$

2.6 SERIE B DE WAGENINGEN

No cenário naval, o uso de séries sistemáticas é uma abordagem tradicionalmente empregada no projeto de diversos sistemas de uma embarcação, pois reúne uma grande quantidade de dados empíricos de sistemas de difícil modelagem ou alto custo experimental.

No entanto, a construção de séries sistemáticas requer a coleta de uma grande quantidade de dados empíricos, tornando-se um empecilho nos casos em que as geometrias ensaiadas são grandes e/ou possuem alto custo de fabricação.

Embora propulsores do tipo hélice não possuam um custo de fabricação comparável ao de um casco de navio, os ensaios são complexos e custosos. Sendo assim, existem poucas séries sistemáticas disponíveis para o projeto de propulsores navais⁴.

Embora raras, de acordo com Carlton (2007), as séries para propulsores são uma grande ferramenta para um projetista, justamente pela disposição de dados que ajudam na compreensão dos fatores influentes, tanto em relação a eficiência quanto à cavitação.

Segundo Kuiper (1992), a primeira publicação referente ao tema é de autoria de van Lammeren, sendo datada de 1936. Nesse trabalho o autor apresentou os resultados de ensaios de águas abertas para 5 hélices de 4 pás com EAR igual a 0,40 e passo variado sistematicamente. Essa série recebeu o nome de “Série A”

Todavia, mesmo que o número de variações fosse razoável, seu uso era pouco recomendado, pois, devido ao formato estreito das pontas das pás, as geometrias estudadas exibiam altos níveis de cavitação em certas condições de operação. Diante disso, surge a série B, com a proposta de analisar propulsores com pontas de pás mais largas, além de mudanças no contorno do perfil que minimizavam os efeitos de cavitação anteriormente observados (KUIPER, 1992).

De acordo com Kuiper (1992), em sua forma atual, a série B é dividida em hélices de 2 a 7 pás, combinando diferentes valores de EAR e diferentes ângulos de passo; totalizando 120 geometrias distintas. Assim, o conjunto de informações é amplo e confiável, sendo ideal para o objetivo de validação deste trabalho. Para melhor caracterizar a amplitude da série, na Tabela 1 são mostrados as características e os limites das geometrias ensaiadas.

Tabela 1 – Abrangência da série B.

Número de hélices da série	Domínio dos parâmetros			D (mm)	R _{Cubo} / R
	Z	EAR	P/D		
≈120	2-7	0,3-1,05	0,6-1,4	250	0,169

Fonte: Adaptado de Carlton (2007, p. 103).

É importante ressaltar que apenas parâmetros geométricos que influenciam nas propriedades propulsiva são considerados, limitando outros tipos de análises. Sendo assim, a série é indicada para prever características de funcionamento como, por exemplo, empuxo, número de revoluções e torque (KUIPER, 1992).

⁴ Em meados da década de 30 é fundado o MARIN na Holanda na cidade de Wageningen sendo inicialmente dirigido por L. Troost cujos primeiros experimentos deram origem a série de propulsores mais famosa da história.

No Anexo 1 são mostrados exemplos de alguns modelos de hélices da série B com 4 e 5 pás, diferentes razões passo/diâmetro e diferentes razões de área expandida.

2.7 CURVAS DE DESEMPENHO DE UM PROPULSOR DO TIPO HÉLICE

Um dos resultados mais preciosos da construção de série B é a disponibilização de dados de desempenho propulsivo na forma de gráficos conhecidos como “diagrama de águas abertas”. Como próprio nome indica, tais dados referem-se aos resultados dos hélices ensaiados com escoamento limpo, sem a interferência de um casco a frente do propulsor.

Cada diagrama contém 3 curvas de desempenho (K_T , K_Q e η), as quais descrevem a variação de parâmetros adimensionais em função do coeficiente de avanço J (Equação 12) cuja definição consiste na razão entre a velocidade de avanço V_a e o produto rotação N e diâmetro D (KUIPER, 1992).

$$J = \frac{V_a}{N * D} \quad (12)$$

O parâmetro K_T descreve empuxo “ T ” produzido pelo hélice ao trabalhar no ponto de operação J , cujo valor é adimensionalizado considerando o produto do diâmetro D elevado a quarta potência, rotação N elevada a segunda potência e densidade do fluido ρ (Equação 13).

$$K_T = \frac{T}{\rho * N^2 * D^4} \quad (13)$$

Já a curva K_Q (Equação 14) representa o torque “ Q ” exigido pelo eixo do hélice para funcionar no ponto de operação J , sendo adimensionalizado pelo produto do diâmetro elevado a quinta potência, rotação a segunda potência e densidade do fluido ρ . Em geral, na série B, os valores de K_Q são uma ordem de grandeza menores do que os valores de K_T e, por essa razão, costuma-se utilizar uma escala de 10 K_Q na construção dos diagramas de águas abertas.

$$K_Q = \frac{Q}{\rho * N^2 * D^5} \quad (14)$$

Finalmente, o parâmetro η refere-se à eficiência do hélice ao trabalhar no ponto de operação J , sendo definido como a razão entre a potência propulsiva gerada pelo hélice e a potência consumida pelo hélice durante a operação (Equação 15).

$$\eta = \frac{K_T * J}{2 * \pi * K_Q} \quad (15)$$

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para a realização dos objetivos propostos, destacando o processo de trabalho, as técnicas e as ferramentas utilizadas.

Seguindo o planejamento mostrado na Figura 21, primeiramente o programa *OpenProp* será apresentado de maneira prática, familiarizando o leitor com seu funcionamento e sua interface, dando enfoque aos procedimentos associados à análise de propulsores do tipo hélice.

Figura 21 – Fluxograma do processo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Em seguida será realizada a validação da técnica/ferramenta a qual será realizada a partir da modelagem de um hélice da série B cujas características geométricas e de desempenho são conhecidas e documentadas na literatura.

Instruído o leitor sobre a ferramenta e validados os resultados obtidos, será dado início a etapa de análise paramétrica, na qual analisa-se um conjunto de geometrias cujas características são variadas sistematicamente buscando-se compreender a influência de tais variações no desempenho do propulsor.

3.1 APRESENTAÇÃO DO OPENPROP

Como dito anteriormente, a ferramenta utilizada trata-se de um conjunto de códigos abertos desenvolvido por pesquisadores do MIT para o ambiente Matlab. É importante observar que a ferramenta se encontra disponível na página oficial dos desenvolvedores (DARTMOUTH ENGINEERING, 2014).

Conforme já antecipado, segundo Epps (2010), o programa é baseado na teoria de linha de sustentação, sendo apropriado para análise de propulsores tipo hélice empregados em veículos e em turbinas.

Uma vez baixado o programa, será criado um arquivo com nome e a versão⁵ correspondente que, ao ser aberto existirá quatro pastas: *Defaut Propeller*, *Examples*, *Reference* e *Source Code*. Por sua vez, a pasta *Source Code* contém uma série de arquivos de extensão “.m”, os quais contém as funções⁶ necessárias para a execução do programa.

Para realizar uma análise, deve-se iniciar o Matlab e indicar o diretório no qual encontra-se a pasta *Source Code*. Feito isso, deve-se selecionar o arquivo de nome “*OpenPropSingle.m*” o qual contém em seu cabeçalho as instruções e orientações sobre o programa. Uma vez executado o código, uma interface GUI será criada (Figura 22).

Figura 22 – Interface do *OpenProp* versão 3.3.4.

The screenshot shows the OpenProp v3.3.4 GUI interface. The window title is "OpenProp v3.3.4". The interface is divided into several sections:

- Specifications:** A list of input parameters including Number of blades (3), Rotation speed (RPM) (200), Rotor diameter (m) (2), Required thrust (N) (25000), Ship speed (m/s) (5), Hub diameter (m) (0.4), Fluid density (kg/m³) (1020), # radial panels (20), and # chordwise panels (20).
- Blade Design Values:** A table with columns for r/R, c/D, Cd, t₀/D, Skew, and Rake. The table contains 10 rows of data for different radial positions.
- Inflow Profile Values:** A table with columns for r, Va/Vs, and Vt/Vs, currently empty.
- Options:** A panel with radio buttons for "Propeller" (selected) and "Turbine", and checkboxes for "Hub", "Chord optimization", "Viscous forces", "Optimization plots", "Geometry plots", and "Performance curve".
- Airfoil type:** A section with dropdown menus for "Meanline type" (set to "NACA a=0.8") and "Thickness type" (set to "NACA 65A010").
- Ducted Propeller:** Input fields for "Thrust Ratio" (1), "Duct section drag (Cd)" (0.008), and "duct D / prop D" (1).
- Non-dimensional Parameters:** Calculated values for J = V/nD = 0.75, L = omega*R/V = 4.18879, CT = T/(1/2*rho*V^2*pi*R^2) = 0.624137, and KT = T/(rho*n^2*D^4) = 0.137868.
- Tools:** A "Filename prefix" field set to "DefaultPropeller" and three buttons: "Load", "Save", and "Run OpenProp".

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

⁵ A versão aqui utilizada trata-se da 3.3.4, podendo haver atualizações, que comumente encontram-se comentadas nas linhas de código. Porém, o propósito e a estrutura do programa tendem a serem mantidos.

⁶ Tais funções podem ser alteradas de acordo com a necessidade do usuário.

Ao analisar a Figura 22, nota-se que a interface possui vários campos onde os dados referentes ao propulsor devem ser inseridos de acordo com a análise a ser realizada.

Iniciando pelo canto superior esquerdo, constata-se uma área destinada ao número de pás, velocidade de rotação, diâmetro do hélice, empuxo requerido, velocidade do navio, diâmetro do cubo do eixo, densidade do fluido e discretização do número de painéis tanto na direção radial quanto na linha da corda utilizados na análise e geração da geometria.

No canto inferior esquerdo estão os dados relacionados à propulsores que utilizam tubulões tais como: razão de empuxo, coeficiente de arrasto da secção com ducto C_d e razão diâmetro do ducto/diâmetro do hélice.

Ao centro encontra-se a tabela “*Blade Design Values*”, a qual contém valores utilizados para descrever a geometria do hélice e que são expressos em função da razão r/R . Todos os valores alocados nessa tabela consideram as propriedades de cada uma das seções incluídas na modelagem da pá do hélice. Na segunda coluna tem-se os valores de c/D , os quais consideram a razão entre o comprimento de corda da secção e o diâmetro total. Na terceira coluna, encontra-se o coeficiente de arrasto C_d para cada secção da pá⁷. Já a quarta coluna t_0/D , representa a razão entre a espessura máxima da secção em relação ao diâmetro total. Por fim, na quinta e sexta coluna encontram-se os valores referentes aos ângulos de *skew* e o *rake*, adimensionalizados pelo diâmetro total do propulsor.

Também ao centro existe uma área destinada ao detalhamento do escoamento ao longo da pá, permitindo que sejam inseridas informações sobre a velocidade de avanço e velocidade tangencial em cada seção. Porém, para a análise proposta (simulação do propulsor em águas abertas) tais dados não se fazem necessários, pois esses dados devem ser utilizados apenas em casos nos quais existe uma distribuição não homogênea de velocidades em decorrência da esteira induzida pela presença do casco do navio a frente do propulsor.

Na janela contida no canto direito é possível escolher entre analisar um propulsor ou uma turbina. Além disso, existem opções associadas à análise da influência do cubo do propulsor, à otimização do comprimento de corda, à atuação de forças viscosas e às configurações de plotagem. Juntamente com essa janela existe outra destinada a selecionar o tipo de perfil da seção.

Já na região inferior, são apresentados os parâmetros adimensionais associados a integração casco hélice, calculados em função da velocidade de avanço considerada na análise, sendo eles: o coeficiente de avanço J , o coeficiente de empuxo K_T e o coeficiente

⁷ A inclusão do coeficiente C_d permite que o código inclua os efeitos de viscosidade no cálculo do desempenho do propulsor, uma que vez a teoria de linha de sustentação considera o fluido incompressível e inviscido.

C_T , além do coeficiente de razão da velocidade de ponta de pá L . Uma vez que o objetivo do trabalho reside apenas na determinação das curvas de desempenho do propulsor operando em águas abertas, o preenchimento de tais campos não se faz necessário.

Por fim o campo “*Tools*” contém os comandos de abrir/salvar um projeto, restaurar a configuração padrão da interface e executar a análise.

Uma vez apresentado o programa, sua interface e todos os campos necessários para realizar uma análise, pode-se passar à fase de verificação e validação da ferramenta, além da variação paramétrica proposta neste trabalho.

3.2 DESCRIÇÃO DA VALIDAÇÃO DA TÉCNICA E FERRAMENTA

Conforme já mencionado, a análise utilizará a ferramenta Matlab, uma linguagem computacional de alto nível para atividades de programação, em especial aquelas que envolvem métodos numéricos. Embora tal programa não seja gratuito⁸, ele se faz necessário, pois as rotinas utilizadas se mostraram incompatíveis com outras linguagens de acesso livre, tais como *Octave* e *Python*.

O procedimento consiste na definição das características geométricas do propulsor, para em seguida, calcular as curvas de desempenho referentes a geometria proposta.

Primeiramente é apresentada um comparativo entre a técnica dos polinômios interpoladores apresentado por Kuiper (1992) e implementado por Mendes (2015). Tal processo se faz necessário uma vez que a ferramenta utilizada por Mendes (2015) foi desenvolvida no Excel, enquanto o presente trabalho utiliza a linguagem Matlab.

Dito isto, prosseguindo com a etapa de validação, será realizada a modelagem tridimensional de um hélice padrão pertencente a série B de Wageningen, a qual foi escolhida devido ao seu grau de consolidação no cenário naval, possuindo, inclusive resultados experimentais confiáveis.

Por fim, como abordado no capítulo 3.1, para a utilização do programa *OpenProp* se faz necessário a descrição da geometria do hélice, portanto, tais dados são obtidos seguindo a abordagem proposta por Kuiper (1992) que será apresentada em um capítulo posterior. Definida a geometria, é feito a comparação entre os resultados obtidos pela técnica dos polinômios interpoladores com aqueles obtidos utilizando a teoria de linha de sustentação presente no *OpenProp*.

⁸ Destaca-se que a UFSC possui licenças suficientes do programa Matlab para viabilizar o desenvolvimento proposto.

3.3 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE PARAMÉTRICA

Uma vez consolidada a etapa anterior, será realizada uma análise paramétrica da eficiência do propulsor através de variações sistemáticas do importante parâmetro c/D .

Inicialmente são escolhidos dois hélices com números de pás e razão EAR diferentes, de modo que seja possível investigar o comportamento dos diagramas de águas abertos obtidos. Buscando uma maneira de restringir possíveis interferências, parâmetros como empuxo, velocidade de avanço, velocidade de rotação etc. permaneceram inalterados durante a análise desses dois propulsores.

Finalizado essa análise inicial, é proposto um novo estudo que visa expandir os resultados obtidos anteriormente. Para isso, novas combinações de número de pás e razão EAR são selecionadas a fim de abranger uma gama maior de propulsores comumente utilizados por embarcações de médio e grande porte.

4 DESENVOLVIMENTO

Buscando obter credibilidade ao desenvolvimento realizado, conduziu-se um estudo acerca da confiabilidade das rotinas de cálculos presentes no *OpenProp*. Sendo assim, é apresentada a comparação entre os resultados obtidos usando o método numérico descrito no capítulo anterior e aqueles disponíveis na literatura.

4.1 VALIDAÇÃO DA TÉCNICA E FERRAMENTA UTILIZADA

Para essa etapa optou-se por analisar o hélice da série B denominado B4-85 (quatro pás e EAR igual a 0,85), cujos diagramas de águas abertas originais são mostrados em Kuiper (1992), e cujos dados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados do propulsor para validação.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Diâmetro	D	0,25 m
Número de pás	Z	4
Razão de área expandida	EAR	0,85
Rotação	N	15 rps
Massa específica água salgada	ρ	1.025 kg/m ³
Coefficiente de avanço	J	0 – 1,15

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Entretanto, vale ressaltar que a técnica dos polinômios requer uma discretização tanto dos valores de P/D analisados, como dos J calculados. Assim, os valores obtidos são sensíveis aos intervalos de discretização utilizados. Buscando um compromisso entre o tempo de processamento e a qualidade da resposta, este trabalho considera valores de P/D entre 0,5 e 1,4 com intervalos de 0,1⁹; além de calcular as curvas de desempenho para 100 valores de J igualmente espaçados entre 0,1 e 1,6. Por fim, para uma melhor visualização das curvas, é adicionada a análise referente a J igual a 0,001.

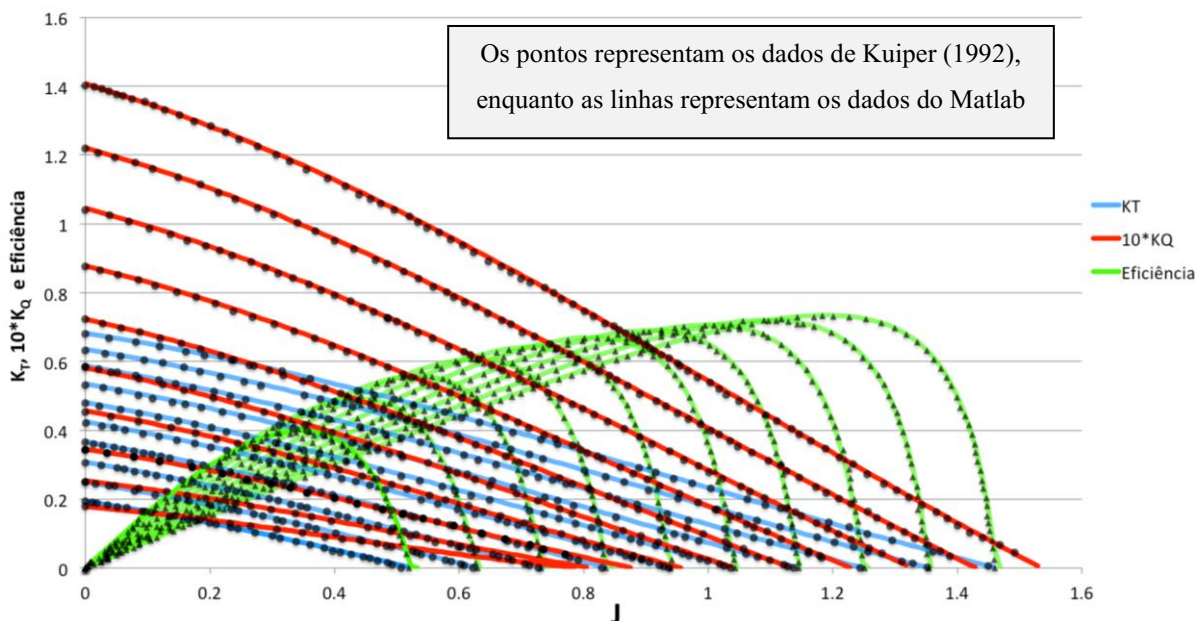
Como mencionado anteriormente, os dados obtidos através dos polinômios podem e devem ser conferidos com os diagramas apresentados por Kuiper (1992). Sendo assim, para verificar o algoritmo desenvolvido, ambos os resultados obtidos são comparados (Figura 23). Tal comparação foi realizada com o auxílio da ferramenta WebPlotDigitized¹⁰,

⁹ Essa discretização é semelhante àquela observada em Kuiper (1992).

¹⁰ Disponível em: <https://chrome.google.com/webstore/detail/webplotdigitizer> Acesso em: 18 jun. 2020.

a qual foi utilizada na extração dos resultados experimentais publicados por Kuiper (1992) na forma gráfica.

Figura 23 – Kuiper x Polinômios interpoladores Matlab (hélice B4-85).



Fonte: Adaptado de Kuiper (1992, p. 120).

A comparação entre os diferentes valores das curvas de desempenho K_T , K_Q e η , nas diferentes geometrias analisadas, pode ser vista no Apêndice A. Entretanto o resumo estatístico para as curvas com P/D igual a 0,5 e 1,0 (Tabela 3¹¹) permite concluir que o procedimento desenvolvido apresenta resultados consistentes com a literatura, com níveis de erro próximos aos níveis de erro associados a leitura dos gráficos de Kuiper (1992).

Tabela 3 – Validação do algoritmo de interpolação polinomial.

Passo / Diâmetro	Parâmetro	Símbolo	Erro Médio	Desvio Padrão	Erro Máximo
0,5	Coeficiente de Empuxo	K_T	0,2645%	0,001674	0,7109%
	Coeficiente de Torque	K_Q	0,0379%	0,000441	0,0923%
	Eficiência	η	0,8946%	0,009069	2,0794%
1,0	Coeficiente de Empuxo	K_T	0,2722%	0,002754	0,5154%
	Coeficiente de Torque	K_Q	0,2959%	0,002995	0,5747%
	Eficiência	η	0,8305%	0,012049	3,6097%

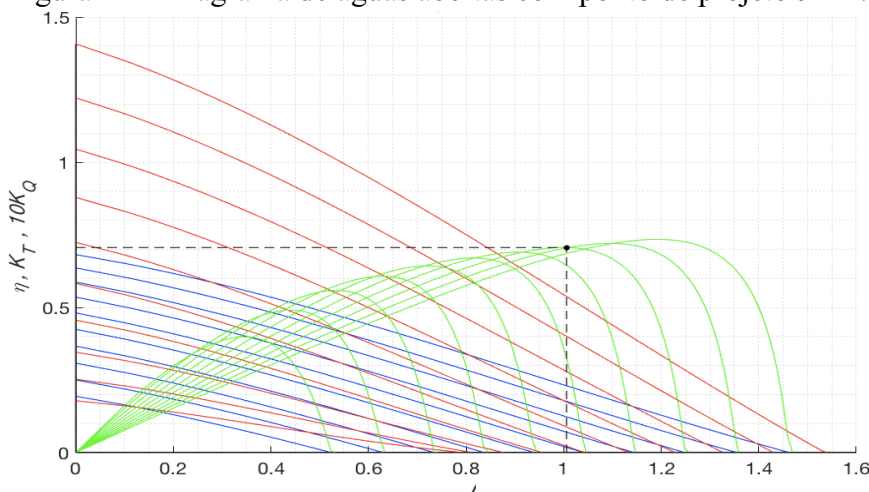
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Uma vez validado o algoritmo de estimativa de desempenho de propulsores da série B usando o polinômio interpolador proposto por Kuiper (1992), a rotina foi adaptada para

¹¹ Devido as dificuldades de captura dos valores de J a partir da leitura do gráfico de Kuiper (1992), optou-se pela apresentação das curvas com $P/D = 0,5$ e $P/D = 1,0$.

fornecer valores para um determinado coeficiente de avanço J (Figura 24), permitindo assim a comparação objetiva com a técnica de linhas de sustentação implementada.

Figura 24 – Diagrama de águas abertas com ponto de projeto $J = 1$.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Assim, aplicando-se as características do propulsor descritas na Tabela 2 e utilizando-se a rotina desenvolvida com base nos polinômios interpoladores, obteve-se as características de desempenho enumeradas na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados rotina de polinômios interpoladores implementada.

J_{OP}	K_T	K_Q	Eficiência η	Empuxo T (N)	P/D
1,00604	0,123086	0,0279018	0,706336	110,88	1,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Por fim, os dados acima foram utilizados na validação da ferramenta *OpenProp* como será discutido a seguir. Convém reforçar novamente que eventuais diferenças podem estar associadas ao procedimento de discretização dos valores utilizados na análise.

Como visto anteriormente, o código do *OpenProp* necessita da descrição da geometria do hélice por meio dos parâmetros geométricos apresentados na seção 3.1.

Primeiramente deve-se calcular o comprimento de corda para cada secção das pás ao longo do raio (Equação 16). Ao analisar essa equação, nota-se que a constante $K(r)$ é dada como função do raio. Portanto, como as outras variáveis são fixas para cada modelo de hélice, tal constante torna-se responsável por determinar o contorno das pás.

$$c(r) = \frac{K(r) * D * EAR}{Z} \quad (16)$$

Completando a caracterização da geometria do hélice, deve-se definir a razão entre a espessura da seção e o diâmetro do propulsor t_0/D para cada seção das pás. Tais valores são descritos em Kuiper (1992) e não são objeto deste trabalho.

Posteriormente calcula-se o ângulo de *skew* (Equação 17) e de *rake* (Equação 18) a partir dos valores propostos na literatura para os coeficientes *skew/c* e *rake/D* tomados em cada cota r . É importante observar que, de acordo com Kuiper (1992), em se tratando da série B, as geometrias possuem um ângulo de *rake* constante de 15° .

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{skew}{\left(\frac{r}{R}\right)*D*0,5}\right) \quad (17)$$

$$rake = \left(\frac{r}{R}\right) * \tan(15^\circ) * 0,5 \quad (18)$$

Na Tabela 5 são resumidos os valores utilizados na análise do hélice B4-85 (Z igual a 4, EAR igual a 0,85 e D igual a 0,25 m), conforme modelo geométrico originalmente proposto por Kuiper (1992).

Tabela 5 – Descrição da geometria hélice B4-85.

r/R	$K(r)$	$skew/c(r)$	$c(r)$ (m)	$skew$ (m)	θ_s	$t_{máx}/D$	$rake/D$
0,2	1,6620	0,1170	0,0833	0,0097	22,4511	0,0366	0,0268
0,3	1,8820	0,1130	0,0999	0,0106	16,7663	0,0324	0,0402
0,4	2,0500	0,1010	0,1089	0,0104	12,4069	0,0282	0,0536
0,5	2,1520	0,0860	0,1143	0,0093	8,9400	0,0240	0,0670
0,6	2,1870	0,0610	0,1162	0,0067	5,3982	0,0198	0,0804
0,7	2,1440	0,0240	0,1139	0,0026	1,7894	0,0156	0,0937
0,8	1,9700	-0,0370	0,1047	-0,0036	-2,2175	0,0114	0,1071
0,9	1,5820	-0,1490	0,0840	-0,0118	-6,3515	0,0072	0,1205
1,0	-	-	-	-	-12,2690 *	0,0030	0,1339

* Valor obtido através da extrapolação da linha de tendência cúbica criada a partir dos valores de 0,2R e 0,9R.

Fonte: Adaptado de Kuiper (1992, p. 40 e p. 47)¹².

Como comentário adicional, é interessante observar que os hélices da série B possuem uma seção específica própria. Porém, como apontado por Kuiper (1992), a utilização do diagrama de águas abertas pode ser feita considerando hélices com seções diferentes, realizando apenas uma correção no ângulo de sustentação igual a zero. No entanto, como os ângulos de inclinação das seções das pás são parâmetros a serem otimizados pelo programa, não há meio de corrigi-los manualmente.

Sendo assim, acredita-se que a utilização dos parâmetros c/D e $t_{máx}/D$ para a modelagem das seções garante o grau necessário de semelhança com as seções descritas nos hélices da série B.

¹² A tabela original contida em Kuiper (1992) pode ser consultada nos Anexos.

Uma vez que a geometria tenha sido definida (Figura 25), é possível realizar a análise e obter as curvas de desempenho (K_T , K_Q e η); além dos valores referentes a um eventual ponto de operação do propulsor.

Figura 25 – Dados de entrada para análise.

The screenshot shows the OpenProp v3.3.4 software interface. It is divided into several sections:

- Specifications:** Number of blades: 4; Rotation speed (RPM): 900; Rotor diameter (m): 0.25; Required thrust (N): 110.88; Ship speed (m/s): 3.7726; Hub diameter (m): 0.0416; Fluid density (kg/m³): 1025; # radial panels: 20; # chordwise panels: 20.
- Blade Design Values:** A table with columns r/R, c/D, Cd, t0/D, Skew, and Rake. The table contains 10 rows of data for different radial positions.
- Inflow Profile Values:** A table with columns r, Va/Vs, and Vt/Vs.
- Options:** Includes checkboxes for Propeller (selected), Turbine, Hub (checked), Chord optimization, Viscous forces, Optimization plots, Geometry plots (checked), and Performance curve (checked). It also has dropdown menus for Airfoil type (Meanline type: NACA a=0.8, Thickness type: NACA 65A010).
- Ducted Propeller:** Thrust Ratio: 1; Duct section drag (Cd): 0.008; duct D / prop D: 1.
- Non-dimensional Parameters:** J = V/hD = 1.006; L = omega*R/V = 3.1228; CT = T/(1/2*rho*V^2*pi*R^2) = 0.30968; KT = T/(rho*n^2*D^4) = 0.12308.
- Tools:** Filename prefix: DefaultPropeller; Buttons for Load, Save, and Run OpenProp.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

É importante observar que, seguindo a orientação constante nas instruções do programa, para mitigar problemas de convergência numérica do algoritmo, utilizou-se um valor de c/D igual a 0,001 na seção localizada em r/R igual a 1. Além disso, manteve-se o coeficiente de arrasto Cd com o valor padrão de 0,008 para toda a extensão da pá.

Os resultados de desempenho do propulsor B4-85 analisado no ponto de operação J igual a 1 são sintetizados na Tabela 6, e mostram pouca divergência em relação aos resultados obtidos utilizando o algoritmo de polinômios interpoladores apresentado no capítulo anterior.

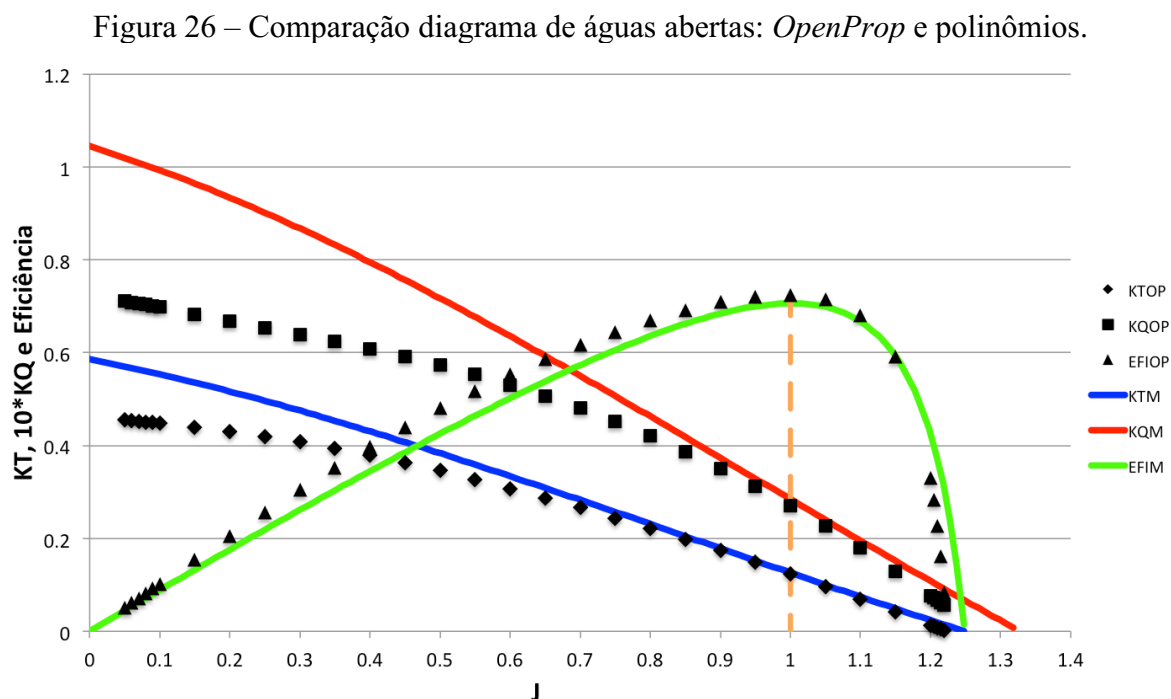
Tabela 6 – Comparação análise numérica e polinômio interpolador Kuiper (1992).

Parâmetros	Polinômio interpoladores	Experimental	OpenProp	Erro % *
J	1,00604	1,00000	1,00000	0,6004
K_T	0,123086	0,127	0,12308	0,0006
K_Q	0,0279018	0,028	0,027038	0,0864
η	0,70633	0,70000	0,71755	1,1250
T	110,88 N	111,62 N	110,88 N	0,0000
P/D	1,200	1,200	1,158	4,2000
EAR	0,85	0,85	0,80	5,0000
V_a	3,77 m/s	3,75 m/s	3,77 m/s	0,0000

* Medido entre o resultado do *OpenProp* e dos polinômios interpoladores.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Além dos dados referentes ao ponto de projeto, o programa permite ainda visualizar as curvas de desempenho para o propulsor analisado. Sendo assim, na Figura 26 é mostrada uma comparação qualitativa entre o diagrama gerado pelo programa *OpenProp* e aquele gerado pelo algoritmo de polinômios interpoladores.

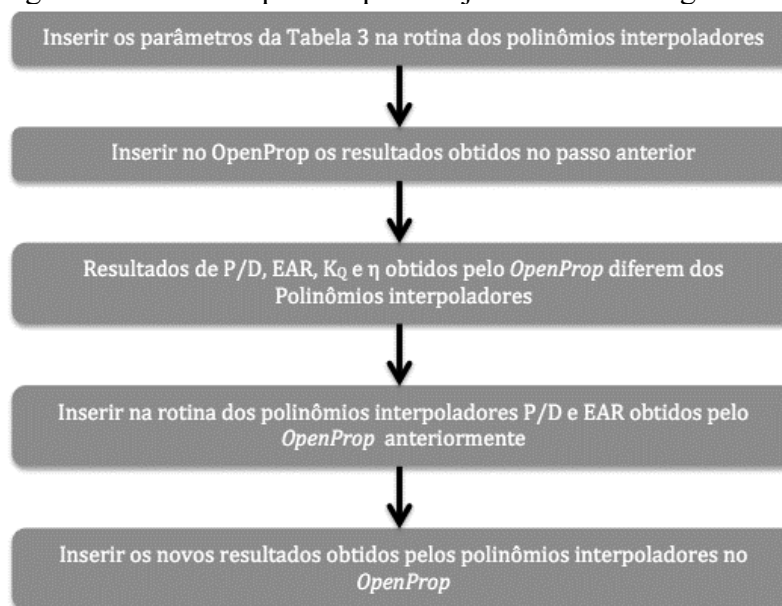


As diferenças observadas na Figura 30 podem ser melhor compreendidas observando-se (Tabela 6) que os valores de EAR e P/D calculados após a modelagem utilizando o *OpenProp* foram diferentes daqueles previstos na série sistemática e definidos como valores de entrada para a técnica dos polinômios interpoladores.

Uma vez que não se vislumbra alternativas que melhorem o algoritmo de modelagem utilizado no *OpenProp*, optou-se por ajustar os diagramas de desempenho obtidos pelo polinômio interpolador com os parâmetros calculados após a modelagem, seguindo o procedimento da Figura 27.

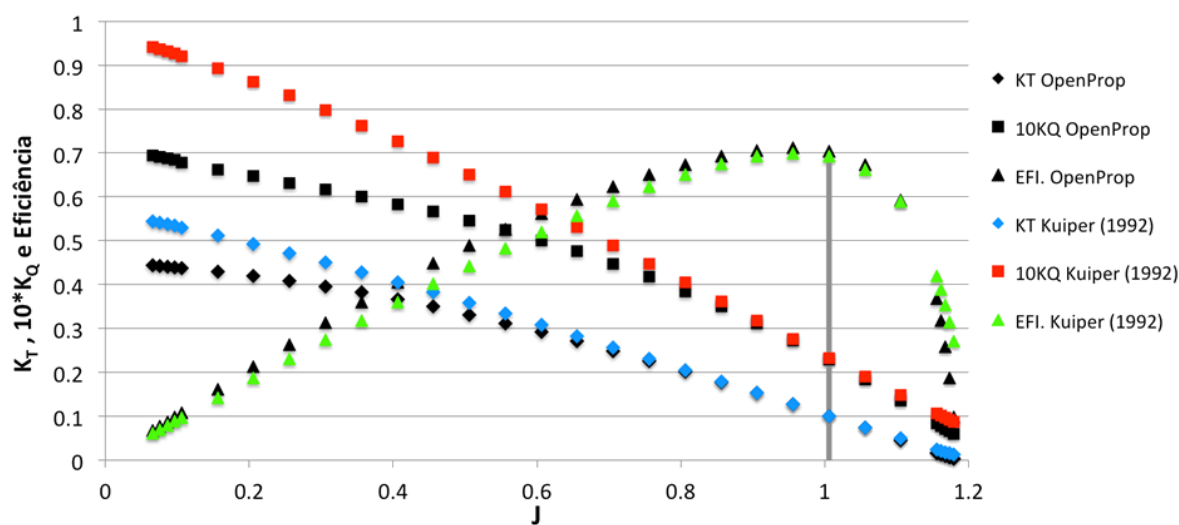
Seguindo o procedimento de ajuste proposto, apresenta-se na Figura 28 uma nova comparação entre os resultados numéricos obtidos no *OpenProp* com os resultados previstos pelo polinômio interpolador de Kuiper (1992). Já o resumo estatístico dos erros relativos referentes a cada parâmetro (K_T , K_Q e η) pode ser conferido na Tabela 7, enquanto os erros referentes a cada valor de J analisado são mostrados no Apêndice B.

Figura 27 – Rotina aplicada para o ajuste entre os diagramas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 28 – Comparação *OpenProp* x Polinômios interpoladores pós ajustes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 7 – Erro entre resultados *OpenProp* e polinômio interpolador.

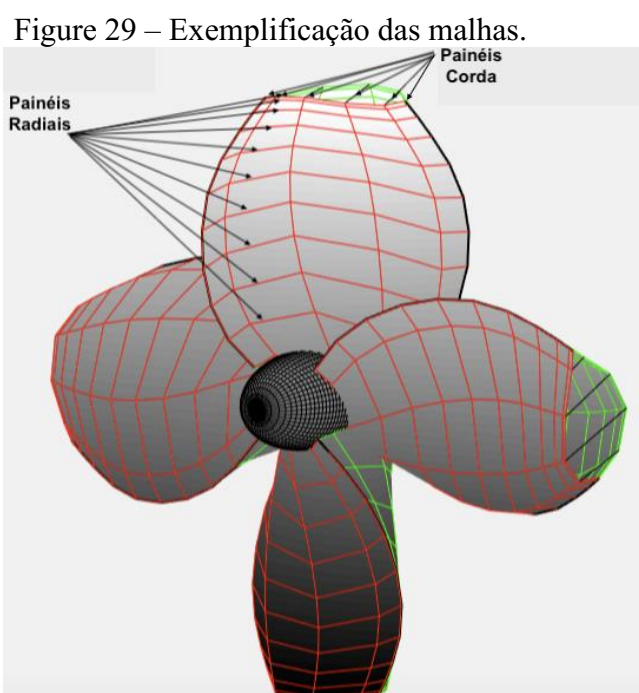
Parâmetro	Símbolo	Erro Médio	Desvio Padrão	Erro Máximo
Coefficiente de Empuxo	K_T	4,89%	0,04747	9,97%
Coefficiente de Torque	K_Q	1,37%	0,01377	2,84%
Eficiência	η	5,26%	0,05108	17,28%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.2 ESTUDO DE CONVERGÊNCIA DE MALHA

Uma vez que a técnica utilizada pelo *OpenProp* requer a integração de dados ao longo de painéis, o valor calculado dependerá da discretização utilizada no processo. Assim, nesta seção será apresentado um estudo sobre a influência da discretização nos resultados obtidos utilizando a técnica de linha de sustentação.

Como visto anteriormente, o programa possui uma malha dividida em duas direções. A primeira divisão ocorre no sentido radial ao longo do hélice, enquanto a segunda divisão ocorre na direção da seção da pá sobre a linha de corda (Figura 29). Em virtude da concisão textual elas serão tratadas como “painel radial” e “painel corda” ao longo do texto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

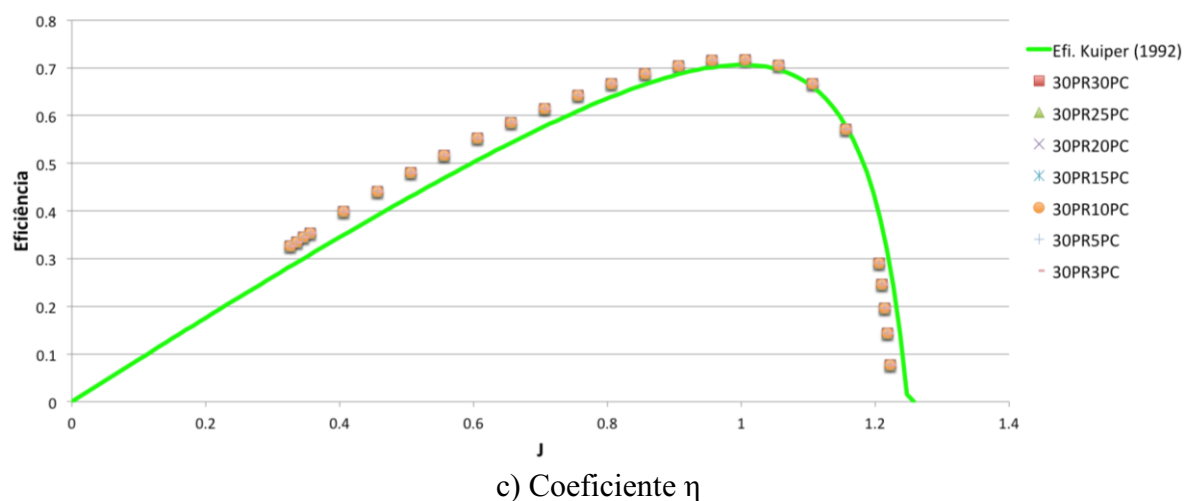
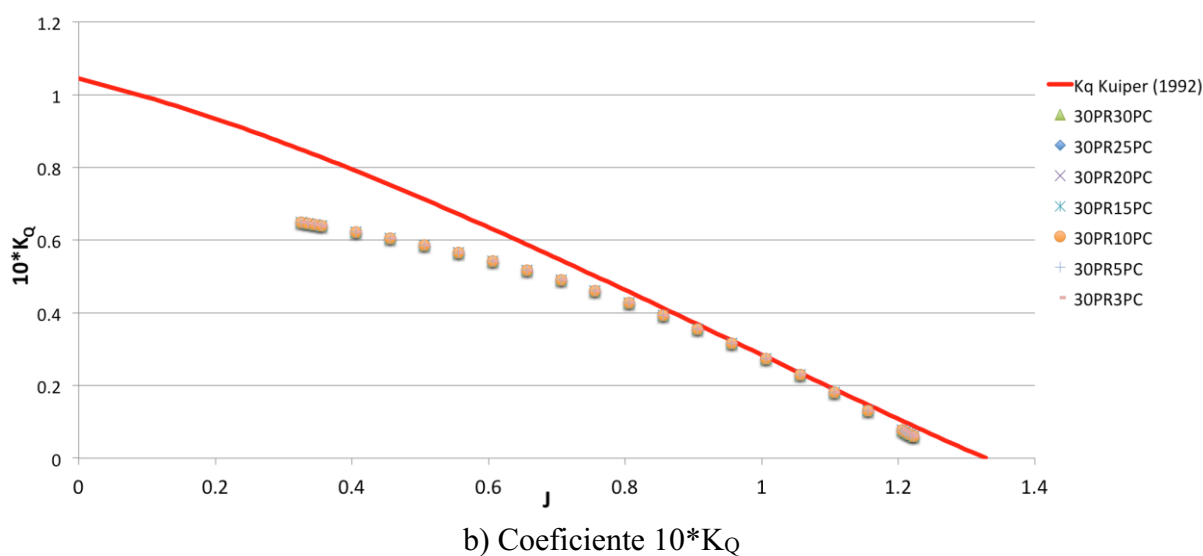
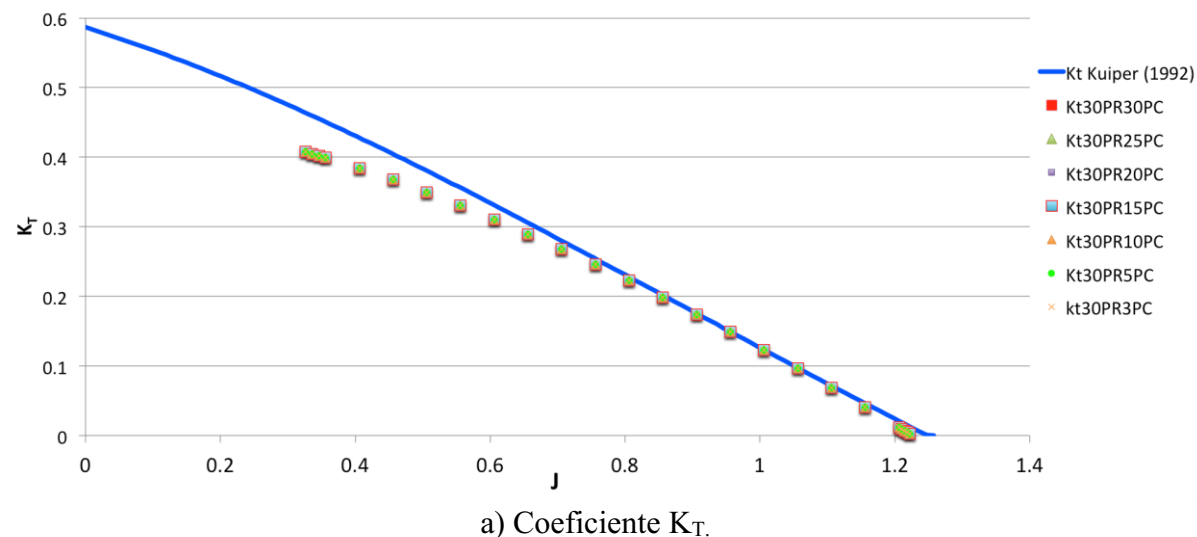
Vale ressaltar que, como abordado por Epps e Kimball (2013), os painéis no sentido da corda são necessários apenas para a geração da geometria tri dimensional, utilizada na técnica de superfície de sustentação, a qual não é o foco deste trabalho.

A discretização sugerida pelo programa consiste em 20 painéis radiais e 20 painéis corda. Sendo assim, o estudo de convergência de malha considerou os valores de discretização de 3, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 painéis em cada uma das direções.

Primeiramente, foi avaliada a influência do número de painéis corda na análise. Para isso realizou-se um conjunto de análises com 30 painéis radiais e com uma variação de

painéis corda entre 3 e 30. Os resultados referentes a convergência do coeficiente K_T (Figura 30a), coeficiente K_Q (Figura 30b) e eficiência (Figura 30c) são mostrados a seguir.

Figura 30 – Comparação 30 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com a intenção de preservar a objetividade do texto, os demais resultados gráficos, contendo as outras combinações, são mostrados no Apêndice B.

Portanto, uma vez que os dados foram coletados (Tabela 8¹³), escolheu-se as discretizações cujos resultados numéricos mais se aproximaram dos resultados experimentais estimados utilizando-se a técnica dos polinômios interpoladores.

Tabela 8 – Erros médio das diferentes malhas simuladas

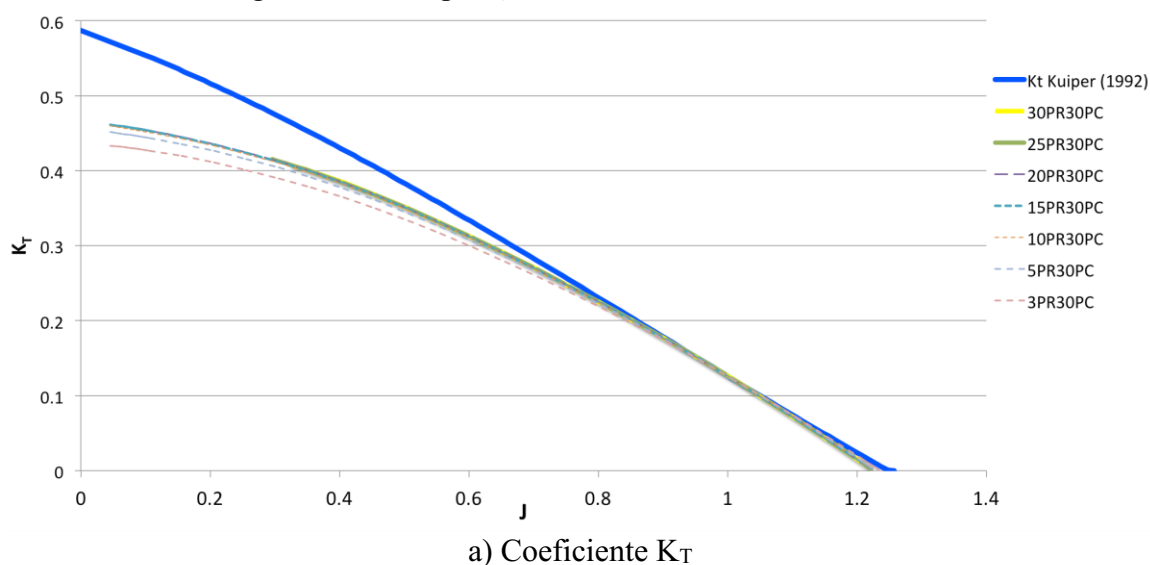
Painel Radial	Parcela	Painel Corda		
		20	15	5
30	K_T	5,62%	*	5,64%
	K_Q	2,01%	*	2,01%
	η	20,69%	*	20,72%
20	K_T	10,23%	10,23%	*
	K_Q	2,79%	2,79%	*
	η	20,48%	20,48%	*
5	K_T	12,09%	*	*
	K_Q	3,00%	*	*
	η	17,74%	*	*
3	K_T	*	*	13,89%
	K_Q	*	*	3,19%
	η	*	*	16,22%

* Combinações não avaliadas

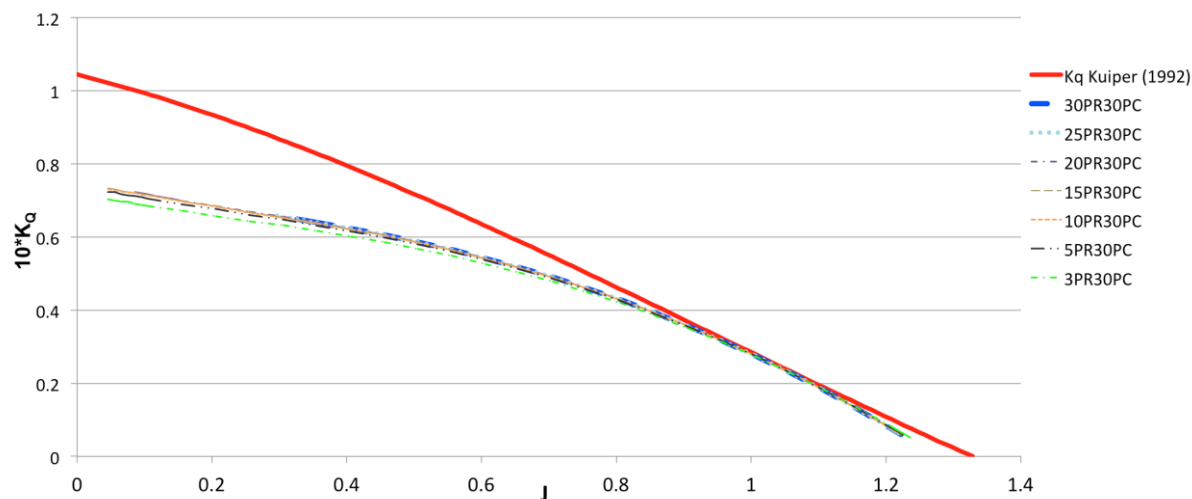
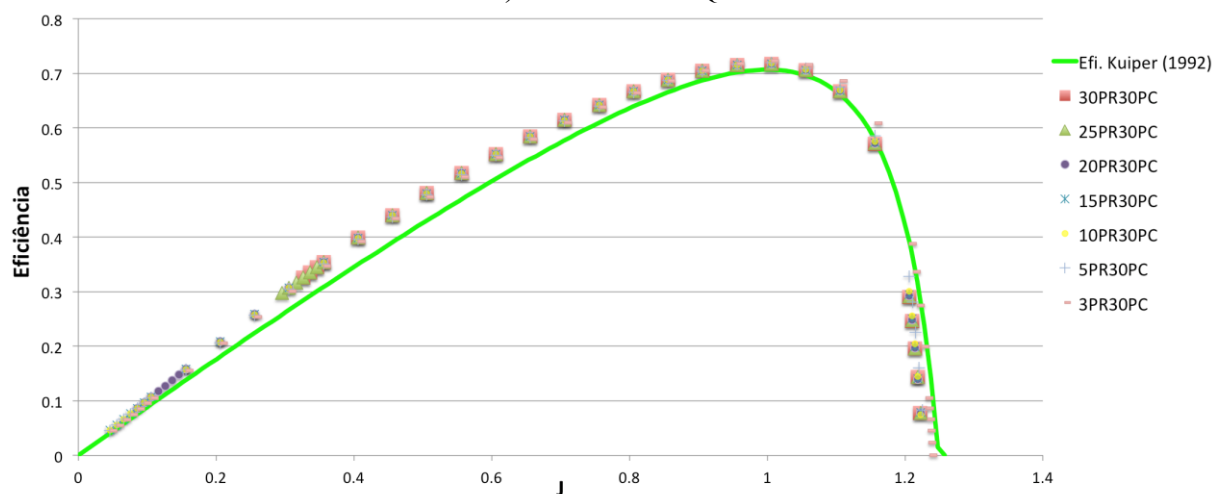
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para uma melhor visualização, os resultados referentes a convergência de malha que se mostraram mais promissores são sintetizados na Figura 31a Figura 31b e Figura 31c.

Figure 31 – Comparação final das malhas selecionadas.



¹³ Devido à falta de controle da discretização dos valores de J nas simulações com o *OpenProp*, para uma comparação precisa, seria necessário inserir os valores de J manualmente na rotina dos polinômios interpoladores. Em virtude do tempo exigido para tal procedimento e, uma vez que não se observou diferenças sensíveis, a favor da concisão omitem-se os demais valores.

b) Coeficiente K_Q c) Coeficiente η

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A partir do estudo apresentado até então, concluiu-se primeiramente que a malha no sentido da corda possui pouca influência nos resultados. Por outro lado, os resultados se mostraram mais sensíveis a variação da discretização da malha na direção radial das pás.

Além disso é interessante mencionar que o tempo de convergência, mesmo nos casos em que a discretização chegava a 50 painéis em cada direção, não ultrapassa 40 segundos, viabilizando o uso de valores elevados de discretização. Para efeito de comparação, uma simulação utilizando uma discretização de 10 painéis em cada direção dura, em média, 18 segundos.

Por fim, levando em consideração os aspectos mencionados até então, optou-se por utilizar sempre uma malha com 20 painéis radiais e 30 painéis corda. Embora, em teoria, poder-se-ia utilizar valores menores de painéis radiais, é importante observar que os testes de convergência usaram propulsores de 25 cm, enquanto o programa permite analisar

propulsores maiores; como os propulsores de mais de 10 metros de diâmetro existentes em navios mercantes de grande porte.

Destaca-se ainda que, como a grande maioria das técnicas de simulação, a teoria de linha de sustentação permite analisar propulsores em tamanho real e/ou modelos em escala reduzida. A diferença entre as abordagens foge do escopo deste trabalho e permanece como recomendação para trabalhos futuros.

5 ANÁLISE PARAMÉTRICA

Realizada a validação da ferramenta e o estudo de convergência de malha, iniciou-se as análises paramétricas objeto deste capítulo.

Uma vez que já existem trabalhos que analisam a influência dos ângulos de *rake* e de *skew* em um propulsor, como por exemplo SILVA (2017), optou-se por analisar a influência que a distribuição de c/D ao longo da pá exerce no desempenho dos propulsores.

Observa-se que todas as análises realizadas nesta seção consideraram a massa específica do fluido de 1025 kg/m^3 e utilizaram a discretização de 20 painéis radiais e 30 painéis corda.

5.1 ANÁLISE DOS HÉLICES B4-85 E B5-60

Primeiramente foram determinados os dados de entrada contidos na Tabela 9 que descrevem a geometria de ambos os propulsores estudados nesta etapa do trabalho. Definidas as características geométricas globais, utilizou-se a rotina de polinômios interpoladores para obter-se os parâmetros associados ao desempenho do propulsor e que também são enumerados na Tabela 9.

Tabela 9 – Dados de entrada dos hélices B4-85 e B5-60.

	Dados de entrada		Resultados	
Hélice B4-85	Z	4	Va	7,8471
	D	6 m	J	1,006 ¹⁴
	EAR	0,85	K_T	0,12308
	J	1	K_Q	0,0279018
	Rotação N	1,3 rps	η	0,70634
	P/D	1,2	T	276327,873 N
Hélice B5-60	Z	5	Va	5,491 m/s
	D	6 m	J	0,704
	EAR	0,60	K_T	0,13788
	J	0,7	K_Q	0,023394
	Rotação N	1,3 rps	η	0,6604
	P/D	0,9	T	309533,27 N

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A seguir são definidas as variáveis que descrevem a variação da geometria dos perfis ao longo da pá. Dessa forma na Tabela 10 são sintetizadas as informações necessárias para a realização da análise numérica de ambas as geometrias.

¹⁴ O parâmetro “Ponto de operação final J” é necessário, uma vez que a obtenção desse valor depende da discretização contida no código.

Tabela 10 – Descrição das geometrias analisadas.

r/R	Comum		B4-85					B5-60				
	K(r)	skew/c(r)	c(m)	skew(m)	θ_s	t_{\max}/D	rake/D	c(m)	skew(m)	θ_s	t_{\max}/D	rake/D
0,2	1,662	0,117	2,119	0,248	22,45	0,0366	0,026	1,196	0,140	13,13	0,0326	0,026
0,3	1,882	0,113	2,399	0,271	16,76	0,0324	0,040	1,355	0,153	9,65	0,0289	0,040
0,4	2,050	0,101	2,613	0,264	12,40	0,0282	0,053	1,476	0,149	7,08	0,0252	0,053
0,5	2,152	0,086	2,743	0,235	8,94	0,0240	0,067	1,549	0,133	5,07	0,0215	0,067
0,6	2,187	0,061	2,788	0,170	5,39	0,0198	0,080	1,574	0,096	3,05	0,0178	0,080
0,7	2,144	0,024	2,733	0,065	1,78	0,0156	0,093	1,543	0,037	1,01	0,0141	0,093
0,8	1,970	-0,037	2,511	-0,093	-2,21	0,0114	0,107	1,418	-0,052	-1,25	0,0104	0,107
0,9	1,582	-0,149	2,017	-0,300	-6,35	0,0072	0,120	1,139	-0,052	-3,59	0,0067	0,120
1,0	-	-	0,006	-	-	0,0030	0,133	0,006	-0,170	-	0,0030	0,133

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os valores da Tabela 10 foram transportados para a interface do *OpenProp* conforme mostrado no Apêndice C. Ao Selecionar a opção “*Run OpenProp*” obtém-se os resultados de análise, os quais são mostrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados das geometrias analisadas.

Parâmetro	Símbolo	Hélice B4-85	Hélice B5-60
Coefficiente de avanço	J	1,006	0,70397
Coefficiente de empuxo	K_T	0,12309	0,13788
Coefficiente de torque	K_Q	0,027466	0,022041
Eficiência	η	0,71754	0,70088
Empuxo	T	276327,873 N	309533,27 N
Razão de área expandida	EAR	0,8491	0,5989
Razão passo-diâmetro	P/D	1,16	0,88
Velocidade de avanço	V_a	7,8471 m/s	5,491
Nº painéis radiais	-	20	20
Nº painéis corda	-	30	30

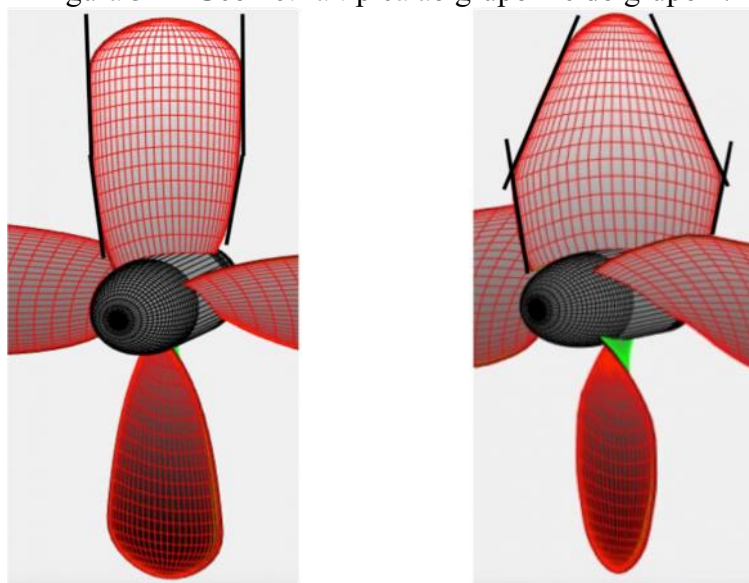
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na etapa seguinte o estudo foi separado em dois grupos. No primeiro, os diferentes valores de c/D foram mantidos constantes ao longo do raio da pá. Enquanto no segundo grupo, buscou-se obter pás com duas inclinações, as quais possuem um afilamento na ponta.

Para melhor visualização, na Figura 32 são mostradas duas geometrias propostas, sendo que o hélice da esquerda representa o grupo 1 com seu contorno descrito por retas verticais¹⁵, enquanto a geometria da direita representa o grupo 2, onde nota-se uma segunda orientação das retas que tangenciam a geometria a partir da metade do raio.

¹⁵ Ao analisar a Figura 41 nota-se que as retas nas regiões próximas ao cubo do propulsor não aparentam serem verticais, porém esse fato deve-se a ilusão de ótica causada pelo passo do propulsor.

Figura 32 – Geometria típica ao grupo 1 e do grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A seguir são apresentados os valores de c/D utilizados tanto nas modelagens do hélice B4-85 original e das 20 geometrias estudadas (Tabela 12) quanto do hélice B5-60 original e suas 20 variações (Tabela 13).

Tabela 12 – Valores de c/D para o hélice B4-85.

B4-85		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relações c/D constante ao longo do raio	Original	0,3532	0,3999	0,4356	0,4573	0,4647	0,4556	0,4186	0,3362	0,0010
	Alteração 1	0,3532	0,3532	0,3532	0,3532	0,3532	0,3532	0,3532	0,3000	0,0010
	Alteração 2	0,3999	0,3999	0,3999	0,3999	0,3999	0,3999	0,3800	0,2900	0,0010
	Alteração 3	0,4573	0,4573	0,4573	0,4573	0,4573	0,4573	0,4573	0,4200	0,0010
	Alteração 4	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,0010
	Alteração 5	0,2750	0,2750	0,2750	0,2750	0,2750	0,2750	0,2750	0,2500	0,0010
	Alteração 6	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2750	0,0010
	Alteração 7	0,3250	0,3250	0,3250	0,3250	0,3250	0,3250	0,325	0,3000	0,0010
	Alteração 8	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3250	0,0010
	Alteração 9	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3500	0,0010
Alteração 10	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,0010	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,3532	0,3532	0,3532	0,3532	0,3300	0,2900	0,2500	0,2100	0,0010
	Alteração 2	0,3999	0,3999	0,3999	0,3999	0,3600	0,3100	0,2700	0,2200	0,0010
	Alteração 3	0,4356	0,4356	0,4356	0,4356	0,3900	0,3400	0,2900	0,2500	0,0010
	Alteração 4	0,4573	0,4573	0,4573	0,4573	0,4200	0,3600	0,3000	0,2500	0,0010
	Alteração 5	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2200	0,1800	0,1400	0,1000	0,0010
	Alteração 6	0,2750	0,2750	0,2750	0,2750	0,2300	0,1900	0,1400	0,1000	0,0010
	Alteração 7	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2500	0,2000	0,1500	0,0900	0,0010
	Alteração 8	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3000	0,2600	0,2100	0,1600	0,0010
	Alteração 9	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3250	0,2800	0,2300	0,1900	0,0010
	Alteração 10	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,3700	0,3200	0,2700	0,2200	0,0010

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 13 – Valores de c/D para o hélice B5-60.

B5-60		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,1994	0,2258	0,246	0,2582	0,2624	0,2573	0,2364	0,1898	0,001
	Alteração 1	0,1994	0,1994	0,1994	0,1994	0,1994	0,1994	0,1994	0,1500	0,001
	Alteração 2	0,2258	0,2258	0,2258	0,2258	0,2258	0,2258	0,2258	0,1600	0,001
	Alteração 3	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,1800	0,001
	Alteração 4	0,2582	0,2582	0,2582	0,2582	0,2582	0,2582	0,2582	0,2100	0,001
	Alteração 5	0,2624	0,2624	0,2624	0,2624	0,2624	0,2624	0,2624	0,2100	0,001
	Alteração 6	0,2900	0,2900	0,2900	0,2900	0,2900	0,2900	0,2900	0,2500	0,001
	Alteração 7	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,2700	0,001
	Alteração 8	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1000	0,001
	Alteração 9	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500	0,2000	0,001
Alteração 10	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1500	0,001	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,1994	0,1994	0,1994	0,1994	0,1800	0,1600	0,1400	0,1150	0,001
	Alteração 2	0,2258	0,2258	0,2300	0,2258	0,2000	0,1800	0,1600	0,1350	0,001
	Alteração 3	0,2460	0,2460	0,2460	0,2200	0,1900	0,1700	0,1500	0,1300	0,001
	Alteração 4	0,2582	0,2582	0,2582	0,2300	0,2000	0,1700	0,1400	0,1100	0,001
	Alteração 5	0,2700	0,2900	0,2700	0,2400	0,2100	0,1800	0,1500	0,1200	0,001
	Alteração 6	0,2900	0,2900	0,2900	0,2750	0,2550	0,2400	0,2250	0,2050	0,001
	Alteração 7	0,1650	0,1650	0,1650	0,1500	0,1400	0,1250	0,1100	0,0900	0,001
	Alteração 8	0,2360	0,2360	0,2360	0,2150	0,1950	0,1700	0,1500	0,1350	0,001
	Alteração 9	0,2800	0,2800	0,2800	0,2600	0,2350	0,2150	0,1850	0,1500	0,001
	Alteração 10	0,3200	0,3200	0,3200	0,2900	0,2700	0,2450	0,2250	0,1900	0,001

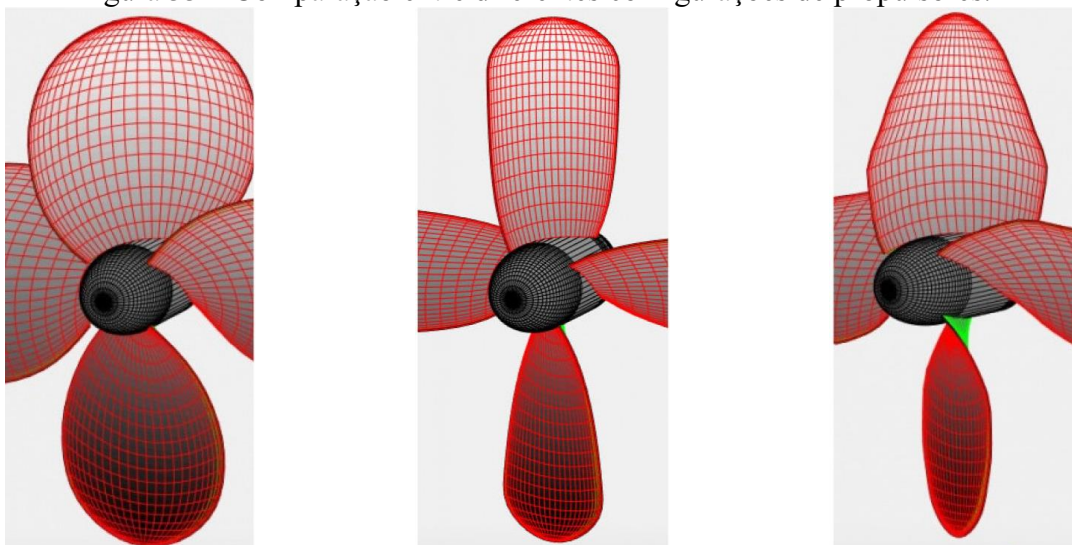
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao consultar as tabelas acima nota-se que, embora seja dito que no primeiro grupo os valores de c/D foram mantidos constantes, observa-se uma variação de valores entre as posições 0,8R e 0,9R. Isso se deve ao fato de que algumas geometrias necessitaram de ajustes para que a pontas das pás não possuíssem ângulos retos que pudessem prejudicar a análise numérica.

Para auxiliar na visualização das geometrias, na Figura 33 são mostrados da esquerda para direita: hélice original B4-85, alteração G1-A4¹⁶ e alteração G2-A8. Os demais modelos tridimensionais podem ser consultados no Apêndice C.

¹⁶ A nomenclatura utilizada para referenciar os hélices analisados é GX-AY, onde GX representa o grupo (1 ou 2) e AY representa a alteração (1 a 10).

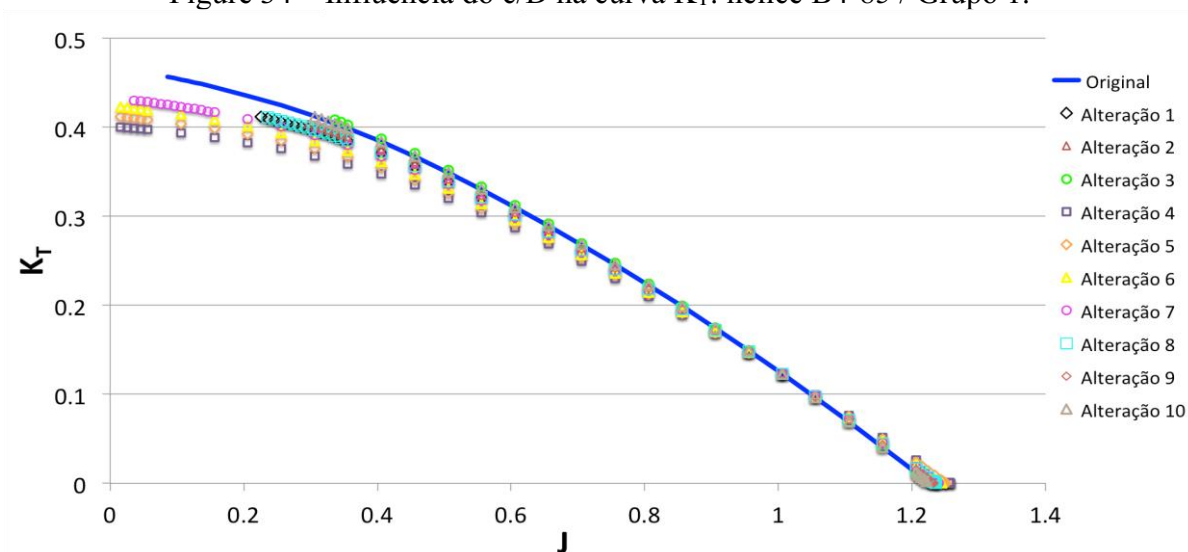
Figura 33 – Comparação entre diferentes configurações de propulsores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

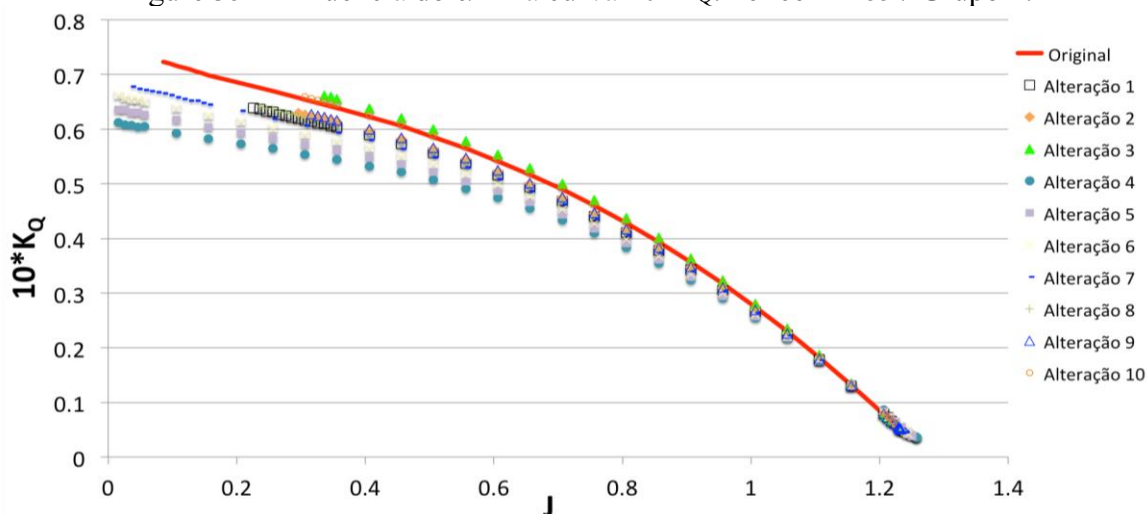
Para cada geometria modelada, foram realizadas análises com J variando de 1 a 1,4. Assim, os resultados dos diagramas de águas abertas foram agrupados e comparados um a um. Os resultados para a variação do grupo 1 do hélice B4-85 são mostrados nas Figuras 34 a 36. Já nas Figuras 37 a 39 são mostrados os resultados das análises referentes ao grupo 2. Seguindo com o estudo, os resultados referentes as variações do grupo 1 do hélice B5-60 são mostrados nas Figuras 40 a 42, enquanto os resultados referentes ao grupo 2 são mostrados nas Figuras 43 a 45.

Figure 34 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B4-85 / Grupo 1.



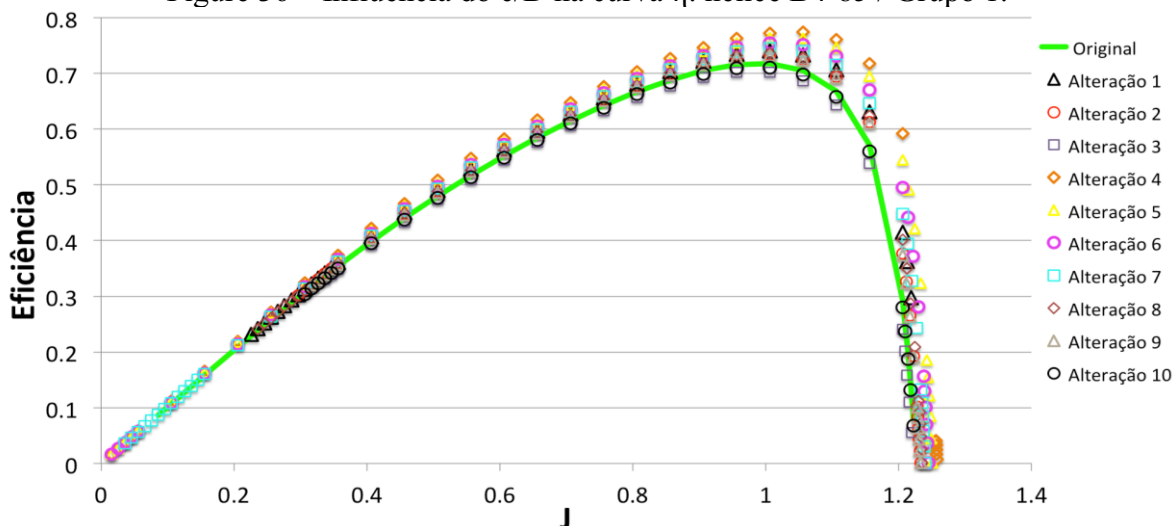
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 35 – Influência do c/D na curva $10 \cdot K_Q$: hélice B4-85 / Grupo 1.



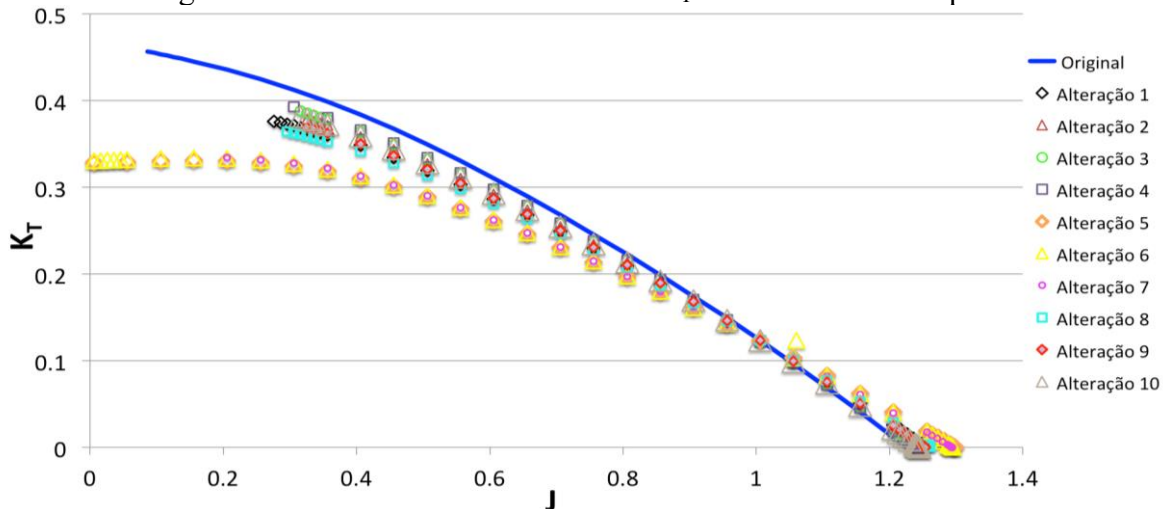
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 36 – Influência do c/D na curva η : hélice B4-85 / Grupo 1.



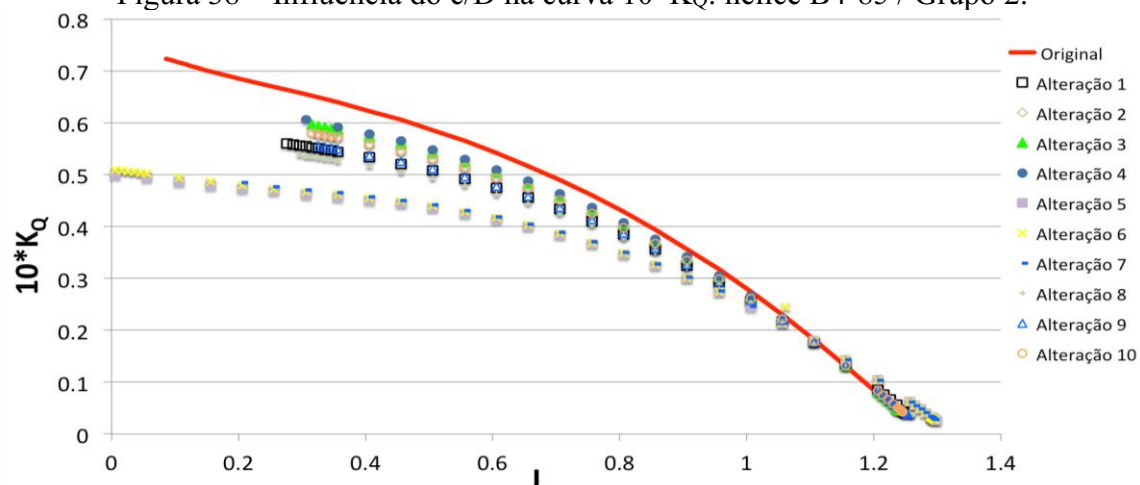
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 37 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B4-85 / Grupo 2.



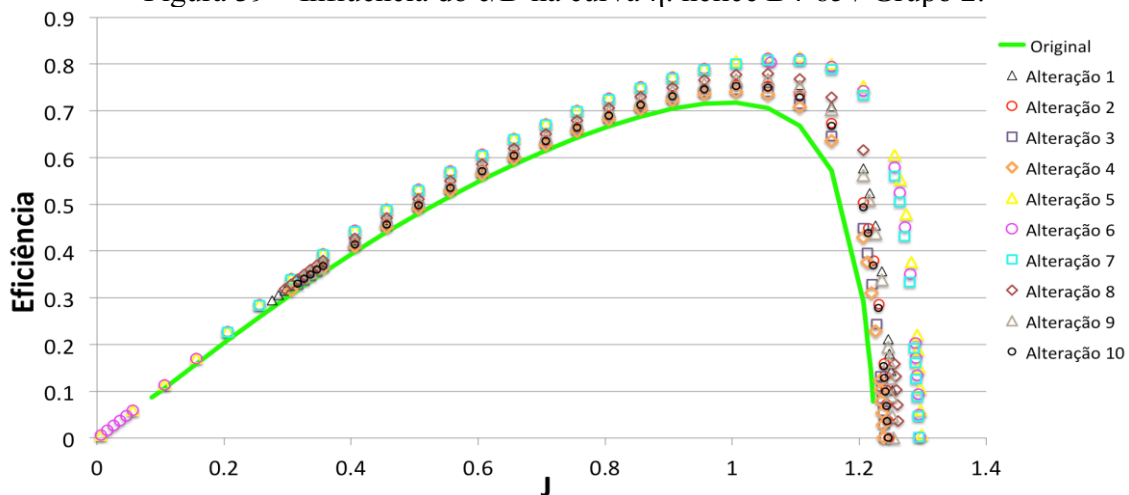
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 38 – Influência do c/D na curva $10 \cdot K_Q$: hélice B4-85 / Grupo 2.



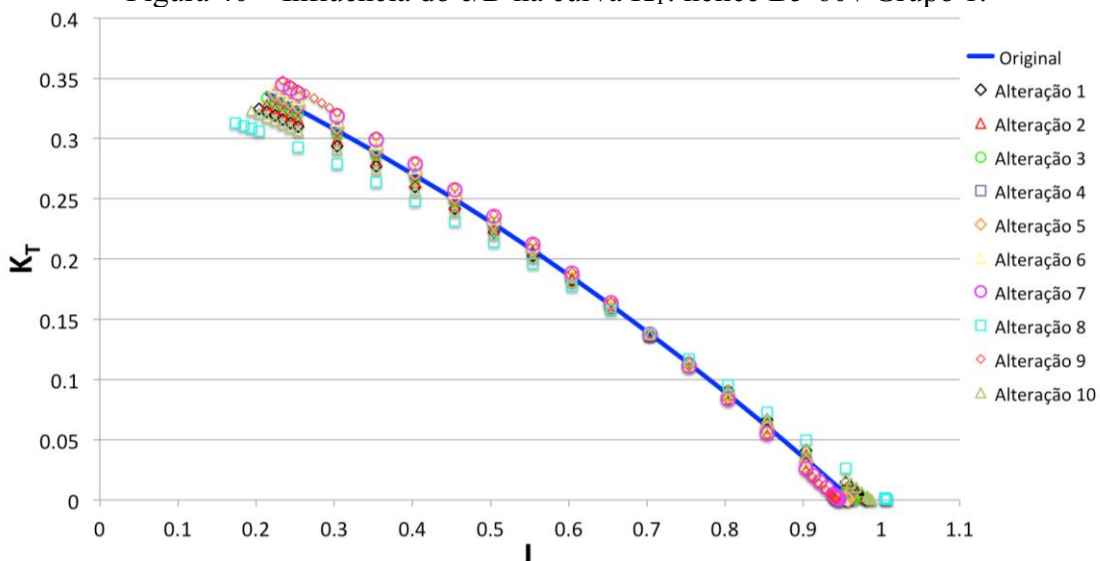
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 39 – Influência do c/D na curva η : hélice B4-85 / Grupo 2.



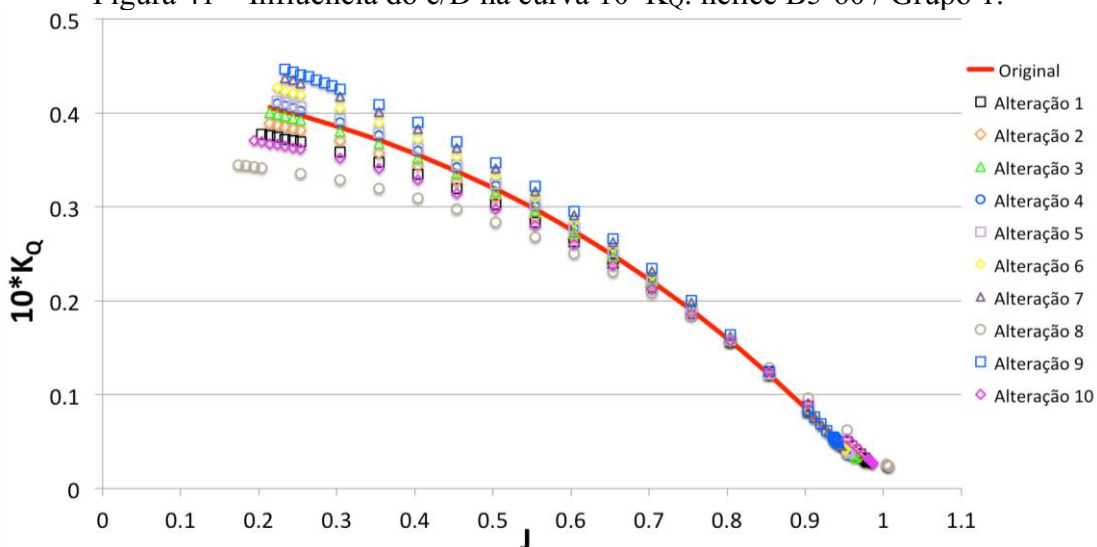
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 40 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B5-60 / Grupo 1.



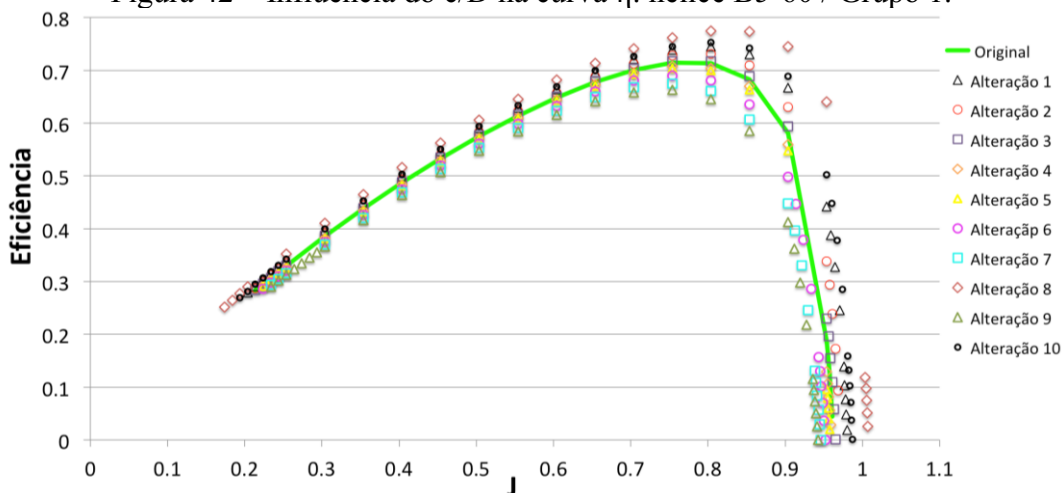
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 41 – Influência do c/D na curva $10 \cdot K_Q$: hélice B5-60 / Grupo 1.



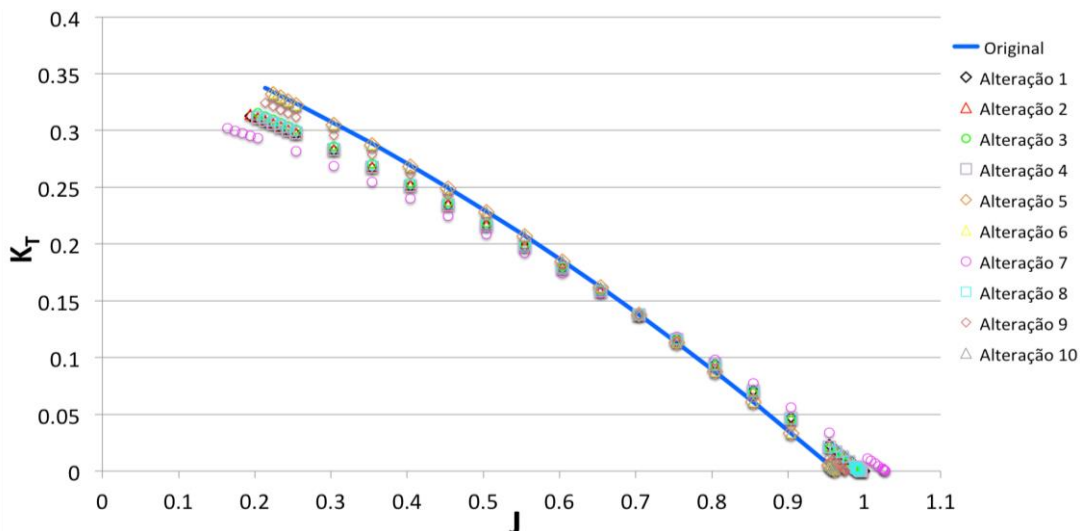
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 42 – Influência do c/D na curva η : hélice B5-60 / Grupo 1.

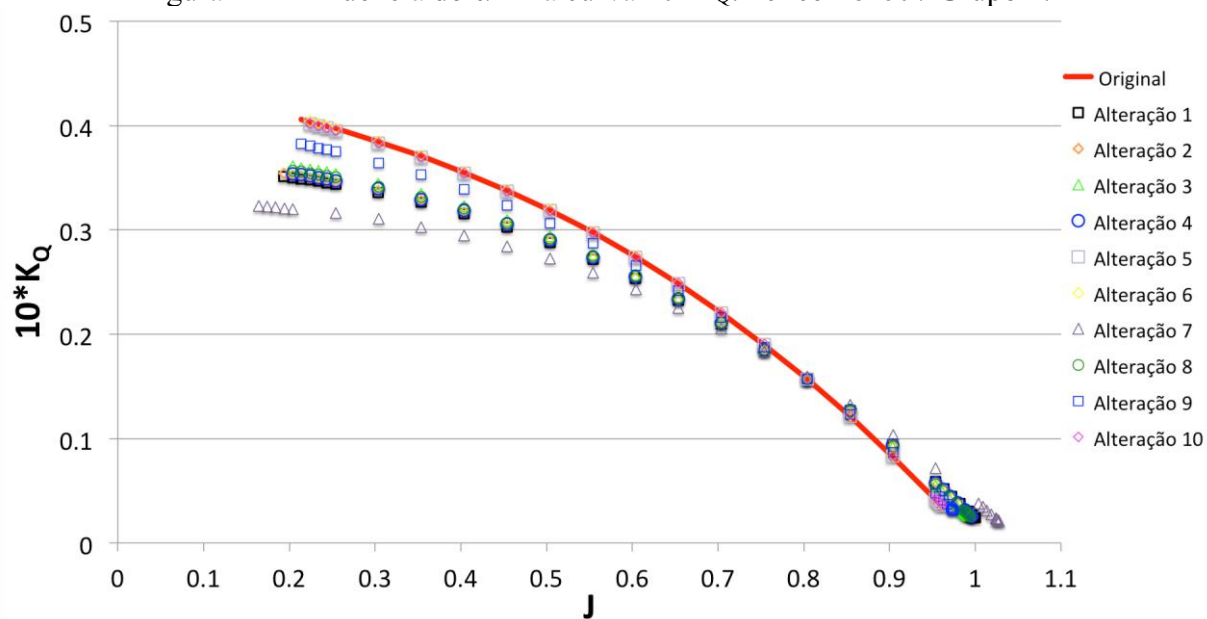


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

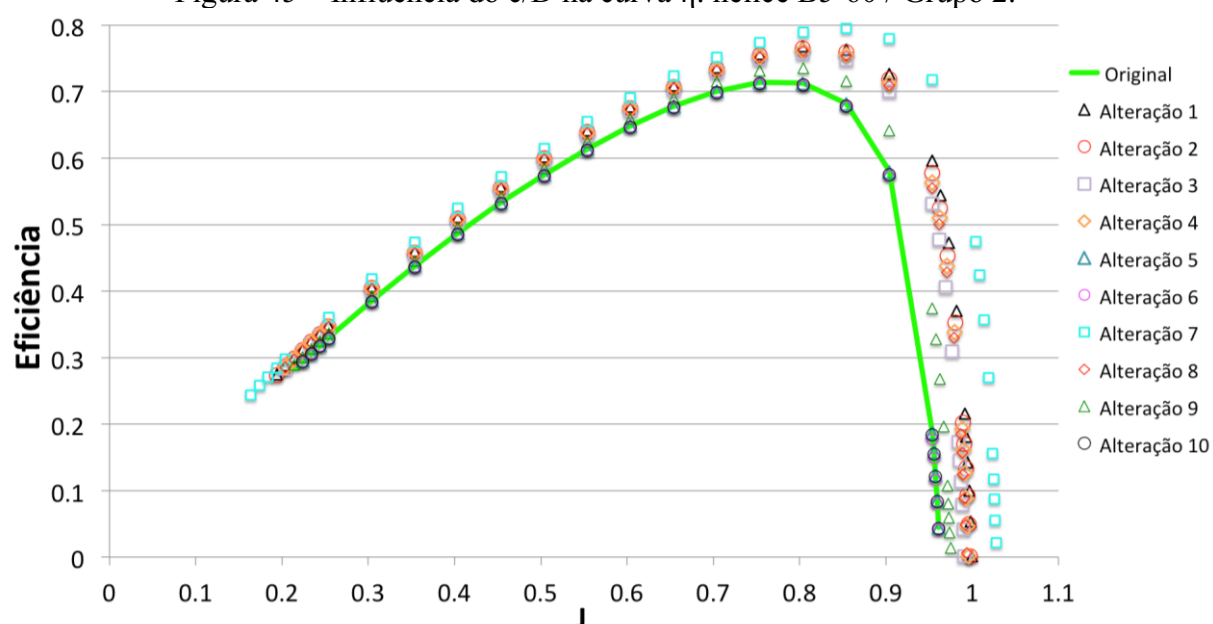
Figure 43 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B5-60 / Grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 44 – Influência do c/D na curva $10 \cdot K_Q$: hélice B5-60 / Grupo 2.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 45 – Influência do c/D na curva η : hélice B5-60 / Grupo 2.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Primeiramente ao analisar o gráfico de K_T resultante da variação paramétrica do grupo 1 para o hélice B4-85, nota-se uma tendência de decréscimo para J menores que 0,8, ao passo que para J maiores, a diferença entre a geometria original e as demais torna-se pouco expressiva. Além disso, constata-se que o decréscimo nos valores de K_T torna-se mais pronunciado para as geometrias com baixo c/D .

Coincidentemente, quando analisado o gráfico de $10 K_Q$ também para o grupo 1 do hélice B4-85, nota-se que o comportamento descrito acima repete-se, com a diferença que

agora para J menores que 0,8 a geometria G1-A3 (maior c/D) apresenta valores de K_Q superiores à geometria original.

Por outro lado, com relação a eficiência, observou-se um comportamento contrário aos dois parâmetros anteriormente analisados. No intervalo de J entre 0,6 e 1,1 constata-se uma tendência de acréscimo nos valores de eficiência, com destaque novamente para a geometria G1-A3 (maior c/D) com a menor eficiência e a geometria G1-A4 (menor c/D) com a maior eficiência.

Analisando os gráficos dos parâmetros K_T , K_Q e η para as variações paramétricas do grupo 2, resultados semelhantes foram observados, porém com tendências de acréscimos e decréscimos ainda mais pronunciadas.

Por fim, os resultados referentes as variações paramétricas de c/D para o hélice B5-60 mostraram rigorosamente o mesmo comportamento observado na análise do hélice B4-85, com a diferença que para J maiores que 0,8, os valores de K_T apresentaram uma maior variação em relação a geometria original.

A fim de se obter uma maior sensibilidade sobre as discussões apresentadas, a Tabela 14 reúne as variações de dois hélices específicos, onde os dados foram numericamente comparados.

Tabela 14 – Variação das geometrias G1-A3/G2-A5 em relação às originais.

Geometria		Variação K_T			Variação K_Q			Variação η		
		Média	Desv. Padrão	Máxima	Média	Desv. Padrão	Máxima	Média	Desv. Padrão	Máxima
B4-85	G1-A3	0,237%	0,0025	0,378%	1,064%	0,0112	1,576%	1,863%	0,0194	5,167%
B5-60	G2-A5	0,087%	0,0009	0,163%	0,098%	0,0010	0,212%	0,068%	0,0007	0,118%

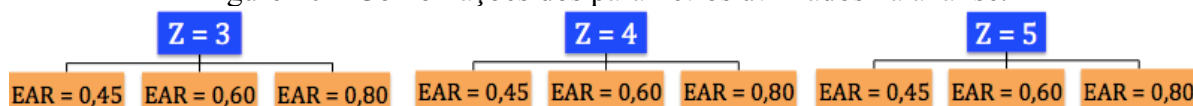
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ademais, além dos gráficos já apresentados, os resultados numéricos podem ser vistos no Apêndice D (hélice B4-85) e Apêndice E (hélice B5-60).

5.2 ANÁLISE PARAMÉTRICA EXTENSIVA

Buscando generalizar os resultados obtidos no estudo dos hélices B4-85 e B5-60, nesta seção é apresentada uma extensa análise paramétrica complementar. Foram realizadas um total de 8 novas análises seguindo os mesmos procedimentos descritos na seção anterior, as quais obedeceram às combinações de parâmetros mostradas na Figura 46.

Figure 46 – Combinações dos parâmetros utilizados na análise.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A escolha dos números de pás respeitou as opções usualmente utilizadas no projeto de navios mercantes de médio e grande porte, restringindo os demais valores para casos específicos fora do escopo deste trabalho.

Vale ressaltar que, por questões de consistência metodológica, as razões EAR foram selecionadas de modo a garantir que tais valores estivessem dentro dos limites da série B, descartando a necessidade de adotar valores extrapolados cuja validade dos resultados pode ser questionada.

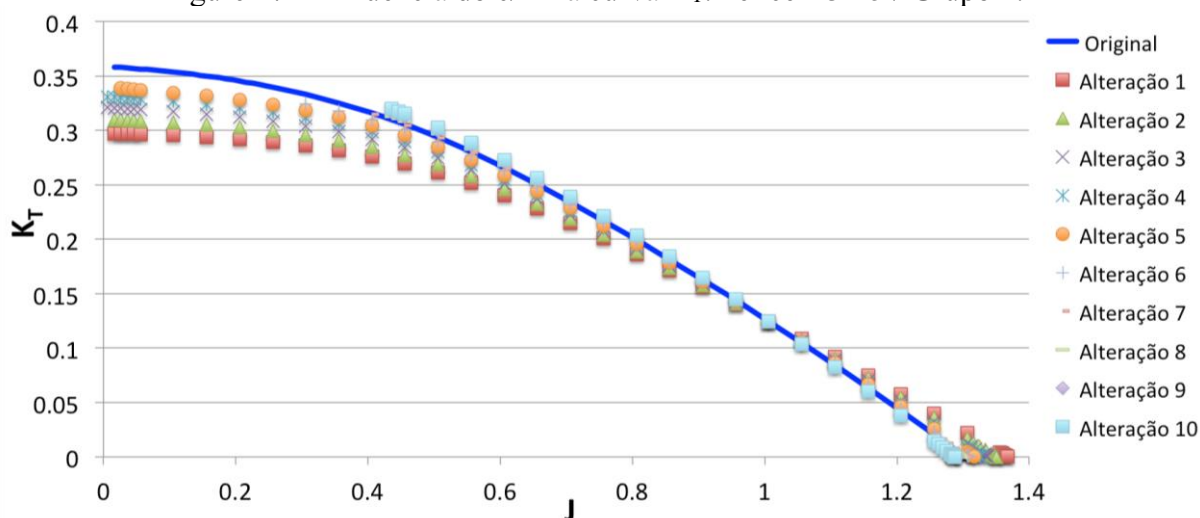
Devido a grande quantidade de resultados obtidos durante as análises, a seguir será apresentado primeiramente o caso do propulsor B3-45. Seguindo a metodologia, a Tabela 15 contém a descrição de c/D original em conjunto com as 10 variações em cada grupo.

Uma vez realizadas as simulações utilizando os valores de c/D pertencentes ao grupo 1, foram obtidos os resultados mostrados nas Figuras 47 e 49, enquanto os resultados referentes ao grupo 2 são mostrados nas Figuras 50 a 52.

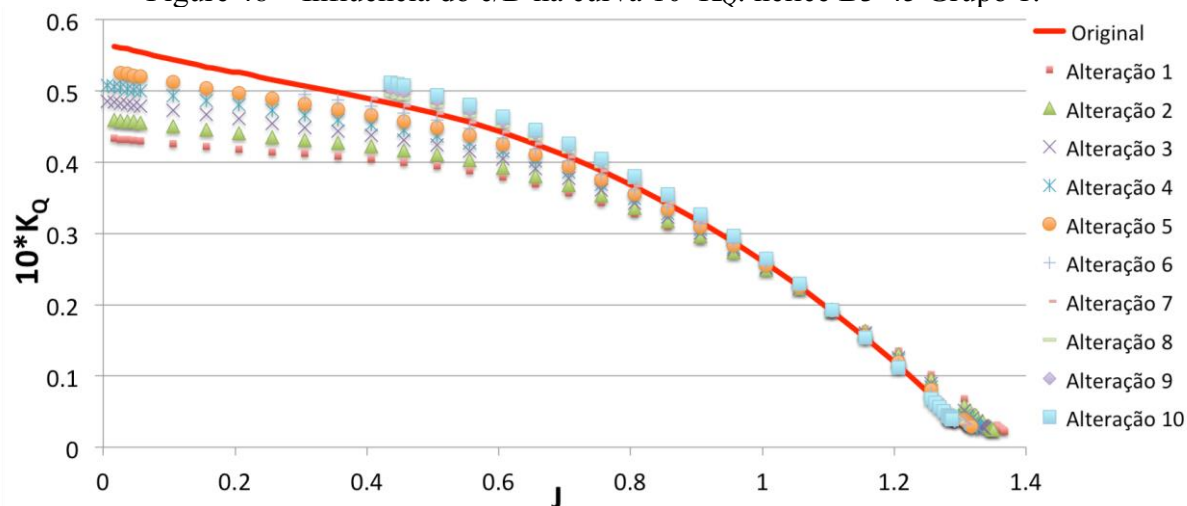
Tabela 15 – Valores de c/D para o hélice B3-45.

B3-45		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,2493	0,2823	0,3075	0,3228	0,3281	0,3126	0,2955	0,2373	0,001
	Alteração 1	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1500	0,001
	Alteração 2	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1700
	Alteração 3	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,1900
	Alteração 4	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400	0,2100
	Alteração 5	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2300
	Alteração 6	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2500
	Alteração 7	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2700
	Alteração 8	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,2900
	Alteração 9	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3100
Alteração 10	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3300	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1500	0,1200	0,0900	0,0600	0,001
	Alteração 2	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1700	0,1400	0,1100	0,0800	0,001
	Alteração 3	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,1900	0,1600	0,1300	0,0950	0,001
	Alteração 4	0,2400	0,2400	0,2400	0,2400	0,2100	0,1700	0,1300	0,0950	0,001
	Alteração 5	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2200	0,1800	0,1400	0,1000	0,001
	Alteração 6	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2400	0,2000	0,1600	0,1100	0,001
	Alteração 7	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2600	0,2200	0,1700	0,1150	0,001
	Alteração 8	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,2800	0,2300	0,1800	0,1300	0,001
	Alteração 9	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3000	0,2500	0,2000	0,1400	0,001
	Alteração 10	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3100	0,2600	0,2100	0,1600	0,001

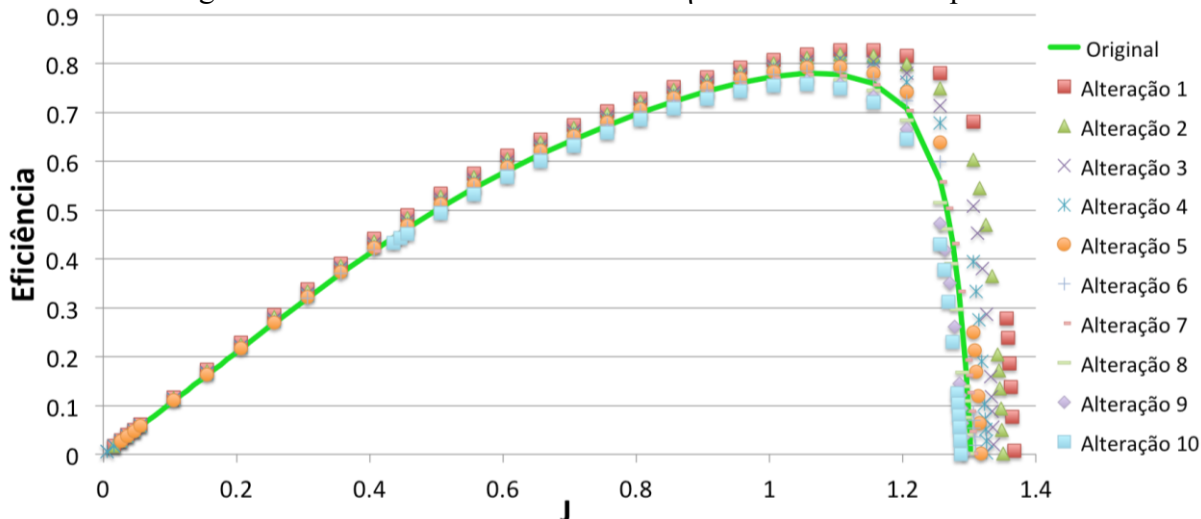
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 47 – Influência do c/D na curva K_T : hélice B3-45 / Grupo 1.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

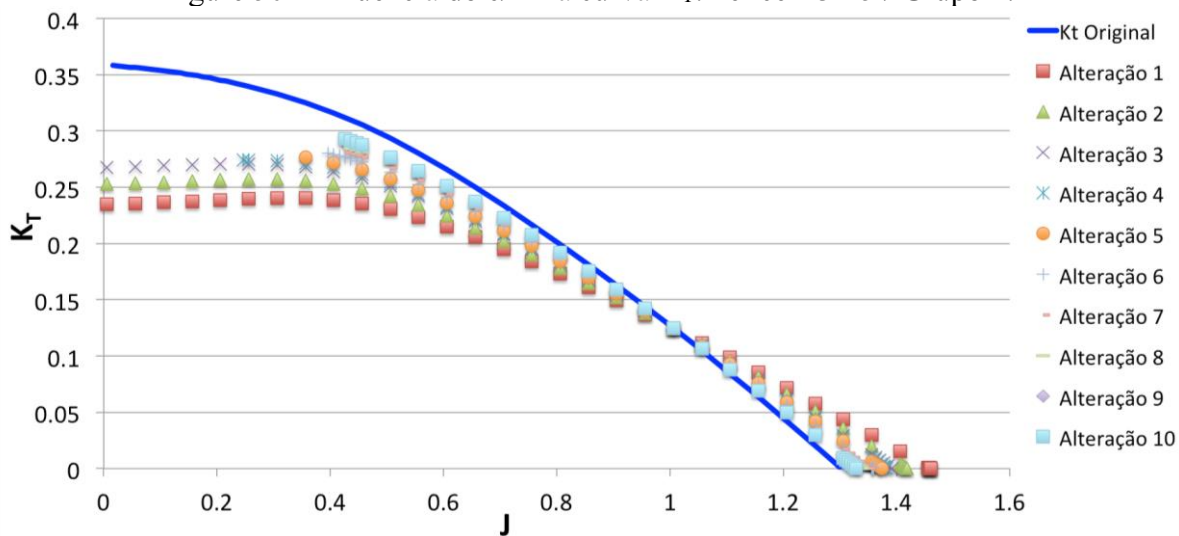
Figure 48 – Influência do c/D na curva $10*K_Q$: hélice B3-45 Grupo 1.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 49 – Influência do c/D na curva η : hélice B3-45 / Grupo 1.

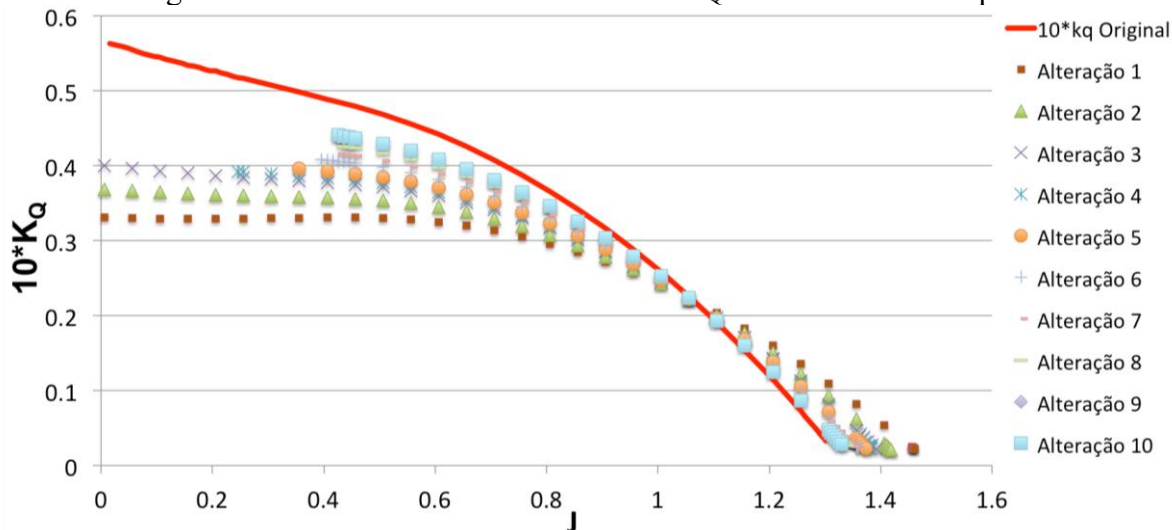
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 50 –Influência do c/D na curva K_T : hélice B3-45 / Grupo 2.



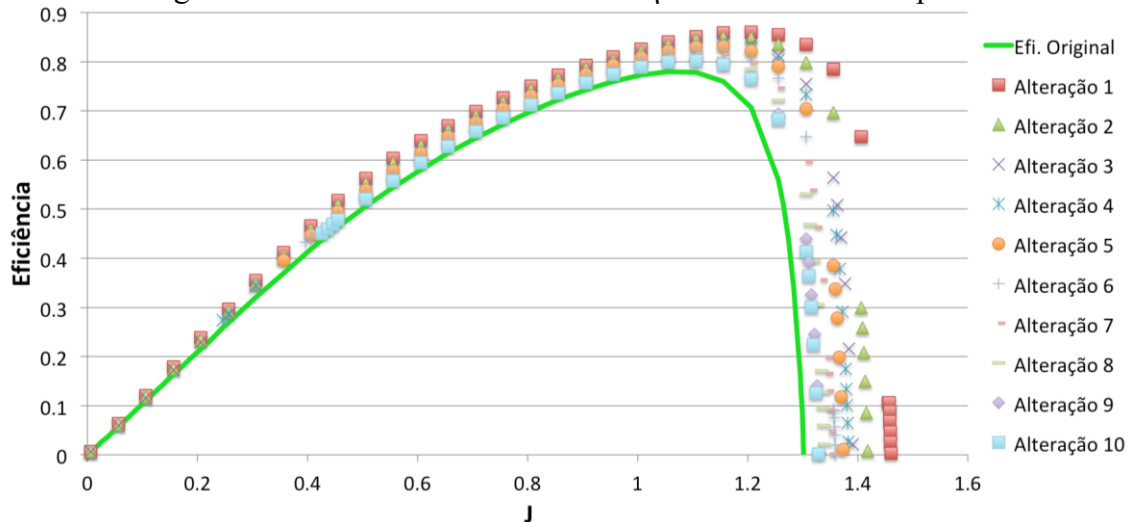
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 51 –Influência do c/D na curva $10 \cdot K_Q$: hélice B3-45 / Grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 52 –Influência do c/D na curva η : hélice B3-45 / Grupo 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Novamente por questões de concisão textual, os resultados numéricos de todos os propulsores B3-45 estão disponibilizados para consulta no apêndice F.

Em razão da grande quantidade de resultados obtidos ao realizar as simulações para os propulsores apresentados na Figura 51, optou-se por apresentar aqui uma composição de tabelas apenas com os resultados referentes à um único ponto de operação. Dessa forma, os resultados obtidos são sintetizados na Tabela 16 (3 pás), Tabela 17 (4 pás) e Tabela 18 (5 pás). Destaca-se, porém, que os resultados numéricos completos de todas as geometrias desta etapa do trabalho também estão disponíveis para consulta no Apêndice F.

Destaca-se que, por exemplo, para o coeficiente J igual a 1,0, observou-se um aumento de 5,5% na eficiência da geometria G1-A4 em relação a geometria original e uma diminuição de 1,53% na geometria G1-A3 em relação a geometria original. Aqui deve-se observar que as geometrias G1-A3 e G1-A4 são justamente aquelas que possuem maior e menor relação c/D respectivamente, justificando os resultados obtidos.

Com relação ao grupo 2 originado pela variação do propulsor B4-85, foram obtidos valores ainda mais elevados de eficiência. Ainda considerando o coeficiente de avanço J igual a 1,0 a geometria G2-A5 (menor c/D) apresentou um aumento na eficiência de 8,87% enquanto a geometria G2-A4 (maior c/D) registrou um aumento de 2,36%.

Tabela 16 – Resultados hélice B3-45, B3-60 e B3-80 (J = 1,0).

	EAR = 0,45					EAR = 0,60					EAR = 0,80					
	K _T	10*K _Q	η	EAR	P/D	K _T	10*K _Q	η	EAR	P/D	K _T	10*K _Q	η	EAR	P/D	
G1	0,1245	0,2579	0,7732	0,4495	1,1780	0,1179	0,2526	0,7471	0,5993	1,1670	0,1608	0,3595	0,7162	0,7993	1,2300	Original
	0,1245	0,2472	0,8067	0,2694	1,1810	0,1179	0,2393	0,7886	0,3747	1,1690	0,1608	0,3308	0,7781	0,3285	1,2350	A1
	0,1245	0,2491	0,8006	0,3002	1,1800	0,1179	0,2412	0,7824	0,4056	1,1680	0,1608	0,3328	0,7736	0,3593	1,2330	A2
	0,1245	0,2510	0,7945	0,3311	1,1780	0,1179	0,2431	0,7763	0,4365	1,1670	0,1608	0,3347	0,7691	0,3902	1,2310	A3
	0,1245	0,2529	0,7885	0,3619	1,1770	0,1179	0,2450	0,7703	0,4675	1,1670	0,1608	0,3366	0,7647	0,4211	1,2300	A4
	0,1245	0,2548	0,7826	0,3929	1,1760	0,1179	0,2469	0,7634	0,4984	1,1660	0,1608	0,3386	0,7603	0,4520	1,2290	A5
	0,1245	0,2567	0,7768	0,4238	1,1760	0,1179	0,2488	0,7584	0,5294	1,1660	0,1608	0,3405	0,7559	0,4829	1,2280	A6
	0,1245	0,2586	0,7710	0,4548	1,1750	0,1179	0,2508	0,7526	0,5605	1,1660	0,1608	0,3425	0,7516	0,5139	1,2270	A7
	0,1245	0,2606	0,7653	0,4858	1,1750	0,1179	0,2527	0,7469	0,5915	1,1650	0,1608	0,3445	0,7473	0,5450	1,2270	A8
	0,1245	0,2625	0,7597	0,5168	1,1750	0,1179	0,2556	0,7412	0,6288	1,1650	0,1608	0,3464	0,7431	0,5760	1,2260	A9
	0,1245	0,2644	0,7541	0,5479	1,1750	0,1179	0,2566	0,7356	0,6538	1,1650	0,1608	0,3484	0,7389	0,6071	1,2260	A10
G2	0,1245	0,2412	0,8267	0,2142	1,2130	0,1179	0,2312	0,8163	0,3024	1,1910	0,1608	0,3235	0,7957	0,2629	1,2300	A1
	0,1245	0,2431	0,8203	0,2449	1,2000	0,1179	0,2323	0,8124	0,3251	1,1870	0,1608	0,3254	0,7910	0,2936	1,2700	A2
	0,1245	0,2448	0,8146	0,2744	1,1950	0,1179	0,2335	0,8083	0,3496	1,1840	0,1608	0,3266	0,7883	0,3163	1,2570	A3
	0,1245	0,2454	0,8124	0,2948	1,1950	0,1179	0,2353	0,8022	0,3818	1,1810	0,1608	0,3273	0,7866	0,3367	1,2530	A4
	0,1245	0,2464	0,8094	0,3163	1,1940	0,1179	0,2363	0,7985	0,4045	1,1790	0,1608	0,3288	0,7829	0,3650	1,2490	A5
	0,1245	0,2479	0,8044	0,3446	1,1920	0,1179	0,2376	0,7943	0,4289	1,1780	0,1608	0,3305	0,7789	0,3953	1,2470	A6
	0,1245	0,2491	0,8006	0,3699	1,1900	0,1179	0,2390	0,7898	0,4555	1,1760	0,1608	0,3317	0,7760	0,4199	1,2440	A7
	0,1245	0,2504	0,7962	0,3958	1,1880	0,1179	0,2401	0,7862	0,4782	1,1750	0,1608	0,3337	0,7715	0,4506	1,2400	A8
	0,1245	0,2519	0,7914	0,4240	1,1860	0,1179	0,2420	0,7798	0,5108	1,1730	0,1608	0,3357	0,7668	0,4801	1,2360	A9
	0,1245	0,2525	0,7897	0,4426	1,1860	0,1179	0,2450	0,7704	0,5504	1,1710	0,1608	0,3376	0,7625	0,5109	1,2340	A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 17 – Resultados hélice B4-45, B4-60 e B4-80 (J = 1,0).

	EAR = 0,45					EAR = 0,60					EAR = 0,80					
	K _T	10*K _Q	η	EAR	P/D	K _T	10*K _Q	η	EAR	P/D	K _T	10*K _Q	η	EAR	P/D	
G1	0,1420	0,2909	0,7816	0,4492	1,1860	0,1346	0,2842	0,7587	0,5991	1,1730	0,1253	0,2764	0,7261	0,7991	1,1600	Original
	0,1420	0,2835	0,8021	0,3215	1,1870	0,1346	0,2742	0,7863	0,4243	1,1740	0,1253	0,2534	0,7918	0,4038	1,1620	A1
	0,1420	0,2854	0,7968	0,3558	1,1870	0,1346	0,2762	0,7806	0,4620	1,1740	0,1253	0,2559	0,7840	0,4449	1,1620	A2
	0,1420	0,2864	0,7939	0,3712	1,1860	0,1346	0,2784	0,7745	0,4947	1,1730	0,1253	0,2592	0,7741	0,5032	1,1600	A3
	0,1420	0,2901	0,7838	0,4261	1,1830	0,1346	0,2810	0,7675	0,5359	1,1720	0,1253	0,2630	0,7629	0,5651	1,1590	A4
	0,1420	0,2924	0,7776	0,4666	1,1820	0,1346	0,2831	0,7615	0,5688	1,1720	0,1253	0,2668	0,7520	0,6270	1,1590	A5
	0,1420	0,2941	0,7732	0,4964	1,1820	0,1346	0,2850	0,7564	0,5998	1,1720	0,1253	0,2694	0,7449	0,6684	1,1590	A6
	0,1420	0,2957	0,7691	0,5238	1,1820	0,1346	0,2876	0,7496	0,6412	1,1710	0,1253	0,2748	0,7302	0,7533	1,1590	A7
	0,1420	0,2991	0,7601	0,5772	1,1810	0,1346	0,2891	0,7458	0,6670	1,1710	0,1253	0,2777	0,7226	0,7969	1,1590	A8
	0,1420	0,3011	0,7553	0,6083	1,1800	0,1346	0,2902	0,7428	0,6891	1,1710	0,1253	0,2803	0,7159	0,8385	1,1590	A9
	0,1420	0,3031	0,7503	0,6458	1,1800	0,1346	0,2925	0,7371	0,7286	1,1710	0,1253	0,2819	0,7118	0,8676	1,1590	A10
G2	0,1420	0,2786	0,8163	0,2773	1,2000	0,1346	0,2657	0,8115	0,3471	1,1880	0,1253	0,2439	0,8226	0,3201	1,1890	A1
	0,1420	0,2802	0,8114	0,3080	1,1970	0,1346	0,2682	0,8039	0,3881	1,1830	0,1253	0,2474	0,8110	0,3676	1,1730	A2
	0,1420	0,2811	0,8090	0,3220	1,1950	0,1346	0,2697	0,7993	0,4159	1,1820	0,1253	0,2498	0,8033	0,4206	1,1740	A3
	0,1420	0,2838	0,8011	0,3705	1,1910	0,1346	0,2720	0,7926	0,4575	1,1800	0,1253	0,2516	0,7977	0,4611	1,1700	A4
	0,1420	0,2859	0,7954	0,4088	1,1900	0,1346	0,2723	0,7916	0,4735	1,1810	0,1253	0,2553	0,7860	0,5227	1,1670	A5
	0,1420	0,2870	0,7923	0,4314	1,1880	0,1346	0,2739	0,7871	0,5014	1,1790	0,1253	0,2575	0,7791	0,5260	1,1660	A6
	0,1420	0,2881	0,7820	0,4570	1,1890	0,1346	0,2740	0,7869	0,5203	1,1810	0,1253	0,2592	0,7741	0,6180	1,1670	A7
	0,1420	0,2908	0,7820	0,5030	1,1870	0,1346	0,2753	0,7832	0,5437	1,1800	0,1253	0,2608	0,7695	0,6439	1,1650	A8
	0,1420	0,2914	0,7803	0,5228	1,1870	0,1346	0,2783	0,7746	0,5826	1,1770	0,1253	0,2671	0,7513	0,7039	1,1630	A9
	0,1420	0,2934	0,7749	0,5605	1,1860	0,1346	0,2792	0,7721	0,6098	1,1770	0,1253	0,2626	0,7508	0,7387	1,1620	A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 18 – Resultados hélice B5-45, B5-60 e B5-80 (J = 0,7).

	EAR = 0,45					EAR = 0,60					EAR = 0,80					
	K_T	$10*K_Q$	η	EAR	P/D	K_T	$10*K_Q$	η	EAR	P/D	K_T	$10*K_Q$	η	EAR	P/D	
G1	0,1424	0,2204	0,7241	0,4492	0,8890	0,1379	0,2204	0,7009	0,5989	0,8800	0,1317	0,2200	0,6696	0,7988	0,8720	Original
	0,1424	0,2128	0,7498	0,2993	0,8950	0,1379	0,2143	0,7208	0,4906	0,8850	0,1317	0,2040	0,7219	0,4768	0,8740	A1
	0,1424	0,2159	0,7392	0,3613	0,8910	0,1379	0,2169	0,7121	0,5515	0,8840	0,1317	0,2084	0,7079	0,5540	0,8720	A2
	0,1424	0,2183	0,7311	0,4105	0,8910	0,1379	0,2196	0,7034	0,6031	0,8820	0,1317	0,2128	0,6934	0,6335	0,8710	A3
	0,1424	0,2203	0,7244	0,449	0,8880	0,1379	0,2222	0,6950	0,6420	0,8800	0,1317	0,2145	0,6878	0,6699	0,8710	A4
	0,1424	0,2236	0,7138	0,5047	0,8860	0,1379	0,2231	0,6921	0,6554	0,8800	0,1317	0,2193	0,6729	0,7603	0,8700	A5
	0,1424	0,2263	0,7052	0,5562	0,8850	0,1379	0,2270	0,6803	0,7275	0,8780	0,1317	0,2223	0,6639	0,8265	0,8700	A6
	0,1424	0,2288	0,6976	0,6139	0,8840	0,1379	0,2312	0,6680	0,8214	0,8780	0,1317	0,2244	0,6575	0,8614	0,8700	A7
	0,1424	0,2317	0,6887	0,6593	0,8840	0,1379	0,2085	0,7409	0,3854	0,8890	0,1317	0,2292	0,6437	0,9521	0,8700	A8
	0,1424	0,2352	0,6786	0,7239	0,8830	0,1379	0,2346	0,6585	0,8776	0,8780	0,1317	0,2313	0,6379	0,9910	0,8700	A9
0,1424	0,2372	0,6728	0,7627	0,8830	0,1379	0,2128	0,7259	0,4490	0,8830	0,1317	0,2334	0,6323	1,0377	0,8700	A10	
G2	0,1424	0,2086	0,7649	0,2581	0,9100	0,1379	0,2098	0,7362	0,4402	0,8890	0,1317	0,1969	0,7491	0,4000	0,8840	A1
	0,1424	0,2103	0,7590	0,3020	0,9080	0,1379	0,2104	0,7340	0,4694	0,8870	0,1317	0,1982	0,7446	0,4530	0,8870	A2
	0,1424	0,2127	0,7505	0,3512	0,9000	0,1379	0,2119	0,7290	0,5042	0,8850	0,1317	0,2031	0,7264	0,5401	0,8790	A3
	0,1424	0,2147	0,7435	0,3897	0,8970	0,1379	0,2109	0,7324	0,5108	0,8880	0,1317	0,2035	0,7252	0,5600	0,8800	A4
	0,1424	0,2173	0,7343	0,4409	0,8920	0,1379	0,2205	0,7005	0,6640	0,8830	0,1317	0,2067	0,7136	0,6360	0,8770	A5
	0,1424	0,2185	0,7303	0,4769	0,8920	0,1379	0,2213	0,6980	0,6580	0,8790	0,1317	0,2089	0,7064	0,6914	0,8760	A6
	0,1424	0,2215	0,7206	0,5376	0,8890	0,1379	0,2056	0,7513	0,3503	0,8910	0,1317	0,2090	0,7064	0,7084	0,8770	A7
	0,1424	0,2221	0,7185	0,5621	0,8910	0,1379	0,2111	0,7317	0,4896	0,8870	0,1317	0,2105	0,7009	0,7684	0,8770	A8
	0,1424	0,2235	0,7141	0,6082	0,8910	0,1379	0,2167	0,7148	0,5949	0,8840	0,1317	0,2128	0,6933	0,7967	0,8750	A9
	0,1424	0,2253	0,7083	0,6462	0,8900	0,1379	0,2211	0,6986	0,6895	0,8810	0,1317	0,2154	0,6851	0,8586	0,8740	A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

6 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi alcançado à medida que se realizou uma extensa análise paramétrica sobre a influência que o coeficiente c/D possui no desempenho de propulsores da série B.

Para viabilizar esse objetivo foram apresentados os fundamentos teóricos que substanciam a Teoria de Linha de Sustentação, cujas limitações incluem, por exemplo, a desconsideração da compressibilidade e da viscosidade do fluido.

Em relação a validação da técnica/ferramenta observou-se uma dificuldade de se obter um modelo geométrico que reproduza as características de projeto do propulsor. Na prática, o propulsor modelado não correspondia exatamente as características impostas na modelagem. Não se vislumbra motivo e, portanto, modificações passíveis de serem realizadas. Nesse caso, a única recomendação possível é realizar um procedimento iterativo de modelagem, realimentando os dados de entrada até que a geometria modelada alcance, de fato, os parâmetros de projeto desejados.

Sobre o desenvolvimento de uma interface transparente ao usuário, observou-se que a interface nativa do aplicativo *OpenProp*, se bem compreendida, oferece simplicidade e flexibilidade suficiente para atender a quaisquer necessidades de estudantes e/ou projetistas. Por essa razão, o maior esforço empregado consistiu em detalhar o significado e a funcionalidade dos diferentes campos existentes na interface.

A partir das análises realizadas com os modelos de 4 pás destinadas a validação da técnica/ferramenta utilizadas, notou-se que as curvas de desempenho obtidas eram próximas aquelas calculadas pelos polinômios interpoladores de Kuiper (1992). Tais diferenças podem ser atribuídas, em parte, pelo fato da Teoria de Linha de Sustentação analisar as seções individualmente, desconsiderando os efeitos tridimensionais do escoamento e, portanto, a interação entre as seções subsequentes.

Guardadas as devidas diferenças entre as metodologias, os resultados são bons o suficiente para justificar a aplicação dessa metodologia na análise preliminar de desempenho de propulsores com geometrias quaisquer.

Analisando os resultados referentes a variação do coeficiente c/D , observou-se que os coeficientes K_T e K_Q apresentaram valores próximos aqueles da geometria original, em especial na região de coeficiente de avanço J entre 0,8 e 1,2. Porém, em regiões do gráfico para J menores que 0,5, os resultados apresentam maiores diferenças. Esse fato pode ser

justificado pela alta velocidade de rotação dos propulsores nesses pontos de operação, onde os efeitos viscosos tendem a se tornar mais influentes, dependendo da geometria adotada. Já em relação a eficiência, os resultados apresentaram um comportamento oposto, havendo uma diferença significativa nos valores de η obtidos na região com coeficiente de avanço J entre 0,8 e 1,2.

Os resultados apresentados permitem concluir que, para quaisquer combinações analisadas, quanto menores os valores constantes de c/D , maior a eficiência obtida, permitindo incrementos da ordem de 5%. Já quando se utilizam valores de c/D menores na ponta das pás, os valores de eficiência obtidos são ainda maiores, chegando próximo de 9%.

Embora tal resultado esteja de acordo com o observado por Kuiper (1992), é necessário salientar que o afilamento da ponta da pá aumenta consideravelmente a ocorrência de cavitação, oferecendo um interessante problema multiobjectivo de maximização da eficiência do propulsor e minimização dos níveis de cavitação ocorridos durante a operação.

Por último, através da análise paramétrica extensiva, observou-se que o comportamento dos coeficientes K_T , K_Q e η se manteve para todas as configurações geométricas analisadas, permitindo inferir que tal comportamento ocorrerá para todos os propulsores da série B que tenham suas características geométricas contidas no intervalo estudado, ou seja, com número de pás variando entre 3 e 5 e com EAR variando de 0,45 a 0,80.

Com isso, ao agrupar os resultados coletados até o momento, tem-se a disposição um amplo conjunto de dados para o entendimento preliminar dos efeitos da distribuição de c/D nos coeficientes K_T , K_Q e η de um propulsor da série B, permitindo que, no futuro, outras combinações entre número de pás, razão EAR e pontos de operação sejam estudadas.

Além disso, uma vez que se utilizou a Teoria de Linha de Sustentação para investigar somente a influência do parâmetro c/D na eficiência do propulsor, sugere-se que futuramente outras características sejam estudadas, como por exemplo, a influência da distribuição de espessura da pá, ângulo de *skew*, ângulo de *rake* etc., de modo que outros efeitos sejam identificados e compreendidos.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, Ira H.; DOENHOFF, Albert E. V. **Theory of Wing Sections: Including a Summary of Airfoil Data.** 1 ed. New York: Dover Publications, 1959.

ANDERSON JR, John D. **Fundamentals of Aerodynamics.** 3 ed. New York: McGraw Hill Education, 2001.

CARLTON, John. **Marine Propellers and Propulsion.** United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2007.

CARPENTER, P. W., HOUGHTON, E. L. **Aerodynamics for Engineering Students.** 5 ed. [S.I]: Butterworth-Heinemann, 2003.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. **Mecânica dos Fluidos: fundamentos e aplicações.** São Paulo: McGraw Hill, 2007.

DARTMOUTH COLLEGE. **Engineering Dartmouth.** OpenProp: Integrated rotor design and analysis. Disponível em: <<https://engineering.dartmouth.edu/openprop/>>. Acesso em: 28 de abr. de 2019.

EPPS, Brenden P. **On the rotor lifting line wake model.** Journal of Ship Production and Design, [S.I], v. 32, n. 3, p. 31-45, 1 fev. 2016.

EPPS, Brenden P., KIMBALL, Richard W. **Unified Rotor Lifting Line Theory.** Journal of Ship Research, [S.I], v. 57, n. 4, p. 181-201, 1 dez. 2013.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GERR, Dave. **Propeller Handbook: The Complete Reference for Choosing, Installing and Understanding Boat Propellers.** 2 ed. United States of America: International Marine Pub Co, 1989.

HURT JR, Hough H. **Aerodynamics for Naval Aviators.** United States of America: University of Southern California, 1959.

KUIPER, G. **The Wageningen Propeller Series.** [S.I]: Marin Publication, 1992. v. 2.

MENDES, Elisa R. **Procedimento para seleção otimizada de um propulsor da série B.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. 2015.

MILNE-THOMSON, Louis M. **Theoretical Hydrodynamics**. 4 ed. London: The MacMillan and Company Ltd, 1952.

MISES, Richard von. **Theory of Flight**. 1 ed. New York: Dover Publications, 1959.

MOLLAND, Anthony F. **The Maritime Engineering Reference Book: A Guide to Ship Design, Construction and Operation**. 1 ed. United Kingdom: Elsevier Science Ltd, 2008.

PANTON, Ronald L. **Incompressible Flow**. 4 ed. United States of America: Wiley, 2013.

SILVA, Victor Gonçalves da. **Análise CFD de um hélice da série B com diferentes ângulos de caimento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. 2017.

WATSON, David G. M. **Practical Ship Design**. 209 p. 1. ed. United Kingdom: Elsevier Science Ltd, 1998.

APÊNDICE A – RESULTADOS NUMÉRICOS KUIPER (1992) E ROTINA MATLAB

Tabela 19 – Valores de K_T obtidos em Kuiper (1992) para o hélice B8-85.

P/d = 0,5		P/d = 0,6		P/d = 0,7		P/d = 0,8		P/d = 0,9	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0	0,19470802	0	0,24986718	0	0,30503521	0	0,36519031	0,00048502	0,42106571
0,01149293	0,1905435	0,0159661	0,24503959	0,02548837	0,29816523	0,01333891	0,36033614	0,02646452	0,41278984
0,01871438	0,18776716	0,03761567	0,23814304	0,05074128	0,29059674	0,02776703	0,35621593	0,04592698	0,40873166
0,0273816	0,1842923	0,05566929	0,23120218	0,06301184	0,28644995	0,04651769	0,35143264	0,06398799	0,40107456
0,03531485	0,18224105	0,07876464	0,2236071	0,07890788	0,2794825	0,06097536	0,34444748	0,0921472	0,39067656
0,04828983	0,17953559	0,09606953	0,21952233	0,09765854	0,27469922	0,07828764	0,33964647	0,11811931	0,38311693
0,06704049	0,17475231	0,11197296	0,21183865	0,11425901	0,26917311	0,09344972	0,33410264	0,1470051	0,37201155
0,07860662	0,16916418	0,13288119	0,20708195	0,13592336	0,26084408	0,10715128	0,33068981	0,17588351	0,36162241
0,09160375	0,16431001	0,1480359	0,20225436	0,15540798	0,25463718	0,12159417	0,32513712	0,20188516	0,35119783
0,10603188	0,16018979	0,16610428	0,19388102	0,17415864	0,24985389	0,13604445	0,31886819	0,22716761	0,34076439
0,11902162	0,15605186	0,18340918	0,18979625	0,19077387	0,24289531	0,14688401	0,31398744	0,24668915	0,3309763
0,13562948	0,14980951	0,20073622	0,18356277	0,20812307	0,23451311	0,16854097	0,30637464	0,27125241	0,320534
0,1507768	0,14569816	0,21805588	0,17804552	0,22833426	0,22759884	0,18875955	0,29874413	0,29509648	0,31008284
0,16449312	0,14085285	0,23468589	0,16965447	0,24206535	0,22132105	0,21476119	0,28831955	0,31242352	0,30384935
0,17676367	0,13670606	0,24622987	0,16621505	0,25793925	0,21650232	0,23213254	0,27778864	0,32975795	0,29689963
0,1868545	0,13468139	0,25706942	0,1613343	0,27600025	0,20884522	0,25377473	0,27160832	0,35505517	0,28503371
0,19912506	0,1305346	0,27077836	0,15720522	0,29478045	0,20119698	0,27544646	0,26256305	0,38900484	0,27112541
0,20922327	0,1277937	0,28522864	0,1509363	0,30921596	0,19636053	0,2920617	0,25560447	0,41143268	0,25850781
0,22007021	0,12219671	0,29536377	0,14461421	0,33019065	0,18515769	0,3043101	0,25360639	0,43380883	0,25090388
0,23378653	0,11735139	0,30763433	0,14046741	0,34607193	0,17962272	0,31805596	0,24589612	0,45620713	0,24115123
0,24461132	0,11390312	0,31630154	0,13699255	0,35619229	0,17473311	0,333952	0,23892868	0,48151912	0,22785284
0,25617007	0,10903122	0,32499091	0,13136898	0,37351934	0,16849963	0,34768309	0,2326509	0,50970787	0,21458989
0,2727853	0,10207264	0,33797327	0,12794728	0,38795485	0,16366318	0,36212599	0,22709821	0,53937931	0,19704724
0,2828909	0,0986155	0,35097778	0,12237687	0,40605277	0,15242489	0,37874861	0,21942339	0,56610753	0,18591528
0,30021056	0,09309826	0,35748743	0,11887543	0,42120009	0,14831354	0,3975288	0,21177515	0,59791439	0,17054792
0,31251065	0,08608651	0,36975798	0,11472864	0,4414482	0,13781807	0,42354522	0,19991809	0,62539133	0,15655987
0,32552255	0,07979986	0,38781898	0,10707154	0,45159072	0,13077974	0,44019737	0,18937832	0,64343757	0,15033525
0,3385123	0,07566193	0,40226926	0,10080261	0,46965172	0,12312265	0,46693297	0,17753013	0,66223253	0,1425454
0,35007104	0,07079004	0,42178342	0,09173076	0,49346626	0,11553643	0,49221543	0,16709669	0,67671235	0,13212066

a) P/D igual 0,5 até 0,9 parte 1

P/d = 0,5		P/d = 0,6		P/d = 0,7		P/d = 0,8		P/d = 0,9	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,36089583	0,06734176	0,43985919	0,08264119	0,51154203	0,10644686	0,51100301	0,15873221	0,69477335	0,12446356
0,37317377	0,06247873	0,45721577	0,07354275	0,53105618	0,09737501	0,52259129	0,15099537	0,71430228	0,11395923
0,38401333	0,05759797	0,46804056	0,07009448	0,54915411	0,08613672	0,52837435	0,1482013	0,73816111	0,1020756
0,39050081	0,05624524	0,4817495	0,0659654	0,5672225	0,07776339	0,55002393	0,14130475	0,76418491	0,0895023
0,39704737	0,04916261	0,49186248	0,06179202	0,58598792	0,07154763	0,56448898	0,13360334	0,78731717	0,07832604
0,40931793	0,04501582	0,51065006	0,05342755	0,60262531	0,06244033	0,58543413	0,12526545	0,80471067	0,06564642
0,41797776	0,0422572	0,53160259	0,04437342	0,61706821	0,05688764	0,61146531	0,11197592	0,81987276	0,06010259
0,42663759	0,03949857	0,53883881	0,0401646	0,62718857	0,05199803	0,63749649	0,09868639	0,8423006	0,04748499
0,43674319	0,03604143	0,54895179	0,03599122	0,64164624	0,04501286	0,65919775	0,08677617	0,85531249	0,04119835
0,44612959	0,03257543	0,55762639	0,03180013	0,65393894	0,03871736	0,67797795	0,07912793	0,86687862	0,03561021
0,45624996	0,02768582	0,56847333	0,02620313	0,66405931	0,03382774	0,69389615	0,07001178	0,87771818	0,03072946
0,4627596	0,02418438	0,57858631	0,02202976	0,67850959	0,02755882	0,71126011	0,0601971	0,89288765	0,0244694
0,46927662	0,0199667	0,58725352	0,0185549	0,685034	0,0226249	0,7321905	0,05329169	0,90518774	0,01745765
0,47577888	0,01718149	0,59376316	0,01505345	0,69515436	0,01773528	0,75459618	0,0428228	0,91172692	0,01109126
0,4851579	0,01443173	0,60314957	0,01158745	0,70528949	0,01141319	0,77774321	0,03021407	0,92182513	0,00835036
0,49312808	0,0087993	0,60750164	0,00805943	0,71323752	0,00792947	0,79149645	0,02178757	0,92906873	0,0034253
0,49892591	0,00457276	0,6132847	0,00526536	0,72047373	0,00372065	0,81318295	0,01130982	0,93268684	0,00132089
0,50759312	0	0,62196668	0	0,72699076	0	0,82910115	0	0,93702414	0

b) P/D igual 0,5 até 0,9 parte 2

P/d = 1,0		P/d = 1,1		P/d = 1,2		P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0	0,4790721	0	0,53209141	0	0,58365167	0	0,63236469	0	0,67979912
0,02227785	0,47004456	0,02818939	0,52455837	0,02116288	0,57819645	0,03148556	0,62345233	0,03735369	0,66822354
0,05617583	0,46114992	0,05347185	0,51412492	0,05074571	0,56924864	0,05601929	0,61587498	0,08063808	0,6558629
0,0865	0,45006226	0,08524917	0,50162252	0,08104774	0,5603097	0,09426934	0,60345232	0,11874428	0,64343846
0,11754337	0,43898347	0,10764009	0,49258611	0,11858597	0,54716194	0,12454182	0,59737833	0,16118336	0,62934822
0,14931331	0,4271973	0,14012922	0,4808088	0,14532896	0,53459751	0,1577723	0,58346116	0,19151344	0,61768758
0,17602676	0,41749781	0,16031826	0,47604323	0,1727616	0,52490689	0,18379609	0,57088787	0,23481555	0,60360797
0,20202102	0,40778947	0,18631991	0,46561865	0,20668912	0,5131473	0,21703395	0,55625447	0,27036811	0,5877137
0,22659905	0,39591469	0,22026219	0,45242659	0,23271291	0,500574	0,25530615	0,54168309	0,315414	0,57193638
0,25765718	0,38340342	0,25060113	0,43990645	0,25728356	0,48941546	0,28132256	0,52982604	0,36051305	0,55100216
0,2843854	0,37227147	0,2845508	0,42599815	0,28327043	0,48042336	0,32537782	0,51246059	0,40474021	0,53091678
0,30533794	0,36321733	0,31056721	0,4141411	0,30929423	0,46785006	0,35137947	0,50203601	0,43684065	0,51497998
0,32486686	0,35271301	0,33368471	0,40439731	0,34685462	0,45255359	0,37739588	0,49017896	0,46372748	0,50241732
0,35088327	0,34085595	0,35604609	0,39822585	0,36562743	0,44562159	0,39977203	0,48257502	0,49578362	0,49077794
0,37543915	0,33112989	0,38276692	0,38781013	0,39022023	0,43231434	0,42942132	0,46718108	0,52704762	0,47225204
0,39783745	0,32137724	0,40376376	0,37445857	0,41622187	0,42188975	0,45543773	0,45532402	0,5469859	0,46390175
0,41882691	0,30874192	0,42761522	0,36329117	0,44079251	0,41073121	0,49083316	0,44071721	0,57729826	0,45396007
0,44192225	0,30114685	0,44931648	0,35138095	0,46323512	0,39668114	0,51613777	0,42813505	0,60423825	0,4362405
0,47374388	0,28434701	0,46954244	0,3430342	0,48203008	0,38760043	0,5429029	0,4134219	0,63285999	0,42283962
0,50700389	0,2675649	0,48763298	0,33251215	0,50729038	0,3793157	0,56821489	0,40012351	0,66323438	0,40688155
0,53736498	0,25289606	0,50930471	0,32346688	0,53836329	0,36537195	0,59787156	0,38401333	0,68667795	0,39041687
0,55835444	0,24026074	0,54039976	0,30737442	0,56079112	0,35275436	0,63398619	0,36941537	0,70747926	0,3850772
0,57350176	0,23614938	0,58379491	0,28427022	0,58032743	0,34153379	0,65856422	0,3575406	0,731777	0,37248264
0,59376464	0,22422144	0,61341466	0,27174123	0,60780438	0,32754574	0,68314963	0,34494958	0,75780965	0,35904986
0,61979582	0,21093191	0,65316954	0,25289015	0,63095879	0,31422077	0,71279891	0,32955564	0,79508828	0,34317686
0,64941557	0,19840292	0,68715613	0,23540066	0,65987412	0,30025044	0,73451495	0,31621294	0,82204599	0,32373831
0,67905747	0,18372522	0,71464784	0,21998013	0,68160492	0,28547527	0,77133399	0,30305632	0,85501832	0,30695266
0,71303668	0,16695196	0,73780964	0,20593892	0,70687999	0,27575807	0,80174678	0,28337381	0,88885368	0,29017763
0,73688075	0,1565008	0,75805037	0,19615969	0,72786944	0,26312275	0,83502894	0,26444299	0,91574051	0,27761497

c) P/D igual a 1,0 até 1,4 parte 1.

P/d = 1,0		P/d = 1,1		P/d = 1,2		P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,76003516	0,14317582	0,78409632	0,18143769	0,7495264	0,25550995	0,86539742	0,24905791	0,94441542	0,25905718
0,78751949	0,12847154	0,81443526	0,16891756	0,77194686	0,24360859	0,90447741	0,22590054	0,97475436	0,24653705
0,81280932	0,11732186	0,85205472	0,14789118	0,80804671	0,23044311	0,95220247	0,20141702	1,00426571	0,23056834
0,83091463	0,10536734	0,88963726	0,13044599	0,83773292	0,21146798	0,98906582	0,18396298	1,0364016	0,2111936
0,85114798	0,09630434	0,92436519	0,11081665	0,85439246	0,20021197	1,01437781	0,17066458	1,06327957	0,19949042
0,87572601	0,08442957	0,94605907	0,09962267	0,88619194	0,18556085	1,04981755	0,15176034	1,09193675	0,1826516
0,89093978	0,07387208	0,96342304	0,08980799	0,93395392	0,15749615	1,07873287	0,13779001	1,11620791	0,17263549
0,91620747	0,06487111	0,98510953	0,07933025	0,96795527	0,13857418	1,11487703	0,1203271	1,13962489	0,16174927
0,9386353	0,05225351	1,00894622	0,06959532	0,99684845	0,12675257	1,14308055	0,10563168	1,16135126	0,14740384
0,95889819	0,04032557	1,02992091	0,05839248	1,0264682	0,11422358	1,17490218	0,08883184	1,19343398	0,13318601
0,96973774	0,03544482	1,06102334	0,04158378	1,04601927	0,10157054	1,20309832	0,07485266	1,22637974	0,11897881
0,98710171	0,02563014	1,07982569	0,03178683	1,07278441	0,08685739	1,23344464	0,06161629	1,25507237	0,09870204
0,99937964	0,02076711	1,09934723	0,02199874	1,09880082	0,07500033	1,25662121	0,0461426	1,29582969	0,08029311
1,00951478	0,01444502	1,10948974	0,01496042	1,12919145	0,05746654	1,28766458	0,03506381	1,33051922	0,0643882
1,01890118	0,01097902	1,12178245	0,00866491	1,16026435	0,0435228	1,31084114	0,01959012	1,3600483	0,04670053
1,02542559	0,0060451	1,12758028	0,00443837	1,18198038	0,0301801	1,32817557	0,0126404	1,38779815	0,0341485
1,03194262	0,00182742	1,13337812	0,00021183	1,20799679	0,01832304	1,3397417	0,00705227	1,41469384	0,02072635
1,03627991	0	1,13698884	0	1,24415572	0	1,35202702	0,001473	1,44936565	0,00654042

d) P/D igual a 1,0 até 1,4 parte 2
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 20 – Resultados de K_T pelo polinômio interpolador para o hélice B8-85.

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,0001	0,19406849	0,25018452	0,30808309	0,36656839	0,42455796	0,48111721	0,53549848	0,58718471	0,63593771	0,68185103
0,1	0,16439465	0,21917712	0,27593953	0,33353275	0,39092437	0,44723425	0,50177469	0,55409546	0,60403343	0,65176701
0,11006711	0,16116771	0,21581558	0,27246306	0,32996558	0,38729555	0,44357797	0,49813074	0,55050972	0,60055852	0,6484631
0,12013423	0,15789981	0,21241302	0,26894548	0,32635714	0,38362519	0,43987972	0,49444411	0,54688023	0,59703829	0,64511157
0,13020134	0,15459154	0,20897004	0,2653874	0,32270804	0,37991389	0,43614006	0,49071537	0,54320756	0,5934733	0,641713
0,14026846	0,15124351	0,20548724	0,26178939	0,31901884	0,37616221	0,43235959	0,48694511	0,53949229	0,58986412	0,63826796
0,15033557	0,1478563	0,20196521	0,25815205	0,31529015	0,37237075	0,42853887	0,48313389	0,53573498	0,58621132	0,634777
0,16040268	0,14443051	0,19840455	0,25447597	0,31152254	0,36854009	0,42467849	0,47928228	0,53193621	0,58251545	0,6312407
0,1704698	0,14096673	0,19480584	0,25076175	0,3077166	0,36467081	0,42077902	0,47539087	0,52809654	0,57877709	0,62765962
0,18053691	0,13746557	0,19116968	0,24700997	0,30387293	0,3607635	0,41684105	0,47146022	0,52421654	0,5749968	0,62403432
0,19060403	0,13392762	0,18749667	0,24322122	0,2999921	0,35681873	0,41286514	0,46749091	0,52029678	0,57117515	0,62036537
0,20067114	0,13035348	0,18378739	0,2393961	0,29607471	0,35283709	0,40885189	0,46348352	0,51633784	0,56731271	0,61665334
0,21073826	0,12674373	0,18004245	0,23553519	0,29212134	0,34881916	0,40480186	0,45943861	0,51234028	0,56341004	0,61289878
0,22080537	0,12309897	0,17626242	0,23163908	0,28813259	0,34476553	0,40071564	0,45535676	0,50830466	0,55946771	0,60910228
0,23087248	0,11941981	0,17244792	0,22770837	0,28410902	0,34067678	0,3965938	0,45123854	0,50423157	0,55548628	0,60526438
0,2409396	0,11570684	0,16859953	0,22374365	0,28005124	0,33655349	0,39243693	0,44708453	0,50012157	0,55146633	0,60138567
0,25100671	0,11196065	0,16471784	0,21974551	0,27595984	0,33239624	0,3882456	0,44289531	0,49597523	0,54740841	0,59746669
0,26107383	0,10818183	0,16080346	0,21571453	0,27183539	0,32820563	0,38402039	0,43867143	0,49179311	0,5433131	0,59350803
0,27114094	0,10437099	0,15685696	0,21165131	0,26767848	0,32398222	0,37976187	0,43441349	0,48757579	0,53918096	0,58951023
0,28120805	0,10052872	0,15287895	0,20755644	0,26348971	0,31972661	0,37547063	0,43012205	0,48332385	0,53501255	0,58547388
0,29127517	0,09665561	0,14887002	0,20343052	0,25926966	0,31543937	0,37114725	0,42579768	0,47903783	0,53080845	0,58139953
0,30134228	0,09275226	0,14483076	0,19927412	0,25501891	0,31112109	0,3667923	0,42144096	0,47471833	0,52656922	0,57728775
0,3114094	0,08881927	0,14076177	0,19508784	0,25073806	0,30677236	0,36240636	0,41705247	0,4703659	0,52229543	0,57313911
0,32147651	0,08485724	0,13666364	0,19087228	0,24642769	0,30239375	0,35799001	0,41263278	0,46598111	0,51798764	0,56895416
0,33154362	0,08086675	0,13253696	0,18662802	0,24208838	0,29798585	0,35354383	0,40818245	0,46156454	0,51364641	0,56473348
0,34161074	0,0768484	0,12838233	0,18235565	0,23772073	0,29354924	0,34906839	0,40370207	0,45711676	0,50927233	0,56047764
0,35167785	0,07280279	0,12420034	0,17805577	0,23332532	0,2890845	0,34456428	0,39919221	0,45263833	0,50486594	0,55618719
0,36174497	0,06873052	0,11999158	0,17372896	0,22890275	0,28459223	0,34003208	0,39465344	0,44812982	0,50042783	0,5518627
0,37181208	0,06463217	0,11575665	0,16937581	0,22445359	0,28007299	0,33547235	0,39008633	0,44359181	0,49595855	0,54750474
0,38187919	0,06050836	0,11149615	0,16499693	0,21997843	0,27552738	0,33088569	0,38549147	0,43902486	0,49145866	0,54311387
0,39194631	0,05635966	0,10721065	0,16059289	0,21547786	0,27095597	0,32627266	0,38086942	0,43442954	0,48692875	0,53869066
0,40201342	0,05218668	0,10290077	0,15616429	0,21095247	0,26635935	0,32163385	0,37622075	0,42980642	0,48236937	0,53423568
0,41208054	0,04799002	0,09856708	0,15171171	0,20640285	0,2617381	0,31696984	0,37154605	0,42515607	0,4777811	0,52974949
0,42214765	0,04377026	0,0942102	0,14723576	0,20182957	0,25709281	0,3122812	0,36684588	0,42047906	0,47316448	0,52523265
0,43221477	0,03952801	0,0898307	0,14273701	0,19723324	0,25242406	0,30756851	0,36212082	0,41577597	0,46852011	0,52068573

a) Parte 1

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,44228188	0,03526385	0,08542918	0,13821607	0,19261443	0,24773242	0,30283235	0,35737144	0,41104735	0,46384853	0,51610929
0,45234899	0,0309784	0,08100624	0,13367351	0,18797374	0,2430185	0,2980733	0,35259831	0,40629378	0,45915031	0,51150391
0,46241611	0,02667223	0,07656246	0,12910994	0,18331175	0,23828286	0,29329194	0,34780202	0,40151583	0,45442603	0,50687014
0,47248322	0,02234595	0,07209846	0,12452594	0,17862904	0,23352608	0,28848884	0,34298312	0,39671407	0,44967625	0,50220856
0,48255034	0,01800016	0,0676148	0,1199221	0,17392621	0,22874877	0,28366459	0,33814221	0,39188906	0,44490154	0,49751972
0,49261745	0,01363544	0,0631121	0,11529902	0,16920385	0,22395148	0,27881976	0,33327984	0,38704139	0,44010245	0,49280419
0,50268456	0,00925239	0,05859094	0,11065728	0,16446253	0,21913482	0,27395493	0,3283966	0,3821716	0,43527957	0,48806255
0,51275168	0,00485162	0,05405192	0,10599748	0,15970284	0,21429936	0,26907068	0,32349306	0,37728029	0,43043344	0,48329535
0,52281879	0,00043371	0,04949563	0,1013202	0,15492539	0,20944568	0,26416759	0,31856979	0,37236801	0,42556465	0,47850315
0,53288591		0,04492266	0,09662604	0,15013074	0,20457437	0,25924623	0,31362736	0,36743533	0,42067376	0,47368653
0,54295302		0,04033361	0,09191559	0,14531949	0,19968601	0,25430719	0,30866635	0,36248283	0,41576133	0,46884605
0,55302013		0,03572907	0,08718943	0,14049222	0,19478119	0,24935104	0,30368734	0,35751107	0,41082793	0,46398228
0,56308725		0,03110963	0,08244816	0,13564953	0,18986048	0,24437836	0,29869089	0,35252063	0,40587413	0,45909577
0,57315436		0,0264759	0,07769238	0,13079199	0,18492447	0,23938973	0,29367758	0,34751207	0,40090049	0,45418711
0,58322148		0,02182845	0,07292266	0,1259202	0,17997374	0,23438573	0,28864799	0,34248596	0,39590758	0,44925684
0,59328859		0,01716789	0,0681396	0,12103475	0,17500888	0,22936693	0,28360268	0,33744287	0,39089596	0,44430554
0,6033557		0,01249481	0,0633438	0,11613621	0,17003047	0,22433392	0,27854224	0,33238337	0,38586621	0,43933378
0,61342282		0,0078098	0,05853583	0,11122518	0,16503909	0,21928727	0,27346723	0,32730804	0,38081888	0,43434211
0,62348993		0,00311346	0,0537163	0,10630225	0,16003532	0,21422757	0,26837823	0,32221743	0,37575455	0,4293311
0,63355705			0,04888579	0,101368	0,15501975	0,20915538	0,26327581	0,31711213	0,37067378	0,42430132
0,64362416			0,0440449	0,09642302	0,14999296	0,20407129	0,25816054	0,31199269	0,36557714	0,41925334
0,65369128			0,03919421	0,09146789	0,14495553	0,19897588	0,25303301	0,3068597	0,3604652	0,41418772
0,66375839			0,03433432	0,08650321	0,13990805	0,19386972	0,24789378	0,30171371	0,35533851	0,40910502
0,6738255			0,02946581	0,08152956	0,1348511	0,18875339	0,24274343	0,29655529	0,35019765	0,40400581
0,68389262			0,02458928	0,07654752	0,12978527	0,18362748	0,23758253	0,29138503	0,34504319	0,39889066
0,69395973			0,01970532	0,07155769	0,12471112	0,17849255	0,23241165	0,28620348	0,33987568	0,39376013
0,70402685			0,01481451	0,06656066	0,11962926	0,1733492	0,22723138	0,28101122	0,3346957	0,38861479
0,71409396			0,00991746	0,061557	0,11454025	0,16819799	0,22204227	0,27580882	0,32950381	0,38345519
0,72416107			0,00501474	0,0565473	0,10944469	0,16303951	0,21684491	0,27059684	0,32430059	0,37828192
0,73422819			0,00010695	0,05153216	0,10434316	0,15787433	0,21163987	0,26537585	0,31908658	0,37309553
0,7442953				0,04651216	0,09923624	0,15270303	0,20642773	0,26014643	0,31386237	0,36789658
0,75436242				0,04148789	0,09412451	0,14752619	0,20120905	0,25490914	0,30862852	0,36268565
0,76442953				0,03645994	0,08900855	0,14234439	0,19598441	0,24966455	0,30338559	0,3574633
0,77449664				0,03142888	0,08388896	0,13715821	0,19075439	0,24441324	0,29813416	0,3522301
0,78456376				0,02639531	0,07876631	0,13196822	0,18551955	0,23915577	0,29287478	0,3469866
0,79463087				0,02135982	0,07364118	0,12677501	0,18028048	0,23389271	0,28760802	0,34173338
0,80469799				0,01632299	0,06851416	0,12157915	0,17503774	0,22862464	0,28233446	0,336471

b) Parte 2

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,8147651				0,01128542	0,06338583	0,11638122	0,16979191	0,22335211	0,27705465	0,33120003
0,82483221				0,00624768	0,05825677	0,11118179	0,16454357	0,2180757	0,27176916	0,32592103
0,83489933				0,00121036	0,05312757	0,10598146	0,15929328	0,21279599	0,26647857	0,32063456
0,84496644					0,04799881	0,10078079	0,15404162	0,20751353	0,26118342	0,3153412
0,85503356					0,04287107	0,09558037	0,14878917	0,2022289	0,25588431	0,3100415
0,86510067					0,03774494	0,09038076	0,14353649	0,19694267	0,25058178	0,30473604
0,87516779					0,032621	0,08518256	0,13828417	0,1916554	0,2452764	0,29942538
0,8852349					0,02749982	0,07998634	0,13303277	0,18636767	0,23996875	0,29411008
0,89530201					0,02238201	0,07479267	0,12778287	0,18108005	0,23465939	0,28879072
0,90536913					0,01726813	0,06960215	0,12253505	0,17579311	0,22934887	0,28346784
0,91543624					0,01215877	0,06441533	0,11728987	0,17050741	0,22403778	0,27814203
0,92550336					0,00705451	0,05923281	0,11204791	0,16522353	0,21872668	0,27281384
0,93557047					0,00195594	0,05405516	0,10680975	0,15994203	0,21341613	0,26748385
0,94563758						0,04888296	0,10157595	0,15466348	0,2081067	0,26215261
0,9557047						0,04371678	0,09634709	0,14938846	0,20279896	0,25682069
0,96577181						0,03855722	0,09112375	0,14411753	0,19749347	0,25148866
0,97583893						0,03340483	0,0859065	0,13885126	0,1921908	0,24615709
0,98590604						0,02826021	0,08069592	0,13359023	0,18689151	0,24082653
0,99597315						0,02312393	0,07549256	0,12833499	0,18159618	0,23549756
1,006040						0,01799658	0,07029702	0,12308613	0,17630536	0,23017073
1,016107						0,01287872	0,06510986	0,11784421	0,17101963	0,22484662
1,026174						0,00777093	0,05993166	0,1126098	0,16573955	0,2195258
1,036242						0,0026738	0,054763	0,10738346	0,16046569	0,21420881
1,046309							0,04960443	0,10216578	0,15519862	0,20889624
1,056376							0,04445655	0,09695732	0,14993889	0,20358864
1,066443							0,03931991	0,09175864	0,14468708	0,19828659
1,076510							0,03419511	0,08657032	0,13944375	0,19299064
1,086577							0,0290827	0,08139292	0,13420947	0,18770137
1,096644							0,02398327	0,07622703	0,12898481	0,18241933
1,106711							0,01889738	0,07107319	0,12377033	0,1771451
1,116779							0,01382562	0,065932	0,1185666	0,17187923
1,126846							0,00876855	0,06080401	0,11337419	0,1666223
1,136913							0,00372675	0,05568979	0,10819365	0,16137487
1,146980								0,05058992	0,10302557	0,15613751
1,157047								0,04550496	0,09787049	0,15091078

c) Parte 3

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
1,167114								0,04043548	0,09272901	0,14569524
1,177181								0,03538206	0,08760166	0,14049146
1,187248								0,03034525	0,08248903	0,13530001
1,197315								0,02532564	0,07739168	0,13012146
1,207383								0,02032379	0,07231018	0,12495636
1,217450								0,01534027	0,06724509	0,11980528
1,227517								0,01037565	0,06219698	0,11466879
1,237584								0,0054305	0,05716641	0,10954746
1,247651								0,00050538	0,05215396	0,10444185
1,257718									0,04716019	0,09935252
1,267785									0,04218566	0,09428004
1,277852									0,03723094	0,08922497
1,287919									0,0322966	0,08418789
1,297987									0,0273832	0,07916936
1,308054									0,02249132	0,07416993
1,318121									0,01762151	0,06919019
1,328188									0,01277434	0,06423068
1,338255									0,00795039	0,05929199
1,348322									0,00315021	0,05437467
1,358389									0	0,04947928
1,368456										0,0446064
1,378523										0,0397566
1,388591										0,03493042
1,398658										0,03012845
1,408725										0,02535125
1,418792										0,02059937
1,428859										0,0158734
1,438926										0,01117388
1,448993										0,00650139
1,459060										0,0018565

d) Parte 4

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 21 – Valores de $10 \cdot K_Q$ obtidos em Kuiper (1992) para o hélice B8-85.

P/d = 0,5		P/d = 0,6		P/d = 0,7		P/d = 0,8		P/d = 0,9	
J	KQ	J	KQ	J	KQ	J	KQ	J	KQ
0	0,17872986	0	0,2500884	0	0,34285964	0	0,45285249	0	0,58523448
0,05104343	0,1775638	0,04695334	0,2394042	0,03475043	0,33466884	0,04057366	0,4396111	0,04097062	0,56855515
0,0960716	0,16350546	0,08587828	0,23128783	0,07802595	0,32316769	0,08474766	0,42468264	0,08603423	0,55105887
0,14279924	0,15204683	0,12999911	0,22151628	0,11873897	0,30905618	0,13756967	0,40814153	0,12420246	0,53261803
0,18520287	0,14139453	0,16377245	0,21075765	0,17155212	0,29337456	0,17657435	0,39228979	0,15803782	0,51584301
0,23280241	0,12908706	0,19321292	0,20166483	0,22008557	0,27420184	0,21041857	0,37465528	0,20573482	0,4940812
0,26567727	0,12175574	0,22433515	0,1968907	0,25912569	0,25491215	0,24507266	0,36218832	0,24563798	0,47480215
0,30721788	0,11109281	0,24083904	0,1867789	0,29807721	0,24421732	0,27455744	0,34879807	0,28729377	0,4529659
0,34874076	0,10214884	0,26509247	0,17848176	0,32927032	0,23256731	0,3014354	0,33709489	0,31507907	0,43697594
0,38511205	0,09056263	0,29798506	0,16943147	0,356166	0,21914516	0,32918526	0,32454286	0,35241971	0,41508653
0,41279988	0,084027	0,33780846	0,15788779	0,40034	0,2042167	0,35176579	0,31106755	0,3957927	0,39413104
0,4439221	0,07925287	0,36292492	0,14960129	0,43591914	0,18574397	0,38297663	0,29769857	0,45314252	0,35701545
0,48378981	0,06341176	0,39499879	0,13624294	0,47752177	0,16906464	0,40727436	0,28510401	0,506062	0,33102001
0,52537472	0,0484514	0,45388859	0,11719781	0,50872375	0,15655514	0,4445707	0,26751203	0,55034232	0,30577773
		0,48939685	0,10560096	0,54165178	0,14406691	0,4671158	0,25747466	0,59640187	0,2753998
		0,52145299	0,09396158	0,59105711	0,12404534	0,49144012	0,24230164	0,62593095	0,25771213
		0,56134728	0,07554202	0,63617389	0,10139214	0,51660974	0,22885823	0,64942768	0,23909054
		0,59860818	0,06138798	0,6743244	0,08467028	0,55218889	0,2103855	0,69282725	0,21555659
				0,71420983	0,0671102	0,57820382	0,19867169	0,7266892	0,19620311
				0,73591848	0,05448374	0,61550017	0,18107971	0,76146734	0,17170335
				0,77060801	0,03857884	0,6389969	0,16245812	0,78233068	0,15734729
						0,66672903	0,15162507	0,82403078	0,13121362
						0,70491498	0,13146526	0,86310634	0,108486
						0,73358103	0,11376696	0,89174581	0,09336615
						0,76480072	0,09953849	0,91956655	0,07393823
						0,79865381	0,08104449	0,94911334	0,05453159
						0,82817403	0,0642163		
						0,85855727	0,04739875		
						0,87939403	0,03562114		
						0,89330883	0,02547744		

a) P/D igual a 0,5 até 0,9 parte 1

P/d = 1,0		P/d = 1,1		P/d = 1,2		P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	KQ	J	KQ	J	KQ	J	KQ	J	KQ
0	0,72277338	0	0,87577238	0	1,04087861	0	1,21879205	0	1,40285227
0,02741733	0,71108084	0,02323332	0,86575628	0,03884583	1,02583319	0,02058753	1,20612306	0,01399892	1,39765992
0,057774	0,69684174	0,05186393	0,85149591	0,07011869	1,00644781	0,04747435	1,1935604	0,02658109	1,39246757
0,08723219	0,68602994	0,08480082	0,8381482	0,10312646	0,98622421	0,08042896	1,17849372	0,03739205	1,38547095
0,12022224	0,66752532	0,11173195	0,82128811	0,13696183	0,96944919	0,10824084	1,15992529	0,05001097	1,37671414
0,15403989	0,65246926	0,14731995	0,80195589	0,16390182	0,95172961	0,14906019	1,13549996	0,06080355	1,37149975
0,1852773	0,63652182	0,17769434	0,78599782	0,19340431	0,93662039	0,18466592	1,11444878	0,07521204	1,36276499
0,21826736	0,61801719	0,20894947	0,76833141	0,21599371	0,9222856	0,21338513	1,09159356	0,0949709	1,35587861
0,23826767	0,6036505	0,23765983	0,74633568	0,23513099	0,90790827	0,2403517	1,07129553	0,10941613	1,34357939
0,26343729	0,59020709	0,26805193	0,72865864	0,26640385	0,88852289	0,27686476	1,04595755	0,12744053	1,33132427
0,29467471	0,57425965	0,3036488	0,70846694	0,28901097	0,87246913	0,30207869	1,02821671	0,1508704	1,31557084
0,31727297	0,55906537	0,33493938	0,68736259	0,30903786	0,85552398	0,3403178	1,0029	0,17431865	1,29803518
0,34937341	0,54312856	0,36794715	0,66713899	0,33334446	0,84206993	0,36904588	0,97918529	0,20130931	1,28410808
0,38497914	0,52207738	0,39578561	0,64599211	0,35943028	0,82348024	0,40040734	0,95120506	0,22475756	1,26657242
0,41016649	0,506915	0,41927349	0,62823001	0,37857642	0,80824343	0,43087033	0,92665214	0,24645298	1,24545025
0,42150106	0,49587991	0,4435978	0,61305699	0,40031165	0,79303851	0,46571936	0,8952765	0,27709628	1,22443833
0,43802267	0,48404914	0,46187205	0,59866903	0,42551671	0,77615716	0,48483006	0,88347763	0,30596839	1,20162213
0,45886829	0,47141205	0,48533334	0,58348538	0,44556133	0,75749304	0,51095132	0,86144999	0,32764543	1,18228219
0,47799671	0,45789421	0,51056499	0,56402557	0,46295483	0,74481342	0,53533766	0,84026058	0,35474633	1,15766172
0,50492783	0,44103412	0,5236079	0,55473073	0,48471664	0,72703005	0,5588787	0,81734157	0,38902391	1,1313472
0,5336116	0,42161685	0,54189988	0,5386238	0,48646042	0,72533234	0,5797509	0,80212602	0,41787764	1,11031323
0,55361191	0,40725015	0,56273663	0,52684619	0,50036636	0,71604813	0,59198394	0,78766363	0,43960981	1,08562661
0,57620131	0,39291536	0,58536147	0,50907345	0,51517963	0,70247712	0,60940402	0,77240555	0,45765257	1,07158926
0,60141524	0,37517452	0,60450762	0,49383664	0,53435235	0,68466186	0,62766941	0,75887708	0,47388739	1,0593121
0,62662031	0,35829316	0,62537095	0,47948058	0,55783136	0,66775924	0,64597911	0,74105118	0,49556443	1,03997216
0,64748365	0,3439371	0,65149222	0,45745295	0,58310732	0,644002	0,66863939	0,7198405	0,52080226	1,02245855
0,67531325	0,32364971	0,67498895	0,43883136	0,60830353	0,62798014	0,68342608	0,70884795	0,53351304	1,0047906
0,69622089	0,30499622	0,69414395	0,42273506	0,61789432	0,61864276	0,70180666	0,68414617	0,54799503	0,98892693
0,71969104	0,28895309	0,71243592	0,40662813	0,6318357	0,6059206	0,72091736	0,67234729	0,56782737	0,97491163
0,76140886	0,26110045	0,73682227	0,38543872	0,65271676	0,58984557	0,74444953	0,65028776	0,58592526	0,9555276
0,78142689	0,24501478	0,75506107	0,3744887	0,6701457	0,57372801	0,75751902	0,63841446	0,60579435	0,93794784
0,81182786	0,22647826	0,78200106	0,35676913	0,69629355	0,54912192	0,77927197	0,62149058	0,62391061	0,91678158
0,84049391	0,20877995	0,80555096	0,33299063	0,72062673	0,53308942	0,78979668	0,60528795	0,64743236	0,89211701
0,865761	0,1858822	0,8307383	0,31782824	0,74245942	0,50843017	0,80981471	0,58920229	0,66728308	0,87631948
0,88835926	0,17068792	0,85947524	0,29325406	0,7624686	0,49320399	0,82468115	0,57047437	0,68355464	0,86047786
0,9214202	0,14530741	0,87951985	0,27458993	0,78164132	0,47538872	0,8411939	0,55950309	0,69986295	0,84107178
0,93618917	0,13603383	0,90214469	0,2568172	0,79818065	0,46183898	0,85341808	0,54590018	0,71428981	0,83055479
0,96661672	0,11491884	0,92218931	0,23815308	0,81734451	0,4448832	0,87085589	0,52892313	0,73771969	0,81480136

b) P/D igual a 0,5 até 0,9 parte 2

P/d = 1,0		P/d = 1,1		P/d = 1,2		P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	KQ	J	KQ	J	KQ	J	KQ	J	KQ
0,99180406	0,09975646	0,95347988	0,21704873	0,83826988	0,42451074	0,89008177	0,50595095	0,7521833	0,80071992
1,02742751	0,07698631	0,9839606	0,19077683	0,86523645	0,40421271	0,91704834	0,48565293	0,76491245	0,78126974
1,05698317	0,05672018	1,01179906	0,16962995	0,88965823	0,37958536	0,93187934	0,47036295	0,78295522	0,76723239
0,99180406	0,09975646	1,03616768	0,15015951	0,90972057	0,35920227	0,95107864	0,44996923	0,80107148	0,74606613
1,02742751	0,07698631	1,06143477	0,12726176	0,9384132	0,33892551	0,96852531	0,43213269	0,81555347	0,73020246
1,05698317	0,05672018	1,07361465	0,11795628	0,96111778	0,3134174	0,98767145	0,41689588	0,8344651	0,7098492
		1,09445141	0,10617868	0,98460565	0,2956553	1,00424622	0,3999082	0,84834446	0,70314345
		1,11711169	0,084968	1,00118043	0,27866762	1,01732457	0,38717541	0,85708994	0,69207647
		1,14148032	0,06549756	1,0229511	0,26002476	1,03477124	0,36933888	0,86755263	0,68189024
		1,16150721	0,04855241	1,0525422	0,23632069	1,04789389	0,35230867	0,87978567	0,66742785
		1,17890071	0,03587279	1,06735547	0,22274968	1,06964684	0,33538478	0,88763268	0,65978818
				1,09086107	0,20326861	1,09665772	0,31078933	0,89810423	0,64874246
				1,12569237	0,17361194	1,11663145	0,29900109	0,90510593	0,63937319
				1,14922454	0,15155241	1,12544782	0,28105823	0,91382483	0,63088466
				1,17447392	0,13037363	1,1463466	0,26326422	0,9251594	0,61984958
				1,19191172	0,11339658	1,17253875	0,23436071	0,93734814	0,60968462
				1,20931408	0,09985747	1,18996769	0,21824315	0,95045308	0,59437338
				1,22934097	0,08291232	1,20999458	0,201298	0,95483911	0,58755066
				1,25807791	0,05833813	1,23000375	0,18607182	0,96707216	0,57308827
				1,27895897	0,0422631	1,25612501	0,16404419	0,98280162	0,55437098

c) P/D igual a 1,0 até 1,4 parte 1

P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	KQ	J	KQ
1,27099145	0,14531627	1,00281965	0,53828532
1,29281529	0,1215165	1,01767723	0,52041689
1,31456824	0,10459262	1,02906496	0,50422489
1,33115187	0,08674545	1,04910958	0,48556077
1,35294913	0,06552414	1,06658282	0,46514578
1,37297602	0,04857899	1,09269523	0,44397764
		1,11013303	0,42700059
		1,13367406	0,40408157
		1,14591597	0,3887597
		1,16510641	0,36922546
		1,18864745	0,34630645
		1,21134317	0,32165783
		1,23312271	0,30215549
		1,25499971	0,27319881
		1,28205488	0,24430593
		1,30296253	0,22565244
		1,32216183	0,20525872
		1,34310492	0,18316729
		1,36661937	0,16282673
		1,3840749	0,14413071
		1,40068511	0,12370509
		1,41988442	0,10331136
		1,44075662	0,08809582
		1,46858622	0,06780842
		1,49211839	0,04574889

d) P/D igual a 1,0 até 1,4 parte 2
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 22 – Resultados de $10 \cdot K_Q$ pelo polinômio interpolador para o hélice B8-85.

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,0001	0,17867806	0,25286237	0,34577507	0,45614695	0,58266874	0,72397891	0,87864988	1,04517260	1,2219395	1,4072257
0,1	0,16110369	0,22975691	0,31729062	0,42246793	0,54402316	0,68065312	0,83100713	0,993676	1,1671797	1,3499542
0,11006711	0,15909277	0,22715026	0,31410706	0,41872898	0,53975415	0,6758846	0,8257768	0,988030899	1,1611790	1,3436724
0,12013423	0,15704312	0,22449749	0,3108707	0,41493114	0,53542061	0,67104633	0,82047171	0,982306164	1,1550938	1,3373010
0,13020134	0,15495605	0,22179983	0,30758268	0,41107546	0,53102358	0,66613929	0,81509284	0,976502753	1,1489250	1,3308409
0,14026846	0,15283287	0,21905849	0,30424412	0,40716302	0,52656408	0,66116446	0,80964114	0,97062162	1,1426735	1,3242931
0,15033557	0,1506749	0,21627469	0,30085618	0,4031949	0,52204314	0,65612283	0,80411759	0,964663722	1,1363403	1,3176584
0,16040268	0,14848342	0,21344964	0,29741999	0,39917218	0,51746177	0,6510154	0,79852316	0,958630016	1,1299264	1,3109379
0,1704698	0,14625977	0,21058457	0,29393668	0,39509592	0,512821	0,64584316	0,7928588	0,952521457	1,1234327	1,3041326
0,18053691	0,14400524	0,20768069	0,2904074	0,3909672	0,50812187	0,64060708	0,78712549	0,946339002	1,1168602	1,2972433
0,19060403	0,14172114	0,20473922	0,28683329	0,38678709	0,50336538	0,63530817	0,7813242	0,940083607	1,1102099	1,2902710
0,20067114	0,13940878	0,20176137	0,28321548	0,38255668	0,49855257	0,62994741	0,77545588	0,933756228	1,1034826	1,2832166
0,21073826	0,13706947	0,19874836	0,27955512	0,37827703	0,49368446	0,62452579	0,76952152	0,927357821	1,0966793	1,2760812
0,22080537	0,13470452	0,19570141	0,27585334	0,37394921	0,48876208	0,61904429	0,76352207	0,920889343	1,0898011	1,2688657
0,23087248	0,13231524	0,19262174	0,27211128	0,36957431	0,48378644	0,61350392	0,7574585	0,914351749	1,0828487	1,2615710
0,2409396	0,12990293	0,18951055	0,26833007	0,3651534	0,47875859	0,60790565	0,75133178	0,907745997	1,0758233	1,2541981
0,25100671	0,12746891	0,18636908	0,26451087	0,36068754	0,47367952	0,60225048	0,74514287	0,901073041	1,0687257	1,2467480
0,26107383	0,12501448	0,18319854	0,2606548	0,35617782	0,46855029	0,59653939	0,73889275	0,894333839	1,0615569	1,2392215
0,27114094	0,12254095	0,18000014	0,25676301	0,35162531	0,4633719	0,59077338	0,73258238	0,887529346	1,0543179	1,2316197
0,28120805	0,12004963	0,1767751	0,25283663	0,34703109	0,45814538	0,58495343	0,72621272	0,880660519	1,0470096	1,2239435
0,29127517	0,11754183	0,17352464	0,2488768	0,34239622	0,45287176	0,57908053	0,71978475	0,873728314	1,0396329	1,2161938
0,30134228	0,11501885	0,17024997	0,24488467	0,33772178	0,44755206	0,57315567	0,71329943	0,866733686	1,0321889	1,2083717
0,3114094	0,11248201	0,16695232	0,24086136	0,33300886	0,44218731	0,56717984	0,70675773	0,859677593	1,0246784	1,2004780
0,32147651	0,10993262	0,16363289	0,23680803	0,32825851	0,43677852	0,56115403	0,70016061	0,852560991	1,0171024	1,1925137
0,33154362	0,10737197	0,16029292	0,2327258	0,32347182	0,43132673	0,55507923	0,69350904	0,845384835	1,0094619	1,1844798
0,34161074	0,10480139	0,1569336	0,22861582	0,31864985	0,42583297	0,54895643	0,68680399	0,838150082	1,0017579	1,1763772
0,35167785	0,10222218	0,15355617	0,22447922	0,31379369	0,42029824	0,54278662	0,68004643	0,830857687	0,993991204	1,1682069
0,36174497	0,09963564	0,15016183	0,22031714	0,30890441	0,41472358	0,53657078	0,67323732	0,823508609	0,986162864	1,1599698
0,37181208	0,09704309	0,14675181	0,21613073	0,30398309	0,40911002	0,5303099	0,66637763	0,816103801	0,978273812	1,1516669
0,38187919	0,09444584	0,14332733	0,21192112	0,29903079	0,40345857	0,52400498	0,65946833	0,808644221	0,970325001	1,1432991
0,39194631	0,09184519	0,13988959	0,20768945	0,29404859	0,39777026	0,517657	0,65251038	0,801130825	0,962317385	1,1348674
0,40201342	0,08924245	0,13643981	0,20343685	0,28903756	0,39204612	0,51126695	0,64550475	0,793564569	0,954251917	1,1263728
0,41208054	0,08663893	0,13297922	0,19916447	0,28399879	0,38628717	0,50483582	0,6384524	0,785946409	0,94612955	1,1178162
0,42214765	0,08403594	0,12950904	0,19487345	0,27893334	0,38049444	0,49836461	0,63135432	0,778277301	0,937951238	1,1091985
0,43221477	0,08143479	0,12603046	0,19056492	0,27384228	0,37466895	0,49185429	0,62421145	0,770558202	0,929717934	1,1005207
0,44228188	0,07883678	0,12254473	0,18624003	0,2687267	0,36881172	0,48530586	0,61702477	0,762790068	0,921430591	1,0917838

a) Parte 1

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,45234899	0,07624323	0,11905304	0,1818999	0,26358767	0,36292377	0,47872031	0,60979525	0,75497385	0,91309016	1,0829887
0,46241611	0,07365545	0,11555663	0,17754569	0,25842626	0,35700615	0,47209862	0,60252385	0,74711052	0,9046976	1,0741363
0,47248322	0,07107473	0,1120567	0,17317853	0,25324354	0,35105986	0,46544179	0,59521154	0,73920102	0,89625386	1,0652277
0,48255034	0,06850239	0,10855447	0,16879955	0,2480406	0,34508593	0,4587508	0,58785928	0,7312463	0,8877599	1,0562637
0,49261745	0,06593975	0,10505116	0,1644099	0,2428185	0,33908539	0,45202665	0,58046805	0,72324733	0,87921666	1,0472454
0,50268456	0,0633881	0,10154799	0,16001071	0,23757832	0,33305925	0,44527031	0,57303881	0,71520507	0,87062511	1,0381737
0,51275168	0,06084875	0,09804618	0,15560313	0,23232113	0,32700856	0,43848279	0,56557253	0,70712046	0,86198619	1,0290495
0,52281879	0,05832303	0,09454693	0,15118829	0,227048	0,32093432	0,43166507	0,55807017	0,69899447	0,85330086	1,0198737
0,53288591	0,05581222	0,09105148	0,14676733	0,22176002	0,31483757	0,42481814	0,5505327	0,69082805	0,84457007	1,0106474
0,54295302	0,05331765	0,08756103	0,14234139	0,21645826	0,30871933	0,41794299	0,5429611	0,68262215	0,83579478	1,0013715
0,55302013	0,05084061	0,0840768	0,13791161	0,21114378	0,30258062	0,41104061	0,53535631	0,67437774	0,82697593	0,99204699
0,56308725	0,04838243	0,08060001	0,13347912	0,20581767	0,29642247	0,40411198	0,52771932	0,66609576	0,81811448	0,98267474
0,57315436	0,0459444	0,07713188	0,12904508	0,200481	0,29024591	0,3971581	0,52005109	0,65777718	0,80921139	0,97325575
0,58322148	0,04352783	0,07367363	0,1246106	0,19513484	0,28405195	0,39017995	0,51235258	0,64942296	0,80026761	0,96379096
0,59328859	0,04113405	0,07022646	0,12017684	0,18978027	0,27784162	0,38317852	0,50462477	0,64103404	0,79128409	0,95428134
0,6033557	0,03876434	0,0667916	0,11574493	0,18441836	0,27161594	0,37615481	0,49686862	0,63261138	0,78226179	0,94472783
0,61342282	0,03642002	0,06337027	0,11131601	0,17905019	0,26537595	0,36910981	0,48908509	0,62415594	0,77320165	0,93513139
0,62348993	0,03410241	0,05996368	0,10689122	0,17367682	0,25912267	0,36204449	0,48127516	0,61566868	0,76410463	0,92549297
0,63355705	0,0318128	0,05657305	0,1024717	0,16829934	0,25285711	0,35495985	0,47343979	0,60715056	0,75497169	0,91581353
0,64362416	0,02955251	0,0531996	0,09805858	0,16291882	0,2465803	0,34785688	0,46557995	0,59860252	0,74580378	0,90609402
0,65369128	0,02732285	0,04984454	0,09365301	0,15753634	0,24029328	0,34073657	0,4576966	0,59002553	0,73660185	0,89633539
0,66375839	0,02512512	0,04650909	0,08925613	0,15215296	0,23399706	0,33359991	0,44979071	0,58142053	0,72736685	0,8865386
0,6738255	0,02296063	0,04319447	0,08486906	0,14676976	0,22769266	0,32644788	0,44186326	0,5727885	0,71809975	0,8767046
0,68389262	0,02083069	0,03990189	0,08049296	0,14138782	0,22138112	0,31928148	0,4339152	0,56413038	0,70880148	0,86683435
0,69395973	0,01873662	0,03663258	0,07612895	0,13600821	0,21506345	0,31210169	0,4259475	0,55544712	0,69947301	0,85692879
0,70402685	0,01667971	0,03338774	0,07177819	0,130632	0,20874069	0,30490951	0,41796113	0,5467397	0,69011529	0,84698888
0,71409396	0,01466127	0,0301686	0,0674418	0,12526028	0,20241385	0,29770592	0,40995706	0,53800905	0,68072927	0,83701558
0,72416107	0,01268263	0,02697637	0,06312093	0,11989411	0,19608396	0,29049191	0,40193626	0,52925614	0,6713159	0,82700983
0,73422819	0,01074507	0,02381228	0,05881671	0,11453456	0,18975204	0,28326847	0,39389968	0,52048193	0,66187615	0,8169726
0,7442953	0,00884992	0,02067753	0,05453029	0,10918272	0,18341913	0,27603659	0,3858483	0,51168737	0,65241095	0,80690483
0,75436242	0,00699848	0,01757335	0,0502628	0,10383965	0,17708623	0,26879726	0,37778309	0,50287342	0,64292127	0,79680748
0,76442953	0,00519206	0,01450095	0,04601537	0,09850643	0,17075439	0,26155147	0,36970501	0,49404102	0,63340806	0,78668151
0,77449664	0,00343196	0,01146154	0,04178916	0,09318414	0,16442462	0,2543002	0,36161503	0,48519115	0,62387227	0,77652786
0,78456376	0,00171951	0,00845636	0,0375853	0,08787385	0,15809794	0,24704445	0,35351411	0,47632475	0,61431486	0,76634749
0,79463087		0,0054866	0,03340492	0,08257663	0,15177539	0,23978521	0,34540323	0,46744279	0,60473677	0,75614135
0,80469799		0,0025535	0,02924917	0,07729356	0,14545798	0,23252346	0,33728335	0,45854621	0,59513897	0,7459104
0,8147651			0,02511918	0,07202571	0,13914674	0,22526019	0,32915543	0,44963598	0,5855224	0,7356556

b) Parte 2

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,82483221			0,02101609	0,06677416	0,1328427	0,21799639	0,32102045	0,44071304	0,57588802	0,72537788
0,83489933			0,01694105	0,06153998	0,12654687	0,21073306	0,31287937	0,43177836	0,56623678	0,71507821
0,84496644			0,01289518	0,05632425	0,12026029	0,20347117	0,30473315	0,4228329	0,55656964	0,70475755
0,85503356			0,00887964	0,05112803	0,11398398	0,19621173	0,29658278	0,4138776	0,54688754	0,69441684
0,86510067			0,00489555	0,04595241	0,10771896	0,18895571	0,2884292	0,40491343	0,53719145	0,68405704
0,87516779			0,00094406	0,04079845	0,10146626	0,18170411	0,28027339	0,39594134	0,52748231	0,6736791
0,8852349				0,03566724	0,0952269	0,17445792	0,27211632	0,38696229	0,51776109	0,66328398
0,89530201				0,03055985	0,08900191	0,16721812	0,26395895	0,37797723	0,50802872	0,65287262
0,90536913				0,02547734	0,08279231	0,15998571	0,25580224	0,36898712	0,49828617	0,64244599
0,91543624				0,0204208	0,07659912	0,15276167	0,24764718	0,35999291	0,48853439	0,63200503
0,92550336				0,0153913	0,07042337	0,145547	0,23949472	0,35099557	0,47877433	0,62155071
0,93557047				0,01038992	0,06426609	0,13834267	0,23134583	0,34199605	0,46900694	0,61108397
0,94563758				0,00541772	0,0581283	0,13114969	0,22320148	0,3329953	0,45923319	0,60060576
0,9557047				0,00047579	0,05201102	0,12396904	0,21506263	0,32399428	0,44945401	0,59011705
0,96577181					0,04591527	0,1168017	0,20693025	0,31499395	0,43967038	0,57961878
0,97583893					0,03984209	0,10964867	0,19880531	0,30599526	0,42988323	0,56911191
0,98590604					0,0337925	0,10251095	0,19068878	0,29699917	0,42009352	0,55859739
0,99597315					0,02776752	0,0953895	0,18258162	0,28800663	0,41030221	0,54807618
1,006040					0,02176817	0,08828533	0,1744848	0,27901861	0,40051024	0,53754922
1,016107					0,01579548	0,08119943	0,16639929	0,27003605	0,39071858	0,52701748
1,026174					0,00985048	0,07413278	0,15832605	0,26105992	0,38092818	0,5164819
1,036242					0,00393419	0,06708637	0,15026605	0,25209117	0,37113998	0,50594344
1,046309						0,06006119	0,14222025	0,24313076	0,36135495	0,49540306
1,056376						0,05305824	0,13418963	0,23417964	0,35157403	0,4848617
1,066443						0,04607849	0,12617516	0,22523876	0,34179818	0,47432033
1,076510						0,03912294	0,11817779	0,21630909	0,33202835	0,46377988
1,086577						0,03219258	0,11019849	0,20739159	0,3222655	0,45324133
1,096644						0,0252884	0,10223824	0,1984872	0,31251058	0,44270561
1,106711						0,01841138	0,094298	0,18959688	0,30276454	0,43217369
1,116779						0,01156252	0,08637873	0,18072159	0,29302833	0,42164652
1,126846						0,0047428	0,07848141	0,17186229	0,28330292	0,41112505
1,136913							0,070607	0,16301993	0,27358924	0,40061023
1,146980							0,06275646	0,15419547	0,26388827	0,39010303
1,157047							0,05493077	0,14538987	0,25420094	0,37960438
1,167114							0,04713089	0,13660407	0,24452821	0,36911526
1,177181							0,03935779	0,12783905	0,23487104	0,3586366
1,187248							0,03161244	0,11909574	0,22523038	0,34816936

c) Parte 3

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
1,197315							0,02389579	0,11037512	0,21560718	0,33771451
1,207383							0,01620883	0,10167812	0,2060024	0,32727298
1,217450							0,00855251	0,09300573	0,19641698	0,31684574
1,227517							0,0009278	0,08435888	0,18685189	0,30643373
1,237584								0,07573853	0,17730808	0,29603792
1,247651								0,06714564	0,16778649	0,28565925
1,257718								0,05858117	0,15828809	0,27529868
1,267785								0,05004608	0,14881382	0,26495716
1,277852								0,04154131	0,13936464	0,25463565
1,287919								0,03306782	0,12994151	0,24433509
1,297987								0,02462658	0,12054537	0,23405645
1,308054								0,01621854	0,11117717	0,22380068
1,318121								0,00784464	0,10183789	0,21356872
1,328188									0,09252845	0,20336154
1,338255									0,08324983	0,19318009
1,348322									0,07400297	0,18302531
1,358389									0,06478883	0,17289817
1,368456									0,05560835	0,16279962
1,378523									0,0464625	0,15273061
1,388591									0,03735222	0,1426921
1,398658									0,02827848	0,13268503
1,408725									0,01924221	0,12271037
1,418792									0,01024439	0,11276906
1,428859									0,00128595	0,10286206
1,438926										0,09299033
1,448993										0,08315481
1,459060										0,07335646
1,469128										0,06359623
1,479195										0,05387509
1,489262										0,04419397
1,499329										0,03455384
1,509396										0,02495564
1,519463										0,01540034
1,529530										0,00588888

d) Parte 4

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 23 – Valores de η obtidos em Kuiper (1992) para o hélice B8-85.

P/d = 0,5		P/d = 0,6		P/d = 0,7		P/d = 0,8		P/d = 0,9	
J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.
0,00780335	0,01817802	0,00783525	0,01508388	0,010342599	0,0162123	0,0103426	0,0162123	0,00327616	0,00721296
0,02109648	0,03484601	0,01703901	0,02654392	0,022704284	0,03240669	0,0191435	0,03058037	0,01213218	0,01623435
0,03642899	0,05463366	0,03130398	0,04941296	0,040287714	0,06292506	0,03156031	0,04142808	0,02274103	0,02884223
0,04760833	0,07540166	0,04769339	0,06715061	0,052631025	0,08090168	0,04034283	0,05757837	0,03691067	0,04327645
0,06186267	0,09930209	0,05887272	0,0879186	0,066782287	0,09711813	0,05098843	0,06662181	0,04215079	0,05581819
0,07614891	0,12010836	0,06905895	0,10454831	0,077354394	0,11329047	0,06336849	0,08103397	0,05104356	0,06127512
0,08524634	0,14188223	0,08330266	0,12948012	0,093313608	0,12774673	0,06862699	0,09179349	0,05986283	0,07386096
0,09644693	0,16058746	0,09863517	0,14926777	0,109199327	0,14933191	0,08812861	0,1098583	0,07227964	0,08470867
0,11381881	0,18349478	0,11188577	0,17006129	0,12864583	0,17274341	0,1022615	0,12785697	0,08465969	0,09912084
0,12811569	0,20326967	0,13133955	0,19196275	0,144513176	0,19611082	0,11462318	0,14405137	0,09879258	0,11711951
0,14242319	0,22201319	0,1466189	0,21690731	0,163959678	0,21952232	0,12877444	0,16026781	0,11655975	0,12981559
0,15774507	0,24283222	0,16601952	0,24396568	0,183406181	0,24293382	0,14469691	0,17828853	0,13246384	0,14961854
0,17101694	0,26156297	0,1844164	0,26791714	0,199218406	0,27164791	0,16239058	0,19811353	0,14663348	0,16405275
0,18534571	0,27824372	0,20077391	0,28874894	0,224052016	0,29334333	0,17294432	0,2160681	0,16253757	0,1838557
0,19760321	0,29489895	0,21508141	0,30749245	0,245232976	0,32212356	0,19244594	0,23413292	0,18202082	0,20370274
0,21609578	0,30956797	0,22426391	0,32101525	0,270029839	0,34738344	0,2136269	0,26291315	0,20329365	0,22357184
0,23041392	0,3272801	0,23861394	0,33563323	0,282336402	0,36892452	0,2349181	0,28100002	0,22272178	0,24876557
0,24987834	0,34815017	0,25499272	0,35440227	0,307133265	0,39418439	0,25080382	0,30258519	0,24576581	0,27043894
0,26629965	0,36279368	0,26931086	0,37211439	0,33549091	0,42127059	0,26670791	0,32238814	0,26523068	0,29206821
0,30878196	0,36125405	0,29085718	0,3919786	0,360269399	0,4483127	0,29506556	0,34947434	0,2811164	0,31365338
0,2909954	0,37857064	0,30105404	0,40757693	0,378109991	0,46835406	0,3109329	0,37284175	0,3024076	0,33174025
0,31158052	0,39120241	0,31748598	0,42118905	0,399688209	0,48512412	0,32866332	0,38910229	0,32545164	0,35341362
0,33848577	0,39359692	0,32980728	0,43165599	0,420220159	0,50291281	0,34102501	0,40529668	0,34847729	0,37686922
0,36755799	0,3867345	0,34927169	0,45252606	0,441809011	0,51865149	0,35873705	0,42333945	0,3608206	0,39484584
0,39460147	0,37572104	0,36472116	0,46096851	0,46854414	0,53754811	0,3782203	0,44318649	0,38213018	0,41115047
0,41236677	0,36046722	0,39046319	0,47572685	0,487089882	0,54706022	0,39770355	0,46303354	0,39622632	0,4327136
0,42186824	0,34304855	0,41520147	0,48737828	0,508774429	0,55351646	0,41545234	0,47751185	0,42286788	0,45264884
0,44086056	0,30924261	0,43796419	0,48972175	0,530501507	0,55584717	0,42786915	0,48835956	0,44233276	0,47427811
0,45667155	0,28261806	0,45663752	0,48685727	0,556392392	0,55616616	0,44205715	0,50101154	0,46362396	0,49236498
0,46308738	0,26309835	0,4795491	0,47476139	0,584492774	0,54310269	0,45978757	0,51727208	0,4920551	0,51232226
0,46856328	0,23428344	0,5045851	0,45753411	0,601264964	0,52371058	0,48465793	0,53540304	0,51687033	0,53579991
0,48234552	0,20350785	0,51927539	0,43914786	0,620097791	0,50537536	0,49349558	0,54620665	0,5452831	0,55753942
0,48570762	0,17879295	0,5276987	0,42584197	0,631755601	0,47973116	0,51486027	0,5571646	0,57190629	0,57925689
0,49011598	0,15305943	0,53824644	0,40740468	0,643434676	0,45202419	0,53973063	0,57529556	0,59858459	0,59562767
0,49771631	0,11911313	0,54887925	0,38071634	0,656160019	0,4232986	0,56463773	0,58986207	0,61993092	0,60836785
0,50418531	0,09443651	0,55531635	0,35913386	0,666824725	0,39351611	0,59495032	0,60093026	0,63771645	0,6192817
0,50854051	0,07385991	0,55963965	0,3416514	0,674350625	0,36678949	0,62889718	0,60669586	0,66090747	0,62669724
0,51508394	0,04196361	0,57025119	0,31702582	0,68192969	0,33490595	0,67014934	0,59829182	0,68051934	0,63406868
0,51967306	0	0,57777709	0,2902992	0,688388057	0,31126071	0,69365271	0,57540948	0,70195753	0,63789772

a) P/D igual a 0,5 até 0,9 parte 1

P/d = 1,0		P/d = 1,1		P/d = 1,2		P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.
0,83946105	0,66811109	0,61878441	0,5459678	0,608451159	0,50662648	0,70473927	0,54167943	0,55641621	0,41319871
0,86822292	0,65598826	0,64009398	0,56227243	0,62979748	0,51936666	0,7278568	0,55622388	0,57370005	0,424552
0,89530544	0,63315001	0,66315639	0,58216357	0,647546272	0,53384497	0,75630631	0,57439894	0,59220113	0,43839591
0,91159538	0,61552616	0,68629229	0,5949258	0,661734281	0,54649695	0,78650865	0,5961605	0,61072774	0,44976451
0,93515387	0,58729713	0,70583066	0,60942616	0,679483073	0,56097526	0,82390606	0,6144458	0,63045882	0,46486139
0,94616694	0,56069599	0,72896656	0,62218839	0,699094937	0,56834671	0,85058437	0,63081658	0,65024095	0,47500764
0,95718001	0,53409485	0,75387366	0,63675489	0,713282946	0,58099869	0,90220652	0,6581894	0,66626927	0,48758328
0,9700929	0,49682239	0,77521998	0,64949507	0,732876436	0,59015237	0,92532405	0,67273386	0,68480863	0,49771421
0,9758291	0,46124396	0,79837425	0,66047506	0,750661975	0,60106622	0,94316471	0,67830103	0,6996197	0,50779922
0,98870524	0,42753595	0,82156527	0,66789061	0,775513958	0,62097941	0,96812693	0,68752084	0,71936355	0,52165845
0,99615753	0,39910849	0,85545701	0,67900289	0,80221064	0,63556796	0,98952837	0,69491434	0,74036292	0,53429532
0,99827783	0,36705042	0,87868478	0,68285398	0,820032925	0,64291736	1,00912186	0,70406801	0,76010677	0,54815455
1,00392217	0,34038314	0,89654381	0,68663892	0,846729607	0,65750591	1,03592879	0,70796319	0,78111889	0,55953377
1,00960325	0,3101514	0,92519544	0,68520946	0,86988388	0,66848591	1,05552228	0,71711686	0,8008755	0,57217534
1,0116868	0,28165779	0,94847832	0,68371386	0,887687792	0,67761753	1,08950589	0,71931801	0,8169421	0,58103799
1,01557831	0,251404	0,96288681	0,6749791	0,905491704	0,68674916	1,10920962	0,71777831	0,83052317	0,58987003
1,02129614	0,2176078	0,97727693	0,66802657	0,925121941	0,69233837	1,12891335	0,71623861	0,85275254	0,60375988
1,02697722	0,18737606	0,98810627	0,65924772	0,946541756	0,69794964	1,14330347	0,70928608	0,87043508	0,61501905
1,03077686	0,16603341	1,0025515	0,6469485	0,960821633	0,70169048	1,15225136	0,70939632	0,89106127	0,62527472
1,03284204	0,13932203	1,01345433	0,63104073	0,994786868	0,70567385	1,170239	0,70070566	0,91083063	0,63665863
1,0296671	0,10006891	1,02614674	0,61515501	1,023456862	0,70246217	1,19724803	0,68499633	0,93557105	0,64810379
1,03534818	0,06983717	1,04073897	0,58859797	1,050374025	0,69566397	1,2207514	0,66211398	0,966487	0,66333847
1,04099252	0,04316988	1,05166017	0,57090797	1,071959202	0,68523518	1,23349893	0,64088157	0,99245742	0,67603659
1,04119463	0,02356537	1,06270999	0,54074238	1,088120524	0,68008693	1,24810953	0,6125423	1,01471231	0,68745113
1,04322306	0	1,0701439	0,51409714	1,095370704	0,67126398	1,2608938	0,58774544	1,03327719	0,69510675
		1,07938577	0,48569173	1,117084495	0,64835959	1,27369645	0,56116635	1,04935654	0,70273175
		1,09050908	0,44839721	1,131639974	0,625367	1,28293832	0,53276093	1,07043247	0,70794267
		1,09619016	0,41816547	1,144405875	0,60235237	1,29044573	0,49898678	1,0964284	0,71816548
		1,10004492	0,39147614	1,158998101	0,57579532	1,29786127	0,47412378	1,11750433	0,7233764
		1,10565251	0,36837331	1,166505509	0,54202117	1,30346886	0,45102095	1,1435513	0,72864857
		1,10958076	0,33455507	1,179344904	0,51187762	1,30730524	0,42611385	1,16964932	0,72897011
		1,11703305	0,3061276	1,188678637	0,47456106	1,31298632	0,3958821	1,18328142	0,73285151
		1,1209613	0,27230936	1,196186046	0,44078691	1,31872253	0,36030368	1,20069286	0,73182821
		1,12309998	0,23846906	1,203638333	0,41235945	1,32263241	0,32826766	1,22682915	0,72843677
		1,12697311	0,2099975	1,20933779	0,38034548	1,32646879	0,30336056	1,2529782	0,72380767
		1,12905666	0,18150389	1,216881945	0,34300687	1,32866259	0,26417358	1,27796104	0,71173731
		1,13114021	0,15301028	1,220755077	0,31453531	1,3360965	0,23752834	1,29924112	0,69714569
		1,1349766	0,12810318	1,226399413	0,28786803	1,33639048	0,20901268	1,31807394	0,67881048

d) P/D igual a 1,0 até 1,4 parte 2

P/d = 1,0		P/d = 1,1		P/d = 1,2		P/d = 1,3		P/d = 1,4	
J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.	J	Efi.
		1,1349766	0,12810318	1,226399413	0,28786803	1,33639048	0,20901268	1,31807394	0,67881048
		1,13506847	0,11919204	1,228464594	0,26115665	1,33679469	0,16980365	1,33570229	0,65674698
		1,13888648	0,09606716	1,228758569	0,23264099	1,34251252	0,13600746	1,35087062	0,63217754
		1,13563805	0,06394295	1,2344764	0,19884479	1,34278813	0,10927403	1,36232343	0,60632451
		1,14120889	0,04440458	1,236615074	0,1650045	1,35014855	0,08975771	1,373789	0,57923382
		1,14506365	0,01771525	1,240488206	0,13653294	1,34856108	0,07013114	1,38275629	0,55335016
		1,14524738	0	1,240800555	0,10623505	1,35064463	0,04163753	1,39045529	0,52992652
				1,24463694	0,08132795	1,35453614	0	1,39949913	0,49661691
				1,246885855	0,03679428			1,40478916	0,46573669
				1,250832481	0			1,41248817	0,44231304
								1,41896992	0,41639876
								1,42423444	0,38799385
								1,42824343	0,3608113
								1,42974138	0,33607343
								1,43249486	0,31011322
								1,43774661	0,28294597
								1,4392956	0,25325748
								1,44199803	0,2322479
								1,44727531	0,20260534
								1,44750498	0,18032748
								1,4478112	0,15062367
								1,44981577	0,13032755
								1,45176334	0,10886169
								1,45637089	0,08055184
								1,45660127	0,05820522
								1,4586729	0,02470657
								1,46066478	0

e) P/D igual a 1,0 até 1,4 parte 3
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 24 – Resultados de η pelo polinômio interpolador para o hélice B8-85.

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	0,16240609	0,15182622	0,13841298	0,12565069	0,11436562	0,10457535	0,09610017	0,08874828	0,08236513	0,07684108
0,11006711	0,17746197	0,166436	0,15195243	0,13804266	0,1256968	0,11496751	0,10567162	0,09760502	0,09060118	0,08454143
0,12013423	0,19224258	0,18090748	0,16541365	0,15038482	0,13699317	0,12533383	0,11522335	0,10644671	0,09882614	0,09223432
0,13020134	0,20673442	0,19523533	0,17879444	0,16267613	0,14825418	0,13567397	0,12475506	0,11527309	0,10703976	0,09991951
0,14026846	0,22092258	0,20941362	0,19209231	0,17491544	0,15947921	0,14598752	0,13426647	0,1240839	0,11524179	0,10759673
0,15033557	0,23479065	0,2234358	0,20530453	0,18710149	0,17066759	0,15627408	0,14375727	0,13287887	0,12343197	0,11526573
0,16040268	0,24832059	0,23729465	0,21842805	0,19923286	0,18181857	0,16653318	0,15322711	0,14165773	0,13161005	0,12292625
0,1704698	0,26149256	0,25098225	0,23145954	0,21130801	0,19293134	0,17676432	0,16267566	0,15042019	0,13977575	0,130578
0,18053691	0,27428484	0,26448987	0,24439535	0,22332525	0,20400502	0,18696697	0,17210252	0,15916593	0,1479288	0,13822073
0,19060403	0,28667362	0,27780798	0,25723148	0,23528273	0,21503864	0,19714056	0,1815073	0,16789465	0,15606892	0,14585416
0,20067114	0,29863282	0,29092614	0,26996355	0,24717844	0,22603116	0,20728447	0,19088959	0,17660602	0,16419581	0,15347801
0,21073826	0,3101339	0,30383294	0,28258679	0,25901018	0,23698147	0,21739805	0,20024894	0,18529968	0,17230919	0,16109199
0,22080537	0,32114563	0,31651591	0,29509602	0,27077559	0,24788834	0,22748058	0,20958488	0,19397529	0,18040874	0,16869582
0,23087248	0,33163383	0,32896143	0,30748559	0,2824721	0,25875047	0,23753132	0,21889692	0,20263247	0,18849414	0,1762892
0,2409396	0,34156108	0,34115463	0,31974936	0,29409692	0,26956645	0,24754947	0,22818453	0,21127084	0,19656508	0,18387184
0,25100671	0,35088644	0,35307929	0,33188066	0,30564705	0,28033477	0,25753417	0,23744717	0,21988999	0,20462122	0,19144344
0,26107383	0,35956505	0,3647177	0,34387225	0,31711923	0,2910538	0,2674845	0,24668424	0,2284895	0,21266223	0,19900368
0,27114094	0,36754776	0,37605051	0,35571628	0,32850997	0,30172182	0,2773995	0,25589515	0,23706893	0,22068774	0,20655226
0,28120805	0,37478068	0,38705661	0,3674042	0,33981548	0,31233694	0,28727813	0,26507925	0,24562784	0,22869739	0,21408885
0,29127517	0,38120467	0,39771291	0,37892676	0,35103169	0,32289718	0,29711931	0,27423586	0,25416573	0,23669082	0,22161313
0,30134228	0,38675478	0,40799418	0,3902739	0,36215419	0,33340039	0,30692186	0,28336426	0,26268213	0,24466763	0,22912476
0,3114094	0,39135959	0,41787281	0,4014347	0,37317824	0,34384427	0,31668454	0,2924637	0,27117651	0,25262743	0,2366234
0,32147651	0,39494051	0,42731855	0,4123973	0,38409874	0,35422639	0,32640604	0,3015334	0,27964833	0,2605698	0,24410872
0,33154362	0,39741096	0,43629827	0,42314881	0,39491016	0,3645441	0,33608497	0,31057251	0,28809704	0,26849433	0,25158034
0,34161074	0,39867538	0,4447756	0,43367521	0,40560657	0,3747946	0,34571983	0,31958016	0,29652205	0,27640058	0,25903792
0,35167785	0,39862822	0,4527106	0,44396124	0,41618154	0,38497488	0,35530905	0,32855542	0,30492275	0,2842881	0,26648108
0,36174497	0,39715269	0,46005933	0,45399028	0,42662816	0,39508172	0,36485096	0,33749733	0,31329851	0,29215642	0,27390944
0,37181208	0,39411935	0,46677342	0,46374421	0,43693894	0,40511166	0,37434378	0,34640484	0,32164866	0,30000506	0,28132261
0,38187919	0,3893845	0,47279948	0,47320328	0,44710582	0,41506101	0,38378562	0,35527689	0,3299725	0,30783352	0,28872019
0,39194631	0,38278831	0,47807855	0,4823459	0,45712005	0,42492582	0,39317446	0,36411233	0,33826932	0,31564128	0,29610178
0,40201342	0,37415271	0,4825454	0,49114845	0,46697219	0,43470183	0,40250818	0,37290997	0,34653836	0,32342782	0,30346696
0,41208054	0,3632788	0,48612767	0,49958509	0,47665201	0,44438449	0,41178451	0,38166853	0,35477882	0,33119257	0,3108153
0,42214765	0,34994401	0,48874501	0,50762748	0,48614844	0,45396892	0,42100102	0,39038669	0,36298988	0,33893497	0,31814636
0,43221477	0,33389865	0,49030797	0,5152445	0,49544943	0,46344988	0,43015516	0,39906303	0,37117068	0,34665443	0,32545967
0,44228188	0,31486193	0,49071674	0,52240194	0,50454195	0,47282172	0,43924417	0,40769606	0,37932031	0,35435032	0,33275479
0,45234899	0,29251719	0,4898597	0,5290621	0,51341181	0,4820784	0,44826516	0,41628422	0,38743783	0,36202202	0,34003123
0,46241611	0,26650635	0,48761172	0,53518339	0,52204356	0,49121338	0,45721501	0,42482585	0,39552224	0,36966884	0,34728849

a) Parte 1

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,47248322	0,23642324	0,48383208	0,54071985	0,53042039	0,50021965	0,46609042	0,4333192	0,4035725	0,37729012	0,35452607
0,48255034	0,20180563	0,47836217	0,54562054	0,53852395	0,50908964	0,47488784	0,44176241	0,41158754	0,38488513	0,36174345
0,49261745	0,16212565	0,47102253	0,54982892	0,5463342	0,5178152	0,4836035	0,45015352	0,41956619	0,39245313	0,36894009
0,50268456	0,11677828	0,46160956	0,55328211	0,55382919	0,5263875	0,49223338	0,45849045	0,42750728	0,39999335	0,37611543
0,51275168	0,06506722	0,44989136	0,55590993	0,5609849	0,53479701	0,50077316	0,46677102	0,43540953	0,40750498	0,38326891
0,52281879	0,00618773	0,43560282	0,55763396	0,56777494	0,54303342	0,50921823	0,47499288	0,44327164	0,41498719	0,39039992
0,53288591	0	0,41843962	0,55836625	0,5741703	0,55108556	0,51756365	0,48315356	0,4510922	0,42243909	0,39750787
0,54295302		0,39805088	0,5580079	0,58013903	0,5589413	0,52580411	0,49125045	0,45886977	0,42985979	0,40459211
0,55302013		0,37403012	0,55644737	0,58564583	0,56658747	0,53393394	0,49928077	0,46660281	0,43724834	0,411652
0,56308725		0,34590401	0,55355843	0,59065168	0,57400974	0,54194704	0,50724154	0,4742897	0,44460374	0,41868686
0,57315436		0,31311832	0,54919769	0,59511331	0,58119251	0,54983683	0,51512962	0,48192873	0,45192496	0,42569599
0,58322148		0,27502016	0,54320173	0,59898264	0,58811873	0,55759627	0,52294167	0,48951812	0,45921092	0,43267867
0,59328859		0,23083536	0,53538344	0,60220608	0,59476981	0,56521773	0,53067411	0,49705597	0,4664605	0,43963416
0,6033557		0,17963933	0,52552776	0,60472379	0,60112535	0,57269301	0,53832314	0,50454028	0,47367252	0,44656167
0,61342282		0,12031912	0,51338623	0,60646873	0,60716301	0,58001323	0,5458847	0,51196895	0,48084573	0,45346039
0,62348993		0,05152344	0,49867045	0,60736558	0,61285822	0,58716883	0,55335445	0,51933973	0,48797885	0,46032949
0,63355705		0	0,48104376	0,60732941	0,61818395	0,5941494	0,56072776	0,52665027	0,49507051	0,46716811
0,64362416			0,46011086	0,6062642	0,62311035	0,60094369	0,56799966	0,53389807	0,50211931	0,47397533
0,65369128			0,43540458	0,60406093	0,62760443	0,60753947	0,57516483	0,54108048	0,50912375	0,48075022
0,66375839			0,40636897	0,60059537	0,63162961	0,61392343	0,58221757	0,5481947	0,51608226	0,4874918
0,6738255			0,37233732	0,59572534	0,63514524	0,62008109	0,58915175	0,55523773	0,52299319	0,49419905
0,68389262			0,33250331	0,58928745	0,63810605	0,62599662	0,59596079	0,56220642	0,52985482	0,5008709
0,69395973			0,28588276	0,58109296	0,64046142	0,63165274	0,60263761	0,56909739	0,53666532	0,50750627
0,70402685			0,23126196	0,57092276	0,64215468	0,6370305	0,60917455	0,57590707	0,54342278	0,51410398
0,71409396			0,167127	0,55852105	0,64312207	0,6421091	0,61556338	0,58263162	0,55012517	0,52066283
0,72416107			0,09156518	0,5435874	0,64329171	0,6468657	0,62179519	0,58926699	0,55677036	0,52718157
0,73422819			0,00212494	0,52576663	0,64258224	0,65127508	0,62786033	0,59580882	0,5633561	0,53365888
0,7442953			0	0,50463581	0,6409012	0,65530941	0,63374835	0,60225245	0,56988001	0,54009337
0,75436242				0,47968743	0,63814312	0,65893787	0,63944789	0,60859293	0,57633957	0,54648362
0,76442953				0,45030719	0,63418718	0,66212622	0,64494662	0,61482492	0,58273212	0,5528281
0,77449664				0,41574454	0,62889428	0,66483638	0,65023109	0,62094271	0,58905483	0,55912523
0,78456376				0,37507276	0,62210349	0,66702581	0,65528662	0,62694016	0,59530472	0,56537336
0,79463087				0,32713426	0,61362768	0,66864689	0,66009716	0,63281067	0,6014786	0,57157073
0,80469799				0,27046405	0,60324789	0,66964614	0,66464515	0,63854714	0,60757311	0,5777155
0,8147651				0,20318076	0,59070639	0,66996328	0,66891128	0,64414191	0,61358464	0,58380575
0,82483221				0,12282756	0,57569766	0,66953012	0,67287432	0,6495867	0,61950937	0,58983945
0,83489933				0,02613435	0,55785686	0,66826924	0,67651085	0,65487257	0,62534322	0,59581445

b) Parte 2

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
0,84496644				0	0,53674474	0,66609238	0,679795	0,65998982	0,63108186	0,60172848
0,85503356					0,51182773	0,66289847	0,68269808	0,66492794	0,63672062	0,60757918
0,86510067					0,48245116	0,65857124	0,68518822	0,6696755	0,64225453	0,61336401
0,87516779					0,44780301	0,65297627	0,68722992	0,67422006	0,64767826	0,61908031
0,8852349					0,40686367	0,64595727	0,68878347	0,67854805	0,65298611	0,62472526
0,89530201					0,35833512	0,63733154	0,6898044	0,68264462	0,65817193	0,63029587
0,90536913					0,30053913	0,62688409	0,69024265	0,68649354	0,66322913	0,63578897
0,91543624					0,23126714	0,6143602	0,69004172	0,69007698	0,6681506	0,64120118
0,92550336					0,14755301	0,59945586	0,68913761	0,69337532	0,67292868	0,64652894
0,93557047					0,04531792	0,58180523	0,68745749	0,69636694	0,67755509	0,65176841
0,94563758					0	0,56096408	0,68491817	0,69902794	0,68202086	0,65691556
0,9557047						0,53638772	0,68142416	0,70133185	0,6863163	0,66196603
0,96577181						0,50740081	0,67686534	0,70324922	0,69043086	0,66691521
0,97583893						0,47315582	0,67111404	0,70474728	0,69435308	0,67175815
0,98590604						0,43257444	0,66402139	0,70578938	0,69807046	0,67648954
0,99597315						0,3842633	0,65541274	0,70633442	0,70156937	0,68110371
1,006040						0,32638997	0,64508185	0,70633618	0,70483489	0,68559456
1,016107						0,25649523	0,63278339	0,70574244	0,70785067	0,68995552
1,026174						0,17120014	0,61822324	0,70449404	0,71059871	0,69417953
1,036242						0,06573188	0,60104571	0,70252363	0,71305924	0,69825896
1,046309						0	0,5808166	0,69975423	0,71521039	0,70218559
1,056376							0,5570002	0,69609746	0,71702796	0,70595051
1,066443							0,5289279	0,69145128	0,71848509	0,70954406
1,076510							0,49575415	0,68569733	0,71955188	0,71295574
1,086577							0,45639387	0,67869746	0,72019494	0,71617416
1,096644							0,40943118	0,67028947	0,72037688	0,71918687
1,106711							0,35298294	0,66028156	0,72005566	0,72198028
1,116779							0,28448864	0,64844535	0,71918387	0,72453952
1,126846							0,20037591	0,63450662	0,71770784	0,72684827
1,136913							0,09550576	0,6181333	0,71556655	0,72888859
1,146980							0	0,59891924	0,71269031	0,73064069
1,157047								0,57636247	0,70899922	0,73208273
1,167114								0,54983502	0,70440117	0,73319047
1,177181								0,51854087	0,69878942	0,73393699
1,187248								0,48145557	0,69203958	0,73429231
1,197315								0,43723808	0,68400579	0,73422287
1,207383								0,38409812	0,6745159	0,73369106

c) Parte 3

J	P/d = 0,5	P/d = 0,6	P/d = 0,7	P/d = 0,8	P/d = 0,9	P/d = 1,0	P/d = 1,1	P/d = 1,2	P/d = 1,3	P/d = 1,4
1,217450								0,31959091	0,6633652	0,73265453
1,227517								0,24028794	0,65030839	0,73106541
1,237584								0,14122687	0,63504896	0,72886945
1,247651								0,01494566	0,61722507	0,72600481
1,257718								0	0,59639052	0,72240075
1,267785								0,5719886	0,5719886	0,71797596
1,277852									0,54331562	0,71263645
1,287919									0,50946896	0,70627303
1,297987									0,46927136	0,69875805
1,308054									0,42115789	0,68994137
1,318121									0,363002	0,6796451
1,328188									0,2918387	0,66765693
1,338255									0,20340605	0,65372134
1,348322									0,09134896	0,63752796
1,358389									0	0,61869607
1,368456										0,59675341
1,378523										0,57110689
1,388591										0,54100126
1,398658										0,5054596
1,408725										0,46319552
1,418792										0,41247996
1,428859										0,35093292
1,438926										0,27518507
1,448993										0,18030409
1,459060										0,05876922
1,469128										0

d) parte 4

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE B – RESULTADOS COMPLEMENTARES DA CONVERGÊNCIA DE MALHA

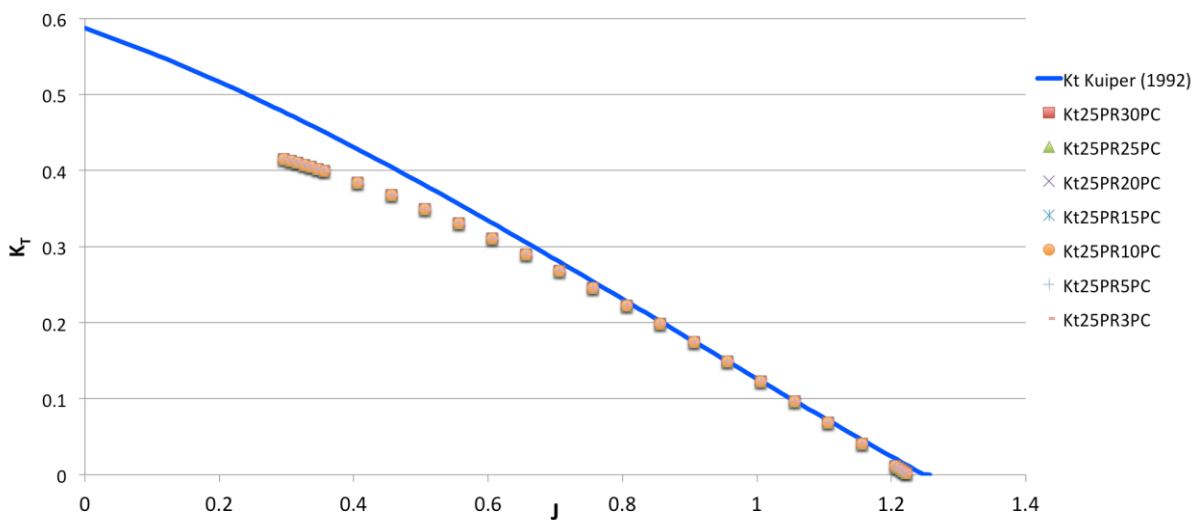
Tabela 25 – Erro entre resultados *OpenProp* e polinômio interpolador.

J	KT - Kuiper (1992)	KT - <i>OpenProp</i>	Erro	10KQ - Kuiper (1992)	10KQ - <i>OpenProp</i>	Erro	EFI - Kuiper (1992)	EFI - <i>OpenProp</i>	Erro
0,066027	0,544285383	0,444551779	18,32%	0,94184699	0,694041552	26,31%	0,060727865	0,067309503	10,84%
0,076027	0,540842586	0,443050834	18,08%	0,936673564	0,690748713	26,26%	0,069866676	0,077610334	11,08%
0,086027	0,537355215	0,441558889	17,83%	0,931420378	0,687254586	26,21%	0,078989732	0,087967897	11,37%
0,096027	0,53382383	0,43993628	17,59%	0,926088373	0,683837166	26,16%	0,088096574	0,098321628	11,61%
0,106027	0,530248991	0,438211029	17,36%	0,920678489	0,678566157	26,30%	0,097187063	0,108974867	12,13%
0,156027	0,511742575	0,429414947	16,09%	0,892493809	0,662581432	25,76%	0,142385652	0,160937354	13,03%
0,206027	0,492233779	0,419473788	14,78%	0,862503233	0,646891334	25,00%	0,18713497	0,21262634	13,62%
0,256027	0,47179258	0,408328823	13,45%	0,830824322	0,631701812	23,97%	0,231391714	0,263392405	13,83%
0,306027	0,450488957	0,396009809	12,09%	0,797574632	0,616741175	22,67%	0,275101332	0,312739259	13,68%
0,356027	0,428392888	0,382107631	10,80%	0,762871725	0,600876535	21,23%	0,31819533	0,360332243	13,24%
0,406027	0,405574352	0,366506532	9,63%	0,726833157	0,583229287	19,76%	0,360587609	0,406085128	12,62%
0,456027	0,382103327	0,349789561	8,46%	0,689576488	0,566226016	17,89%	0,402169436	0,448360553	11,49%
0,506027	0,358049791	0,331286495	7,47%	0,651219276	0,545853459	16,18%	0,442802434	0,48878875	10,39%
0,556027	0,333483723	0,312061254	6,42%	0,611879081	0,525024026	14,19%	0,482308647	0,525988711	9,06%
0,606027	0,308475101	0,291507294	5,50%	0,57167346	0,500817528	12,39%	0,520456203	0,561412106	7,87%
0,656027	0,283093903	0,270558324	4,43%	0,530719973	0,475906809	10,33%	0,5569381	0,593581841	6,58%
0,706027	0,257410107	0,248561751	3,44%	0,489136179	0,447926041	8,43%	0,591339991	0,623547044	5,45%
0,756027	0,231493693	0,225815735	2,45%	0,447039635	0,417706663	6,56%	0,623089698	0,650489131	4,40%
0,806027	0,205414638	0,202189014	1,57%	0,404547902	0,384993431	4,83%	0,651375107	0,673711217	3,43%
0,856027	0,179242921	0,17792893	0,73%	0,361778536	0,349857658	3,30%	0,675004721	0,692887312	2,65%
0,906027	0,15304852	0,152934077	0,07%	0,318849098	0,312231365	2,08%	0,692157953	0,706299421	2,04%
0,956027	0,126901414	0,127355502	0,36%	0,275877146	0,272316504	1,29%	0,699908107	0,711596635	1,67%
1,006027	0,10087158	0,100868143	0,00%	0,232980239	0,229445136	1,52%	0,693233441	0,703890002	1,54%
1,056027	0,075028997	0,073636726	1,86%	0,190275935	0,183855831	3,37%	0,6627358	0,673150361	1,57%
1,106027	0,049443644	0,045671977	7,63%	0,147881793	0,135520907	8,36%	0,588547643	0,593238376	0,80%
1,156027	0,024185499	0,016852721	30,32%	0,105915372	0,084172395	20,53%	0,420130455	0,368373462	12,32%
1,161874	0,021256405	0,013429204	36,82%	0,10104117	0,077974233	22,83%	0,389018831	0,318477288	18,13%
1,167722	0,018332356	0,009998642	45,46%	0,096173781	0,071743179	25,40%	0,354259238	0,259012097	26,89%
1,173570	0,015413963	0,006557576	57,46%	0,091314227	0,065472692	28,30%	0,315286236	0,187073485	40,67%
1,179418	0,01250134	0,003105984	75,15%	0,086462696	0,059162692	31,57%	0,271403654	0,098545989	63,69%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

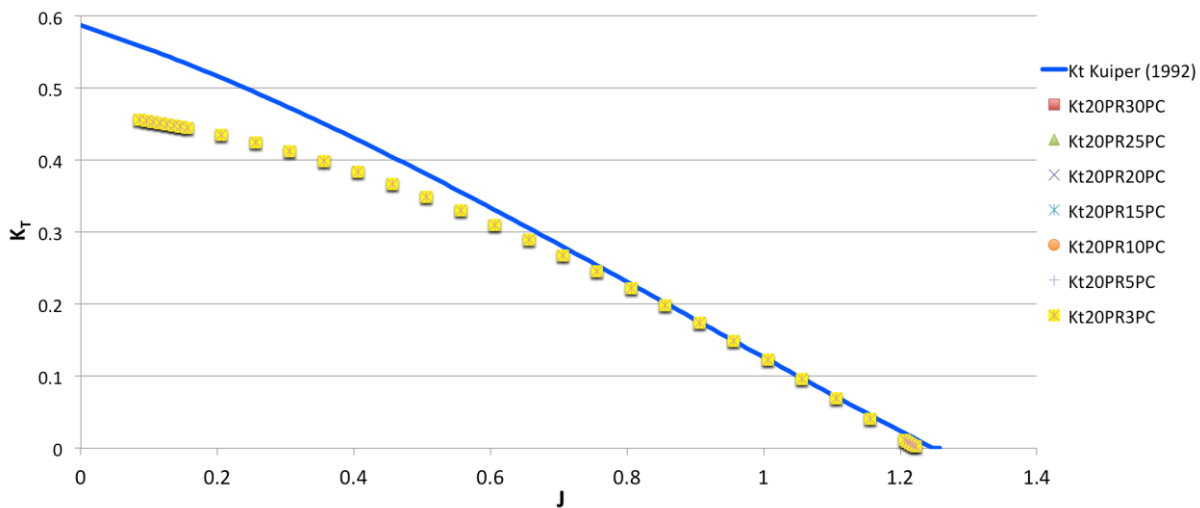
Durante a etapa de estudo de convergência de malha, além dos resultados apresentadas no texto principal, aqui encontram-se as demais variações e comparações acerca das variáveis K_T , K_Q e Eficiência.

Figura 53 – Comparação K_T 25 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



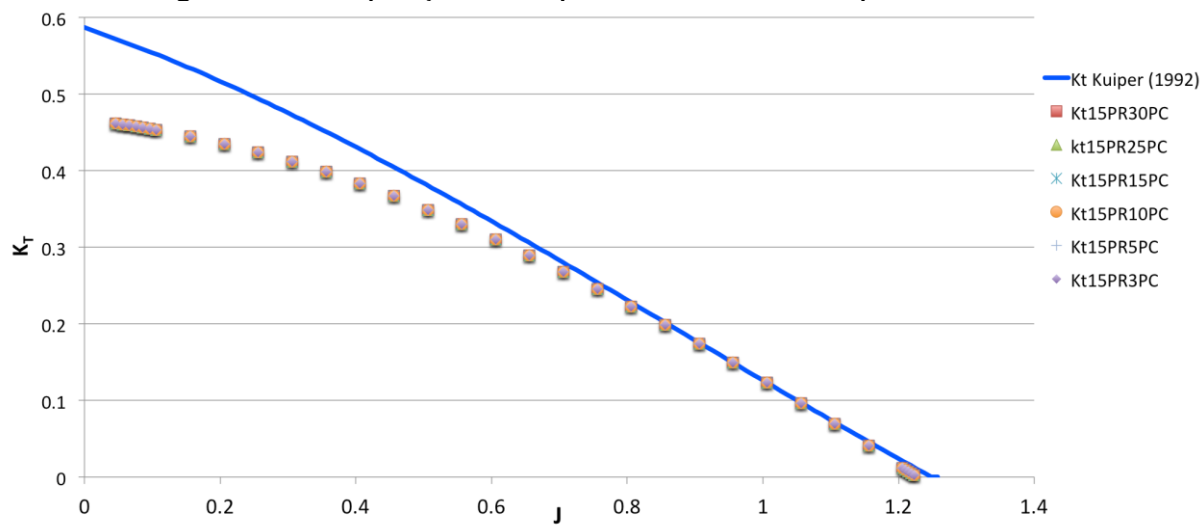
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 54 – Comparação K_T 20 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



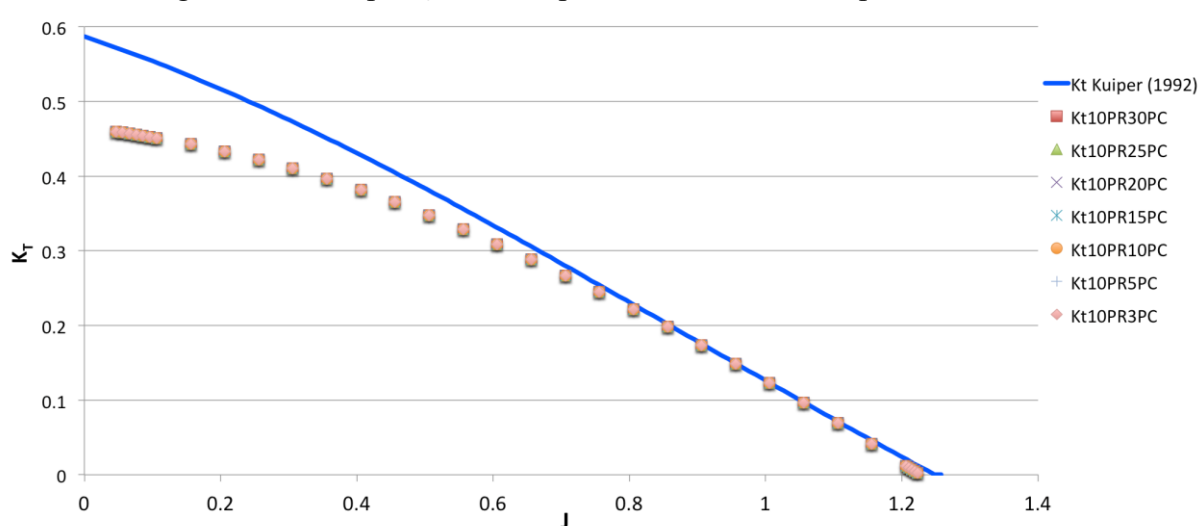
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 55 – Comparação K_T 15 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 56 – Comparação K_T 10 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 57 – Comparação K_T 5 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.

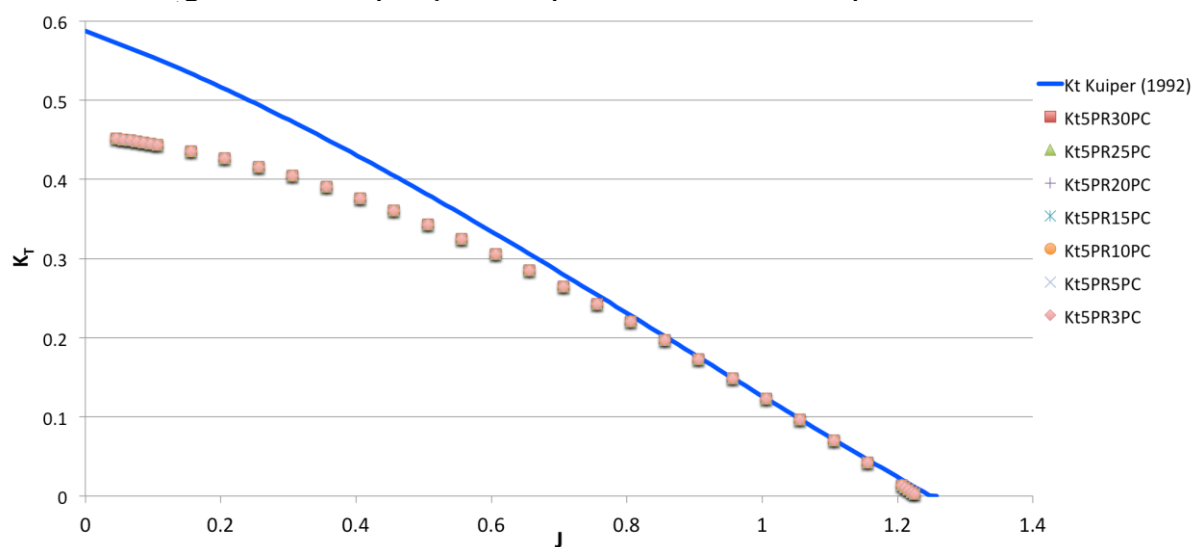


Figura 58 – Comparação K_T 3 painéis radiais e 5 a 30 painéis corda.

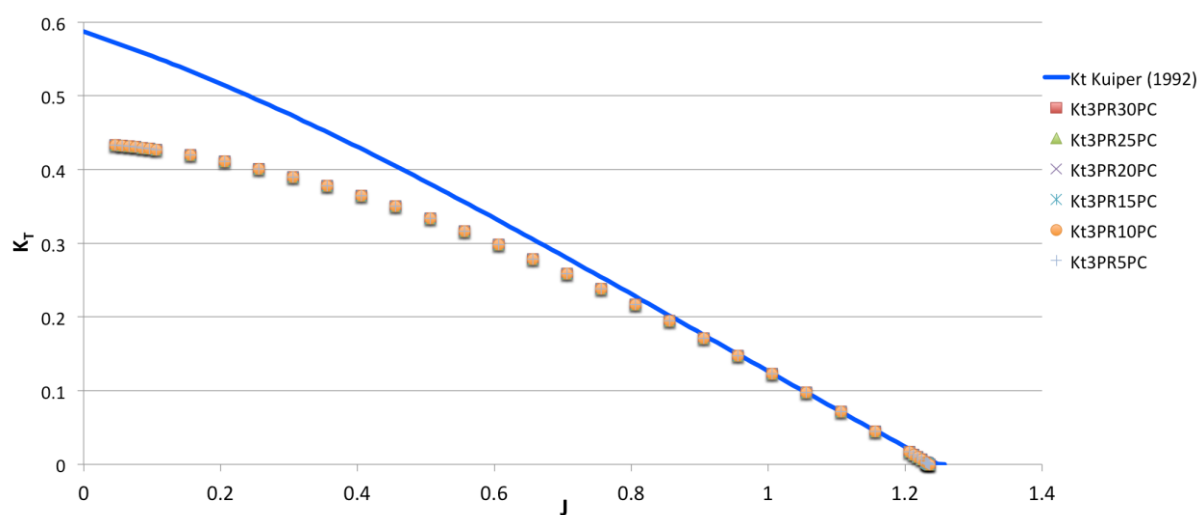
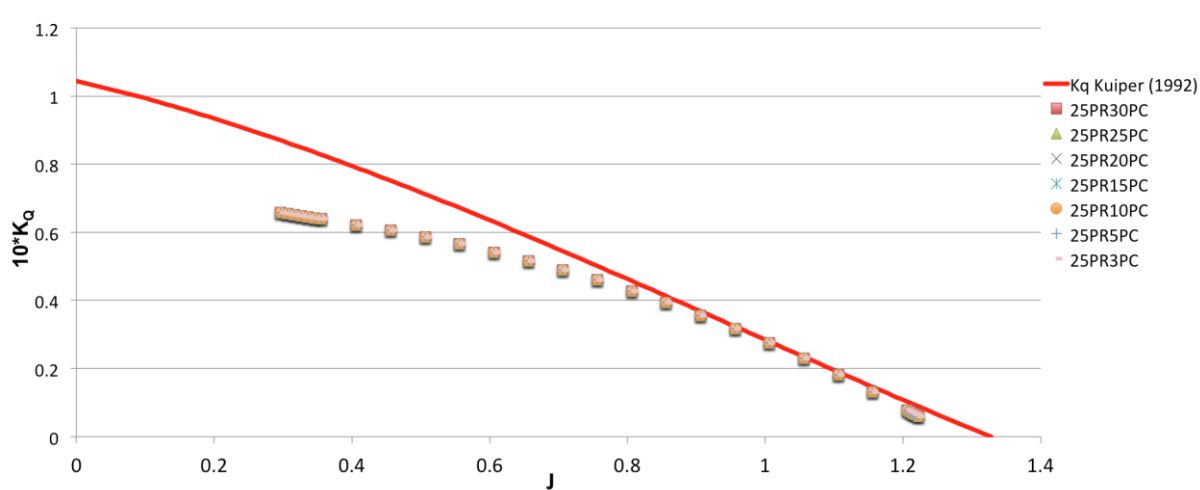
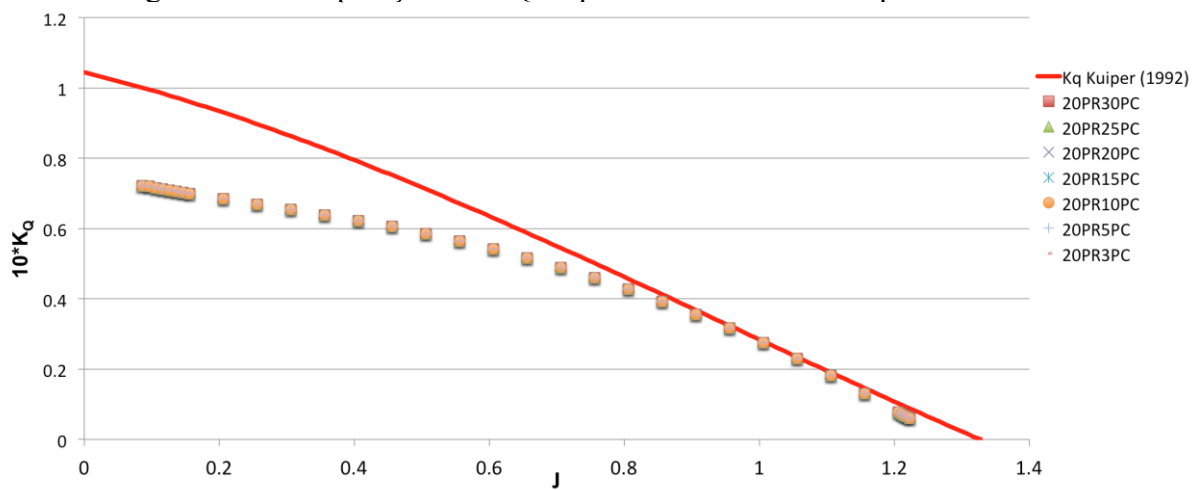


Figura 59 – Comparação $10 \cdot K_Q$ 25 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



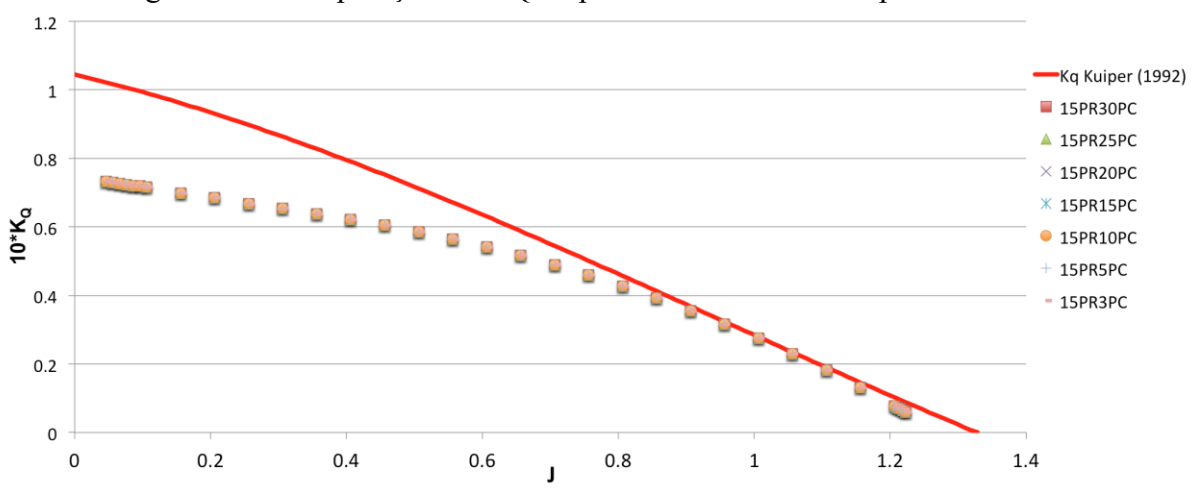
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 60 – Comparação $10 \cdot K_Q$ 20 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



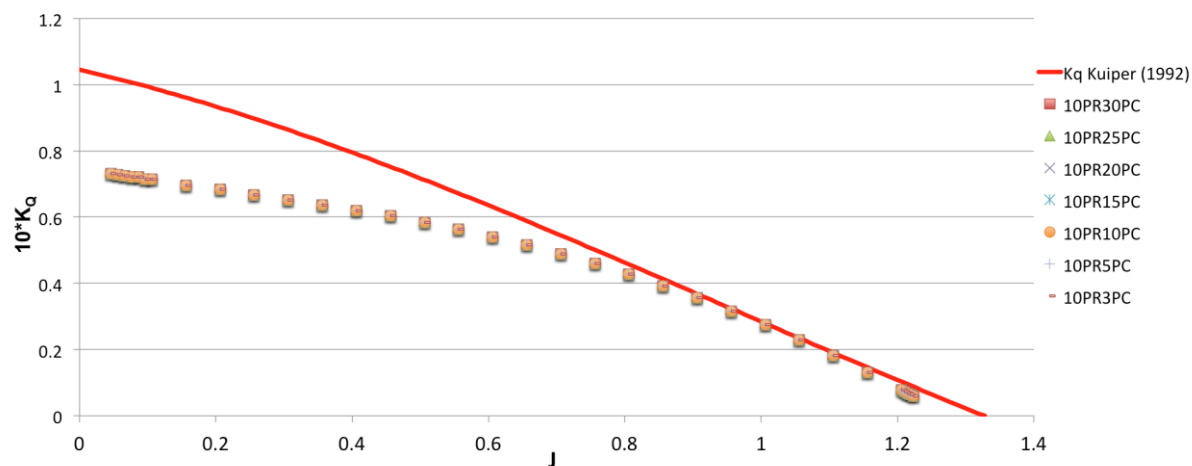
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 61 – Comparação $10 \cdot K_Q$ 15 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



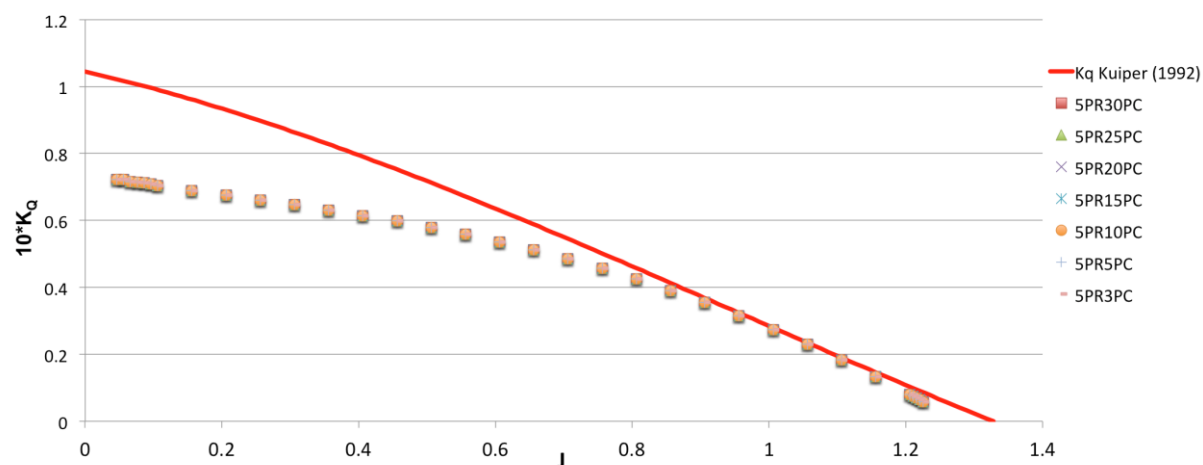
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 62 – Comparação $10 \cdot K_Q$ 10 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



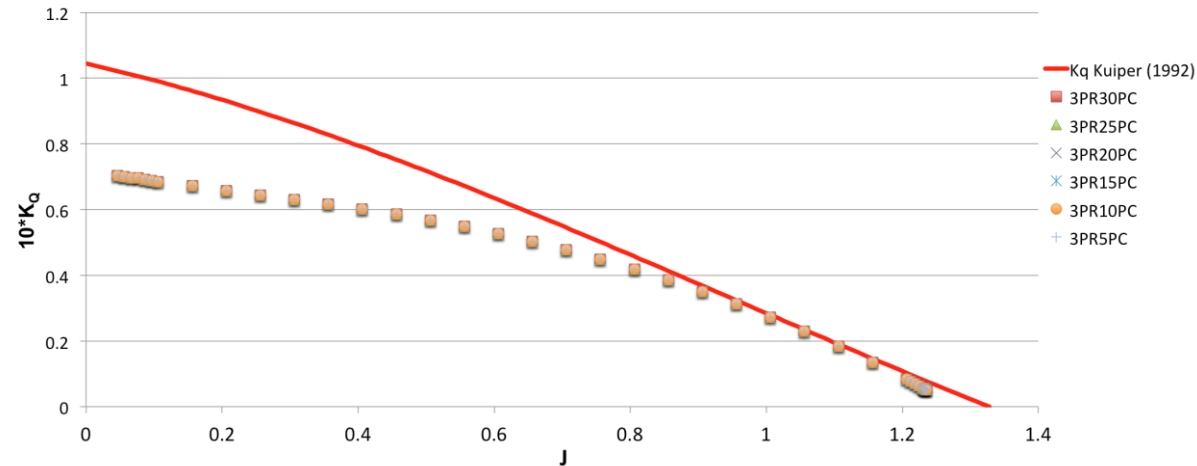
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 63 – Comparação $10 \cdot K_Q$ 5 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.

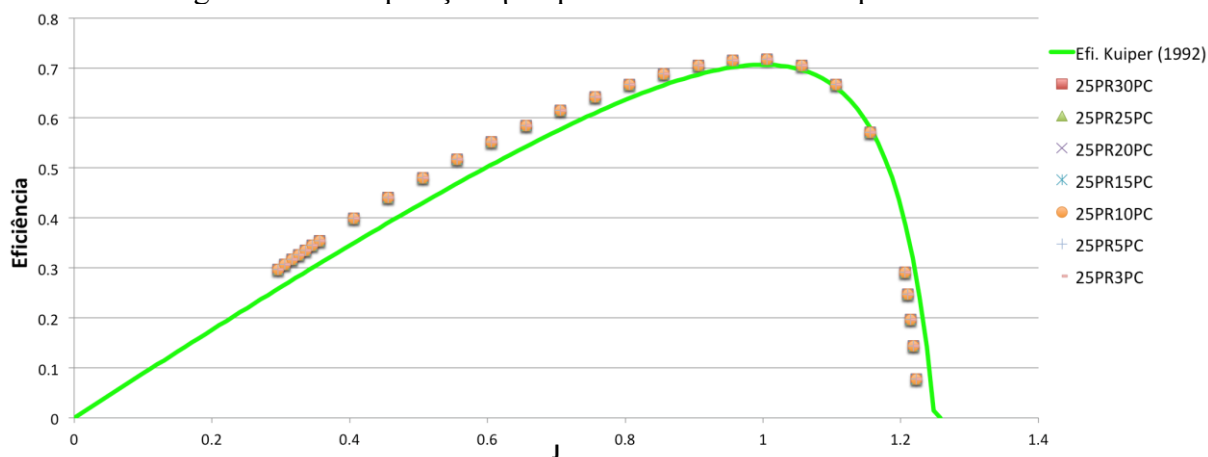


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

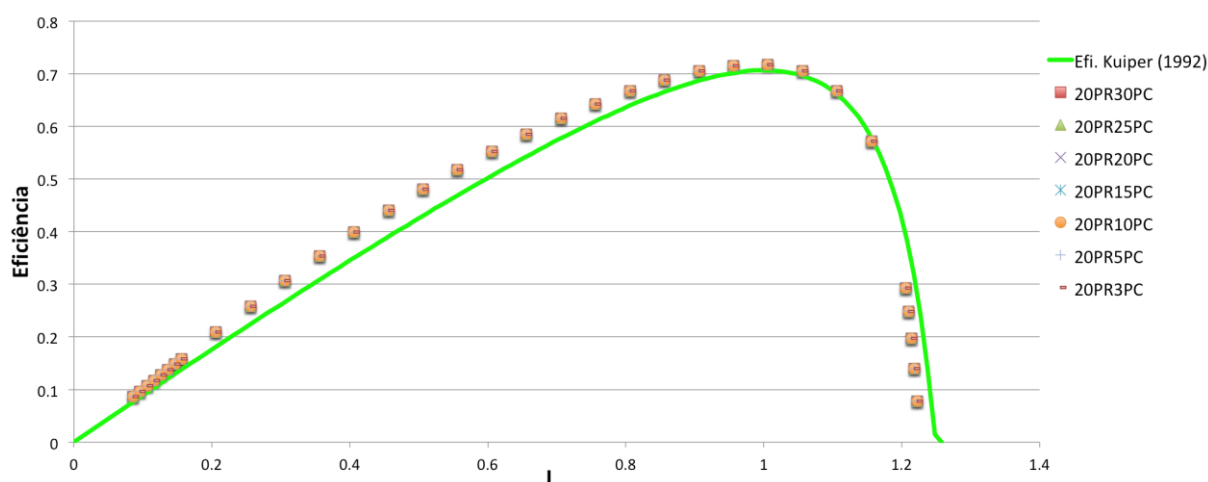
Figura 64 – Comparação $10 \cdot K_Q$ 3 painéis radiais e 5 a 30 painéis corda.



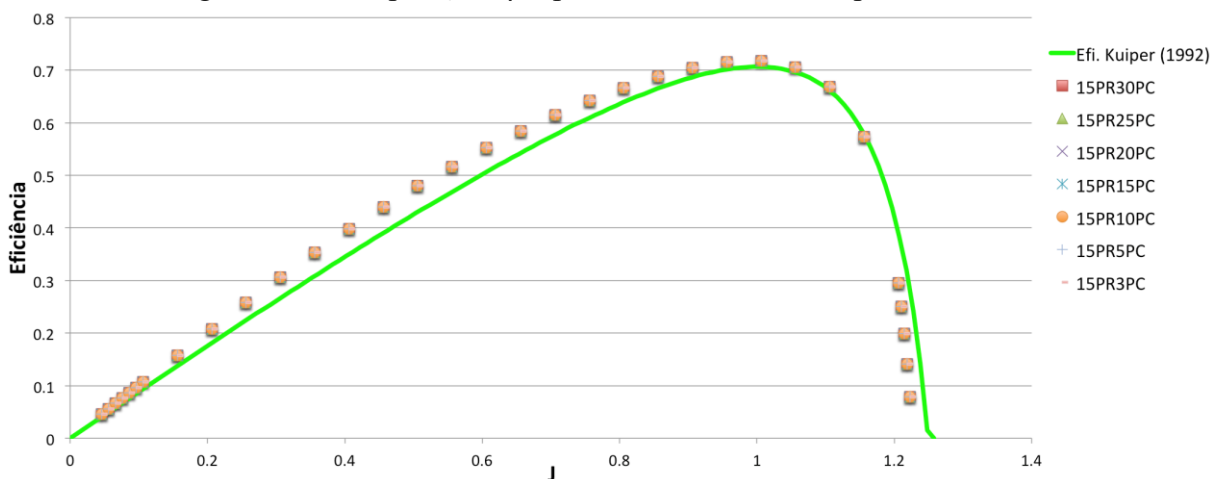
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 65 – Comparação η 25 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

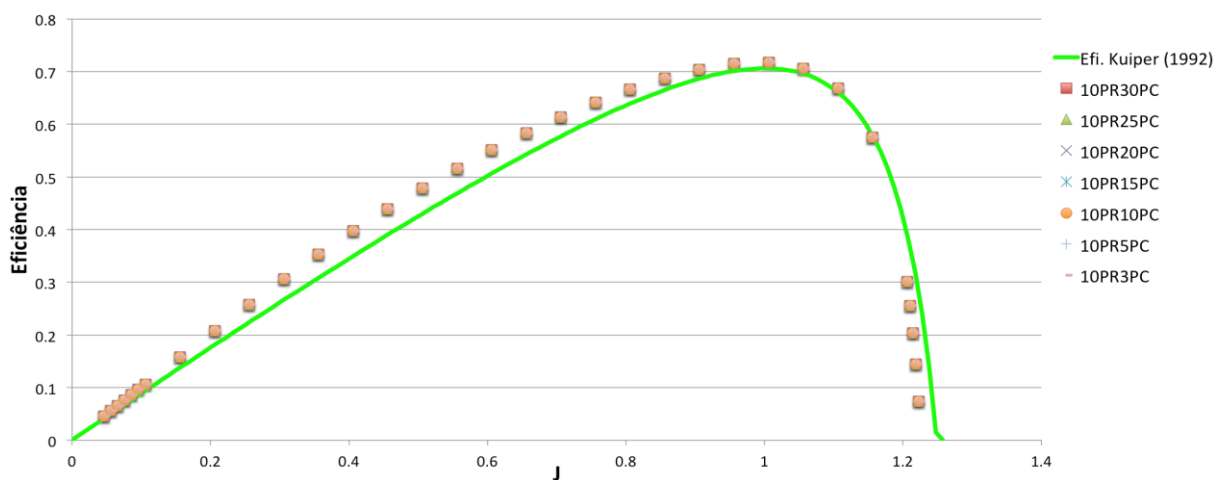
Figura 66 – Comparação η 20 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 67 – Comparação η 15 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.

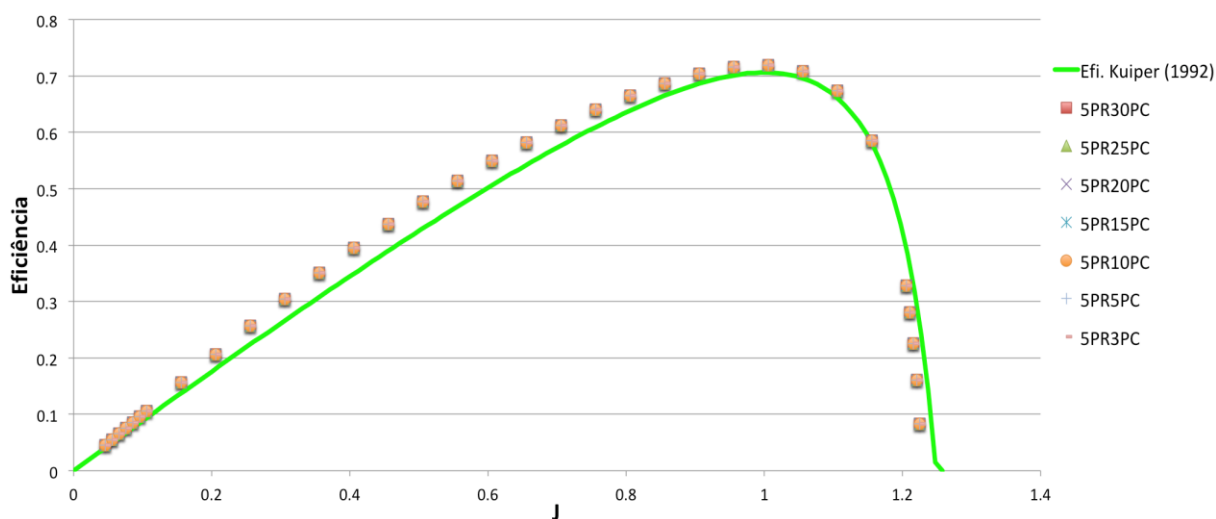
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 68 – Comparação η 10 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



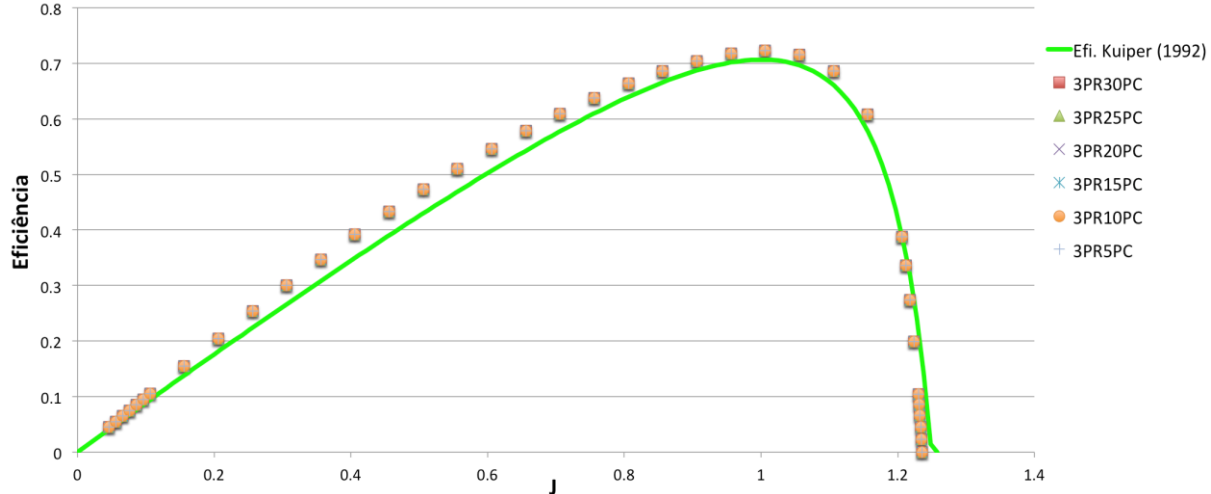
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figure 69 – Comparação η 5 painéis radiais e 3 a 30 painéis corda.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 70 – Comparação η 3 painéis radiais e 5 a 30 painéis corda.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE C – GEOMETRIAS RESULTANTES DA VARIAÇÃO PARAMÉTRICA B4-85

Abaixo encontra-se a interface do OpenProp contendo a discretização da geometria original do hélice B4-85.

Figura 71 – Dados de referência para análise do hélice B4-85 no *OpenProp*.

The screenshot displays the OpenProp v3.3.4 interface with the following sections:

- Specifications:**
 - Number of blades: 4
 - Rotation speed (RPM): 78
 - Rotor diameter (m): 6
 - Required thrust (N): 276327.873
 - Ship speed (m/s): 7.8471
 - Hub diameter (m): 1
 - Fluid density (kg/m³): 1025
 - # radial panels: 20
 - # chordwise panels: 30
- Blade Design Values:**

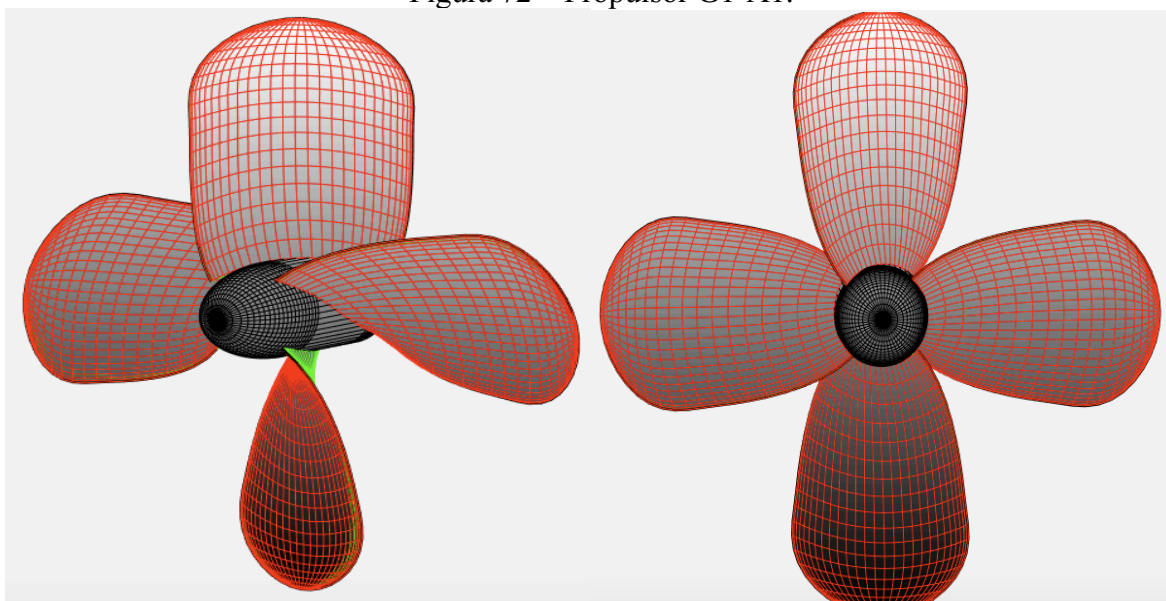
r/R	c/D	Cd	t/D	Skew	Rake
0.2	0.3532	0.008	0.0326	0	0
0.3	0.3999	0.008	0.0289	0	0
0.4	0.4356	0.008	0.0252	0	0
0.5	0.4573	0.008	0.0215	0	0
0.6	0.4647	0.008	0.0178	0	0
0.7	0.4556	0.008	0.0141	0	0
0.8	0.4186	0.008	0.0104	0	0
0.9	0.3362	0.008	0.0067	0	0
1	0.001	0.008	0.003	0	0
- Inflow Profile Values:**

r	Va/Vs	Vt/Vs
- Options:**
 - Propeller
 - Turbine
 - Hub
 - Chord optimization
 - Viscous forces
 - Optimization plots
 - Geometry plots
 - Performance curve
- Airfoil type:**
 - Meanline type: NACA a=0.8
 - Thickness type: NACA 65A010
- Ducted Propeller:**
 - Thrust Ratio: 1
 - Duct section drag (Cd): 0.008
 - duct D / prop D: 1
- Non-dimensional Parameters:**
 - J = V/nD = 1.00604
 - L = omega*R/V = 3.12274
 - CT = T/(1/2*rho*V^2*pi*R^2) = 0.309685
 - KT = T/(rho*n^2*D^4) = 0.123086
- Tools:**
 - Filename prefix: DefaultPropeller
 - Buttons: Load, Save, Run OpenProp

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

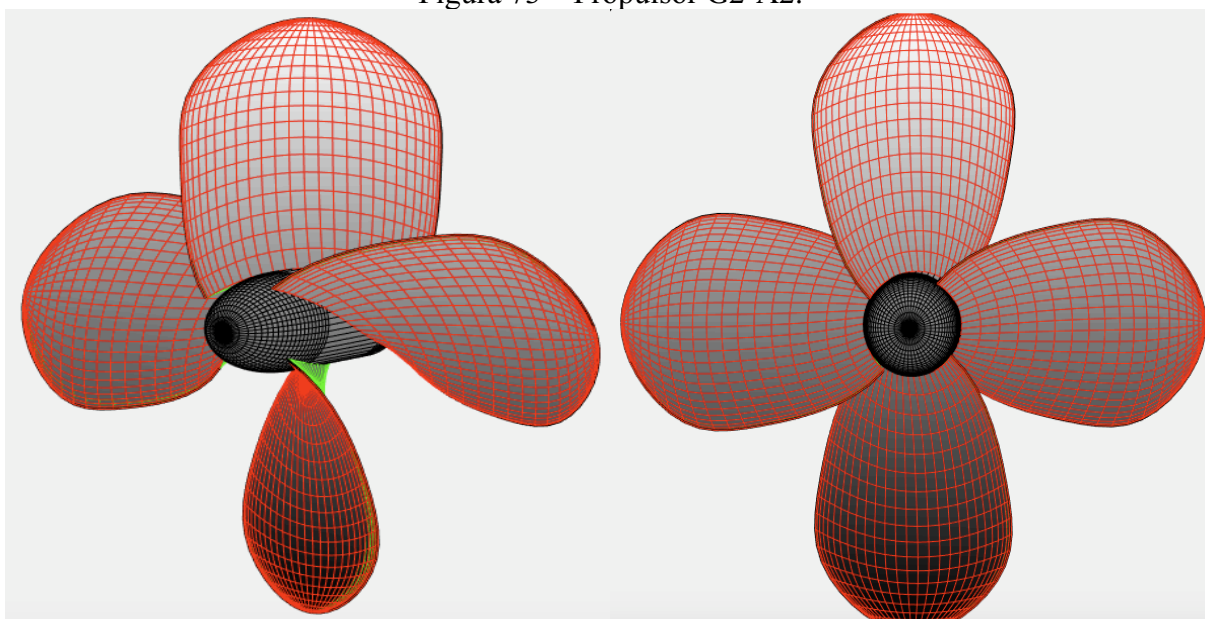
A seguir encontra-se uma sequência de figuras contendo todas as geometrias resultantes da variação paramétrica, tanto para o grupo 1 quanto para o grupo 2 baseadas no propulsor B4-85.

Figura 72 – Propulsor G1-A1.



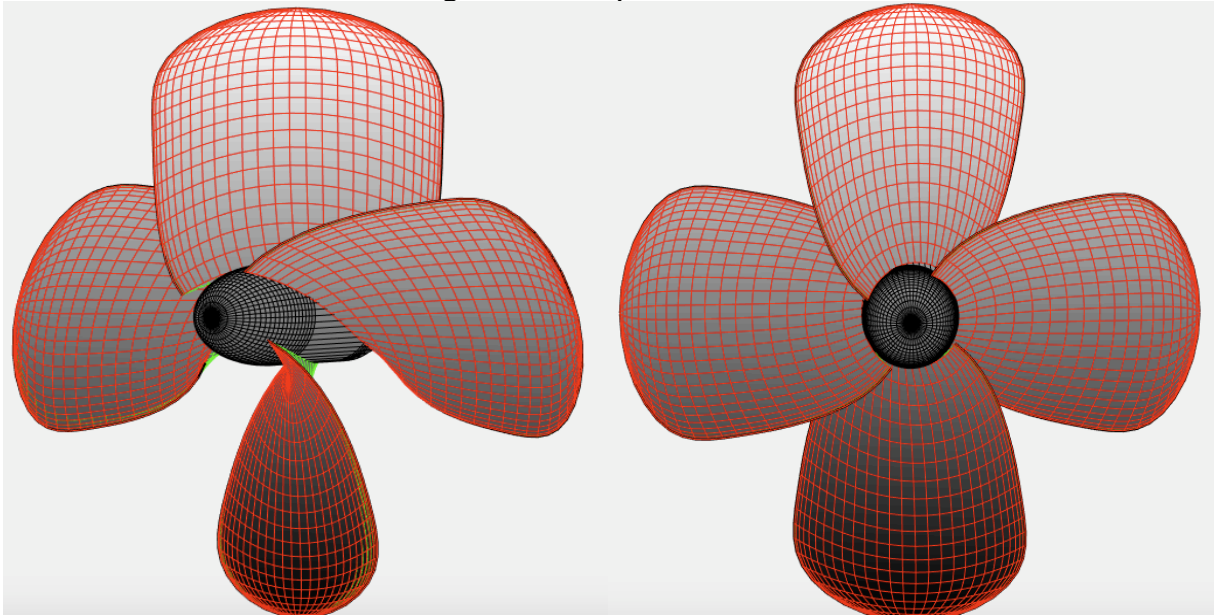
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 73 – Propulsor G2-A2.



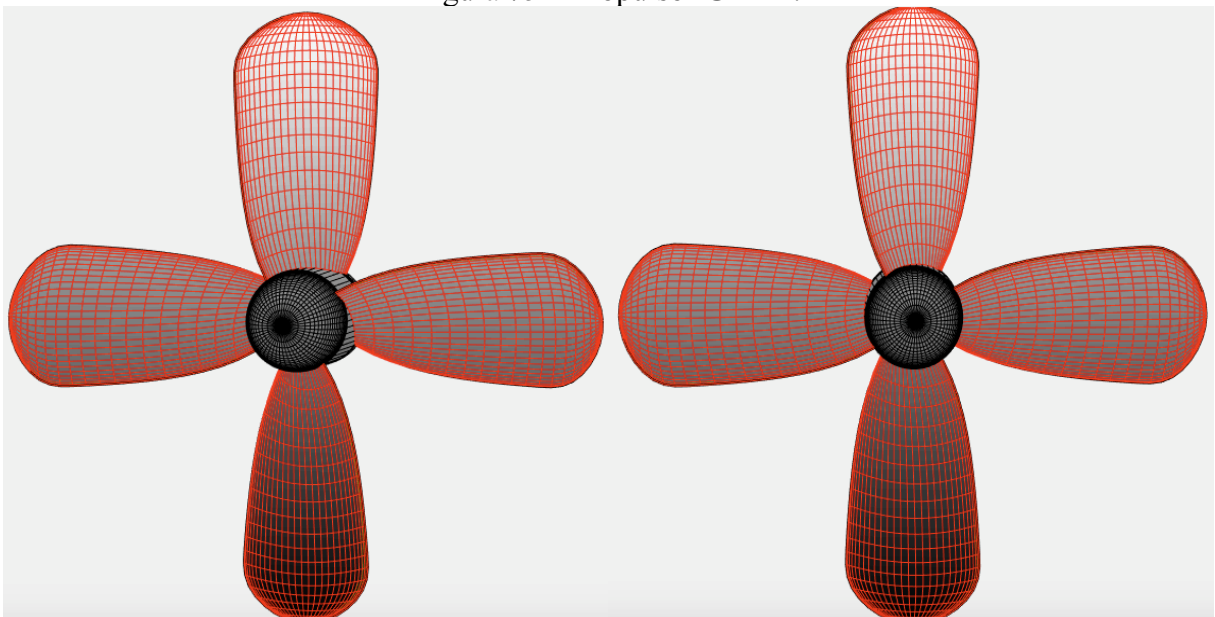
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 74 – Propulsor G1-A3.



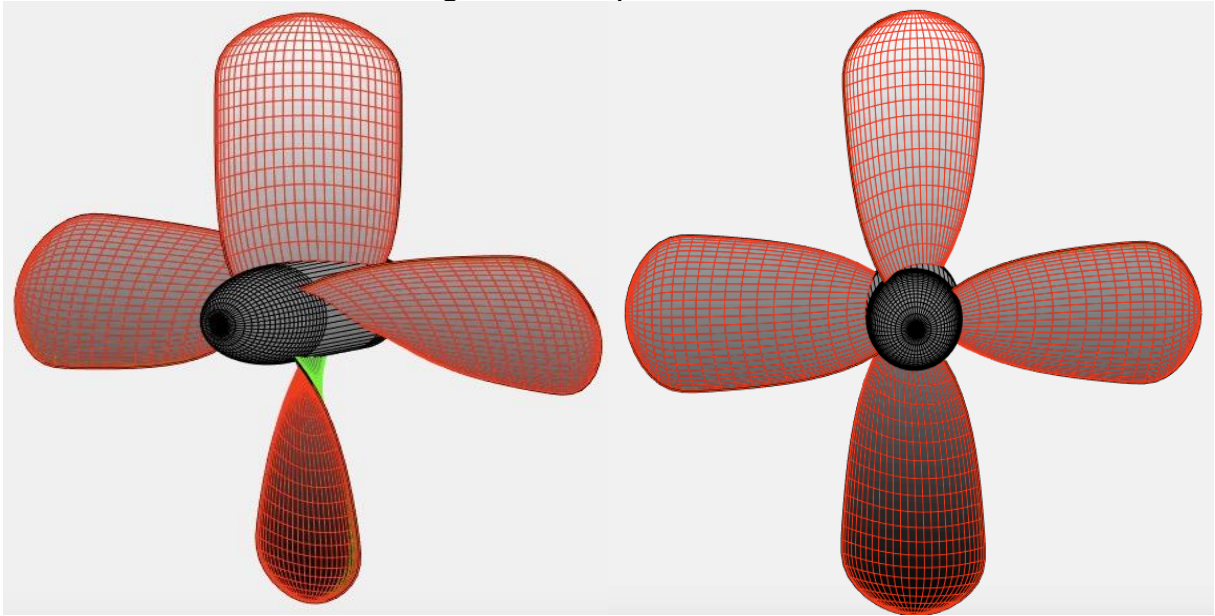
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 75 – Propulsor G1-A4.



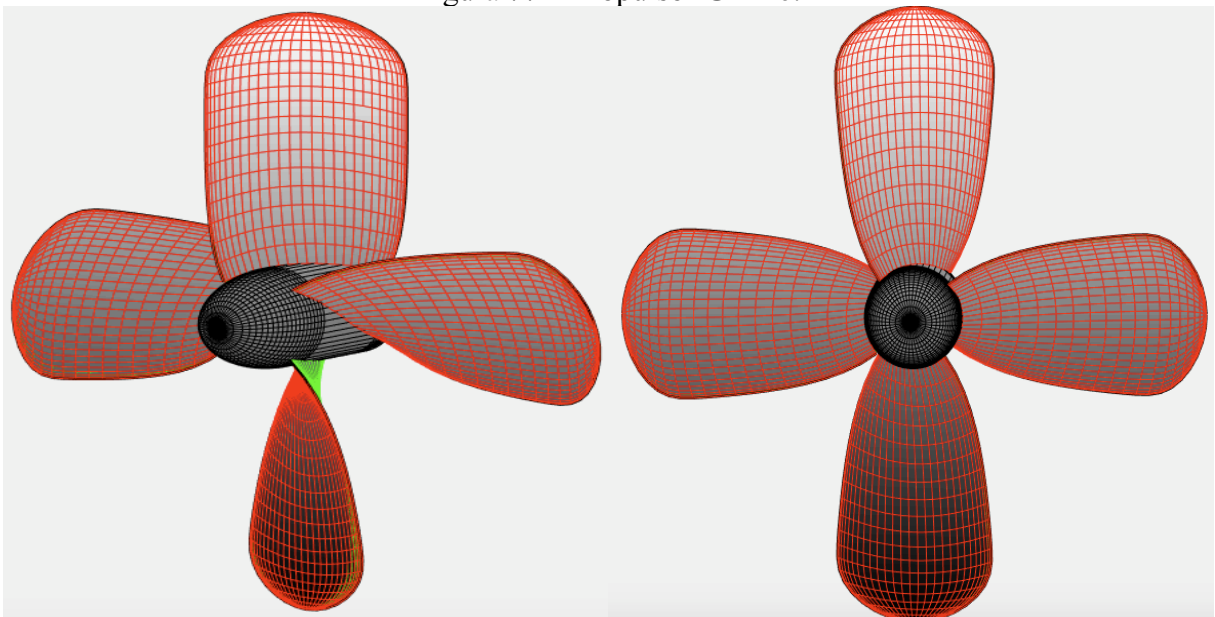
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 76 – Propulsor G1-A5.



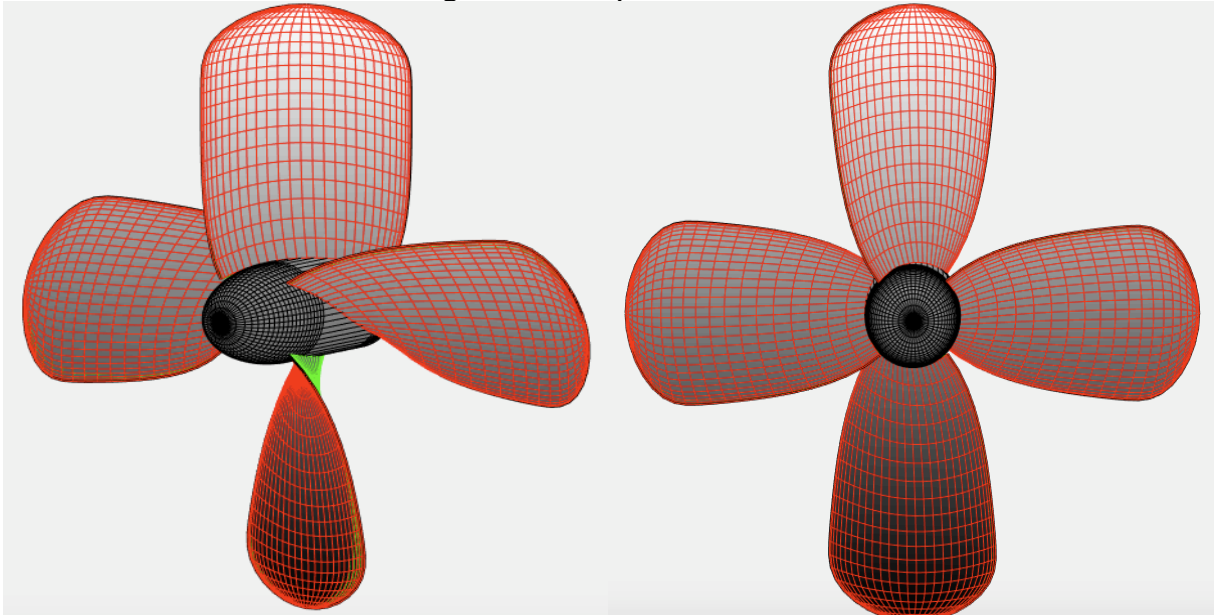
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 77 – Propulsor G1-A6.



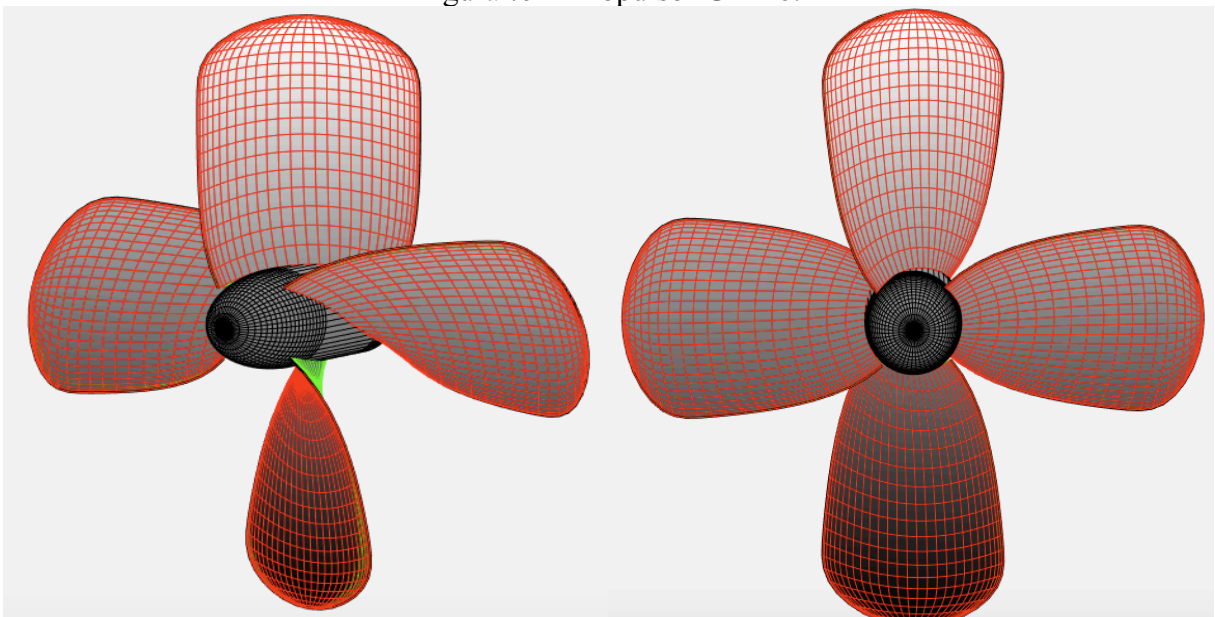
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 78 – Propulsor G1-A7.



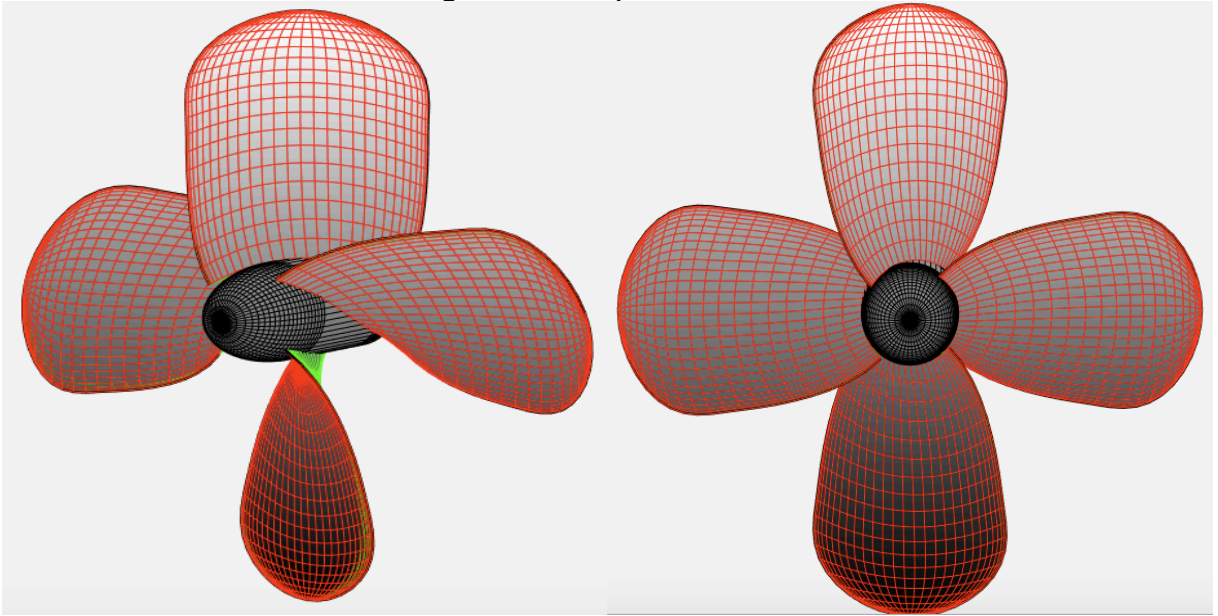
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 79 – Propulsor G1-A8.



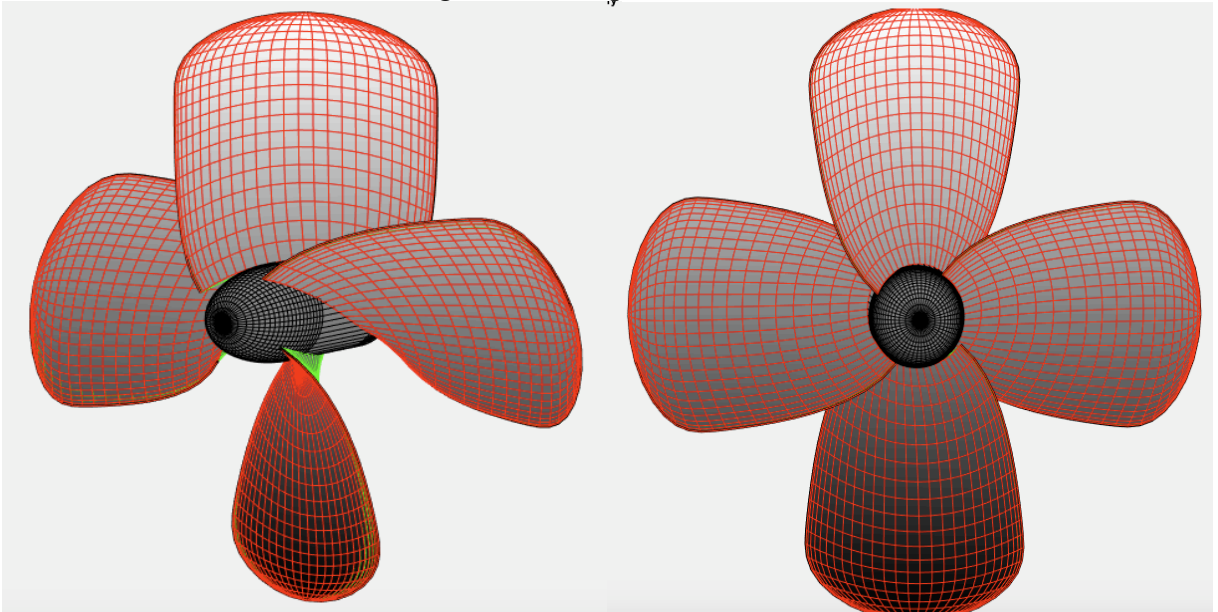
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 80 – Propulsor G1-A9.



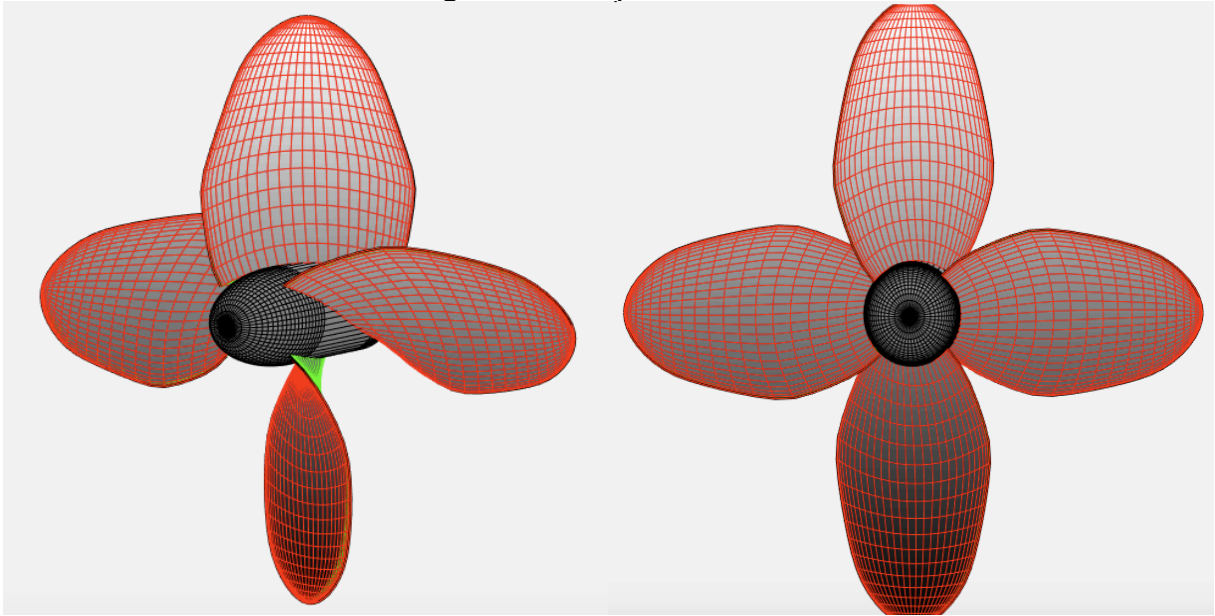
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 81 – Propulsor G1-A10



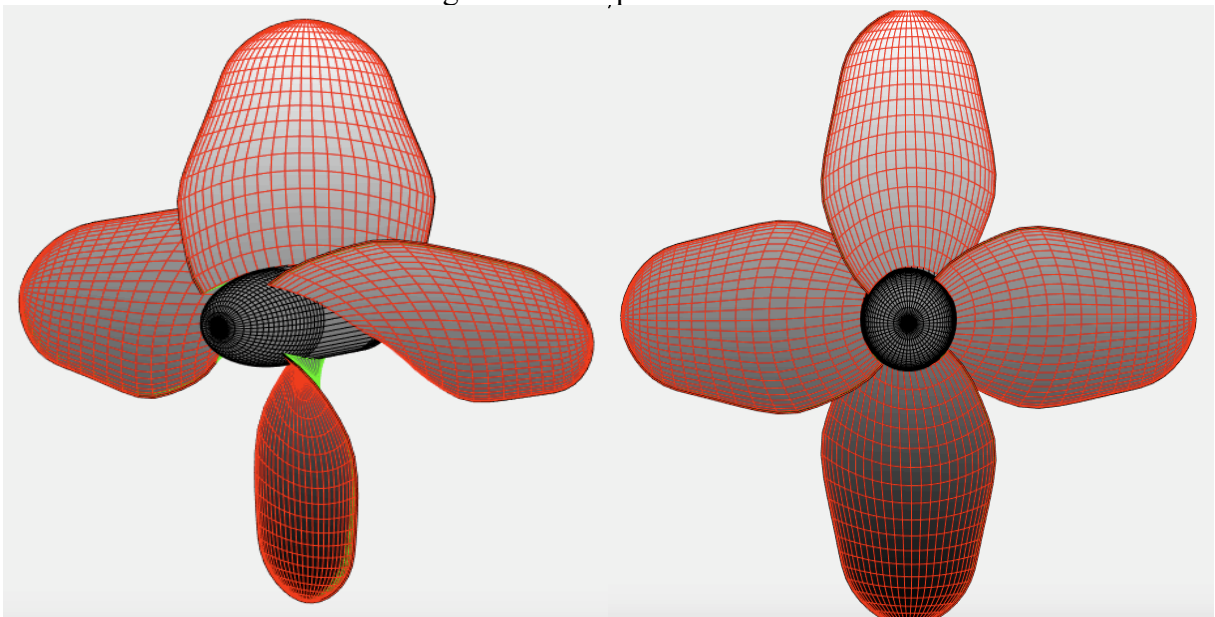
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 82 – Propulsor G2-A1.



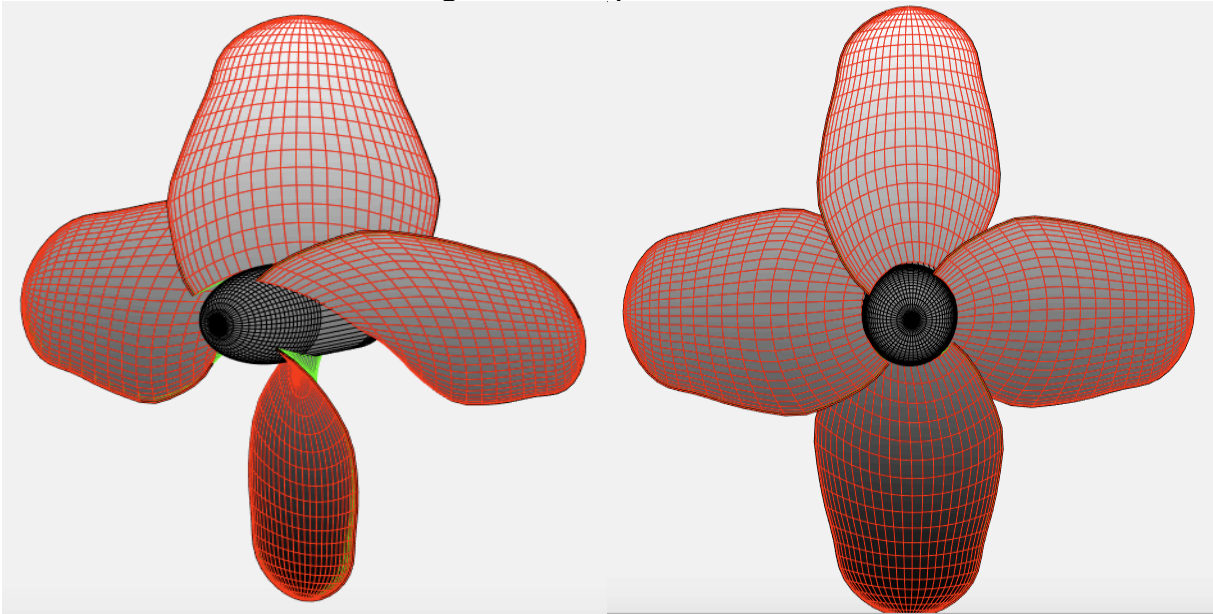
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 83 – Propulsor G2-A2.



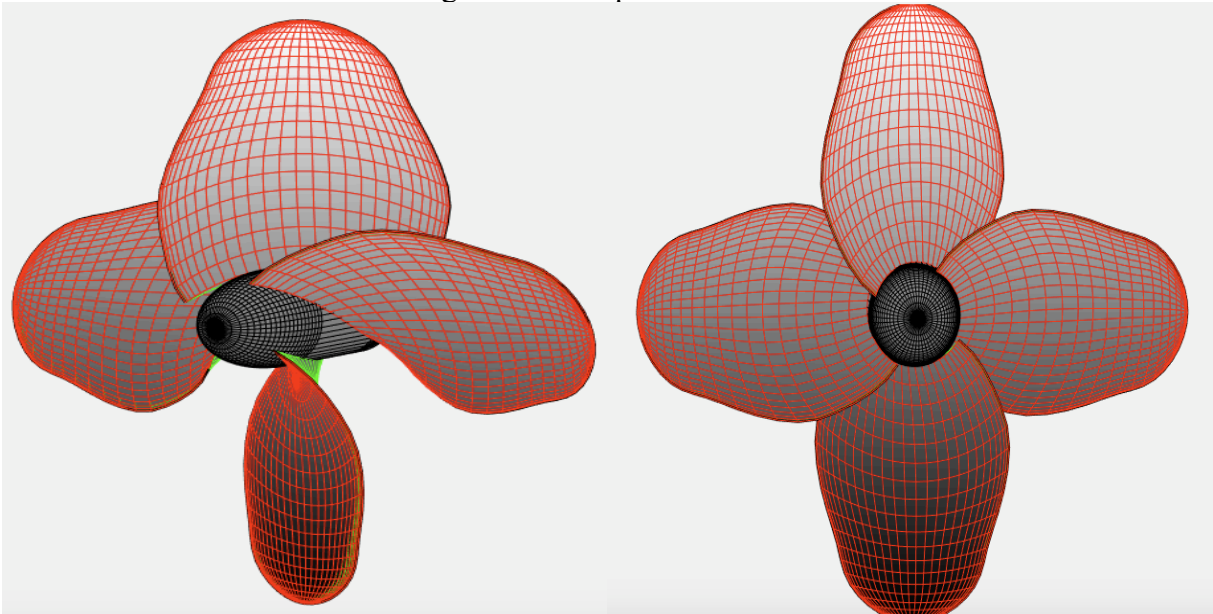
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 84 – Propulsor G2-A3.



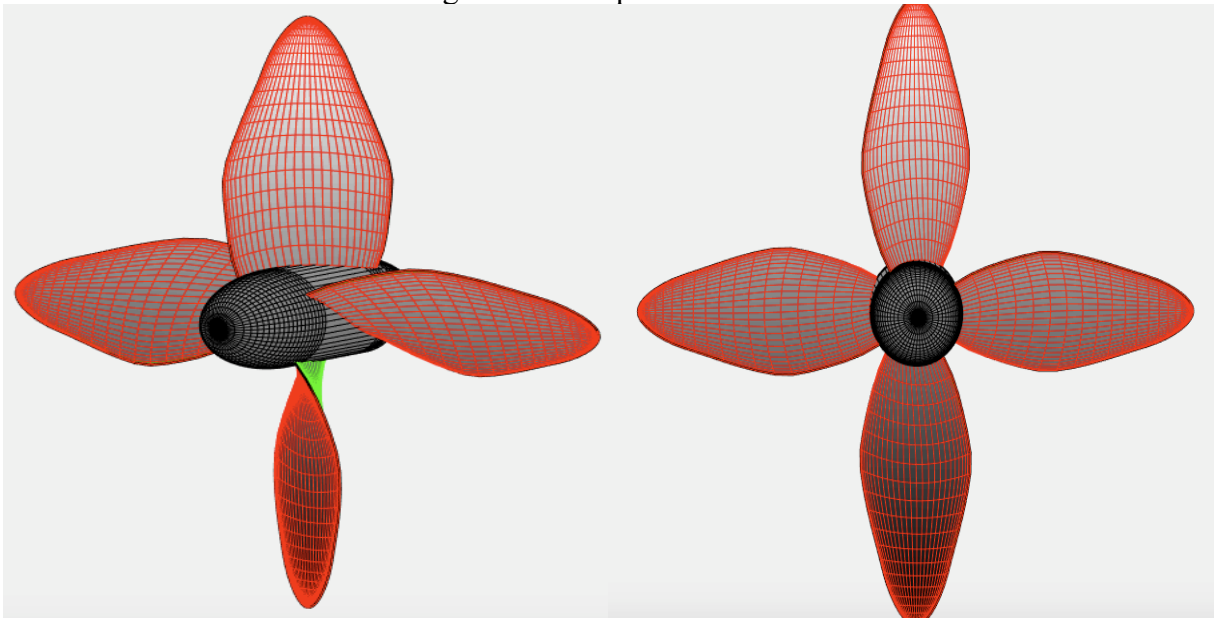
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 85 – Propulsor G2-A4.



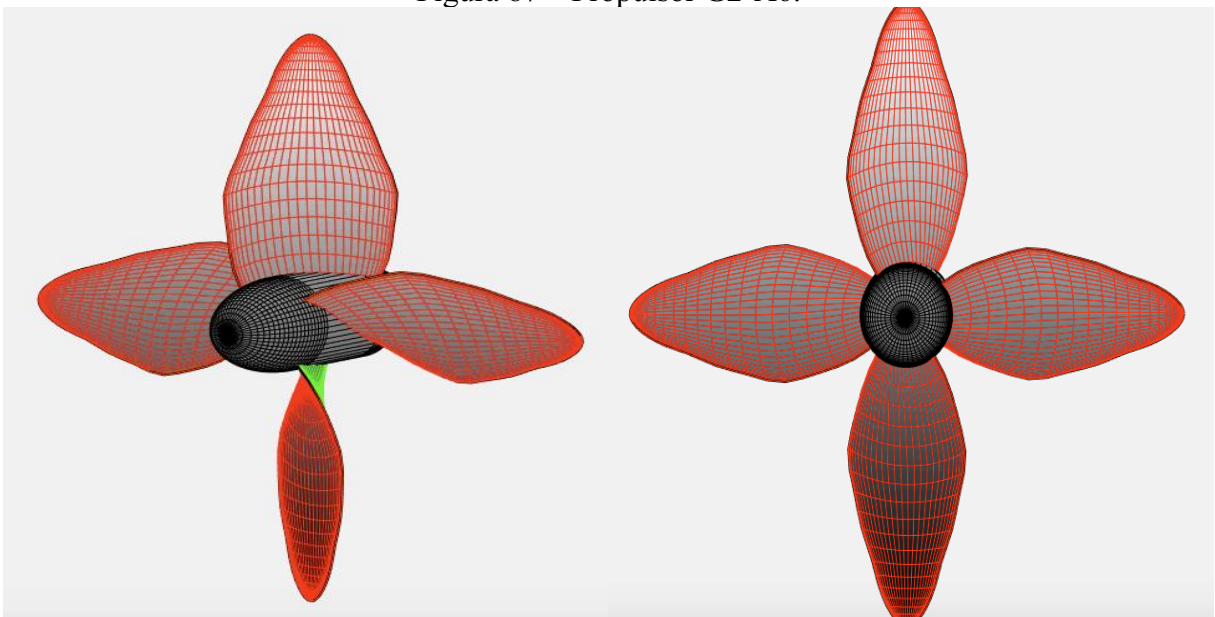
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 86 – Propulsor G2-A5.



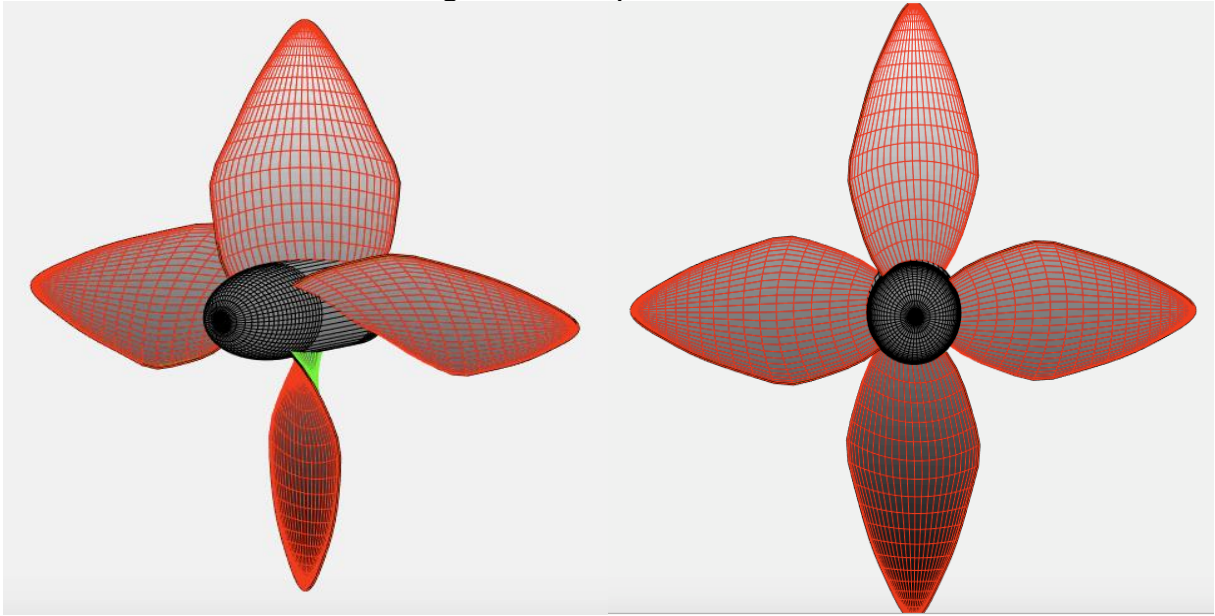
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 87 – Propulsor G2-A6.



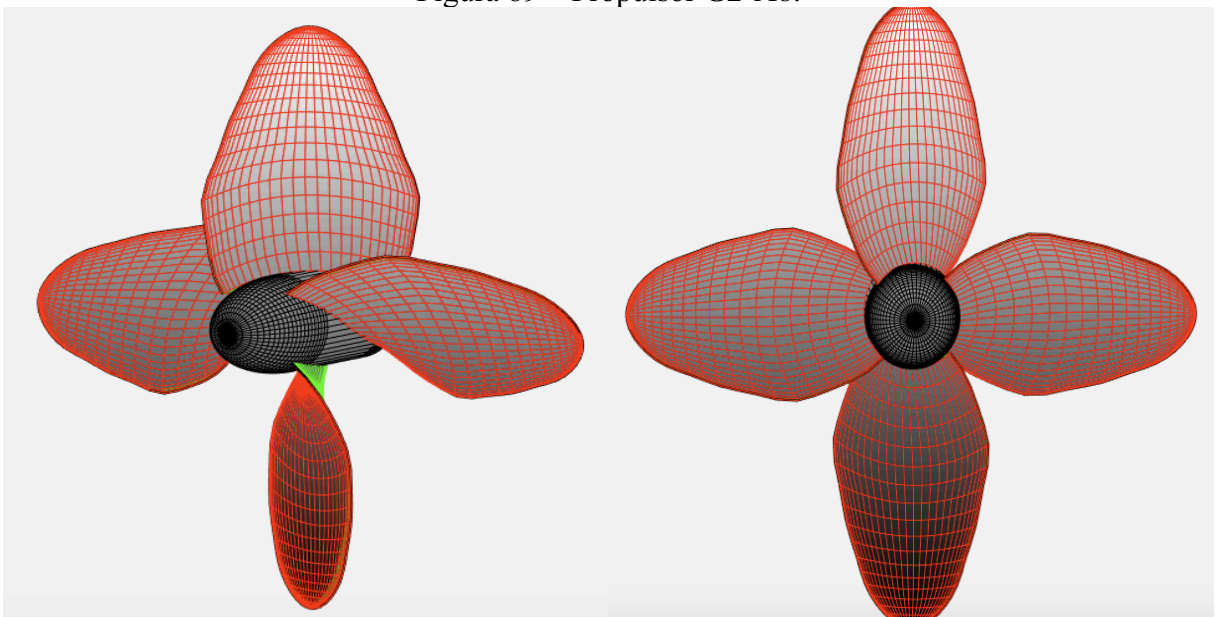
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 88 – Propulsor G2-A7.



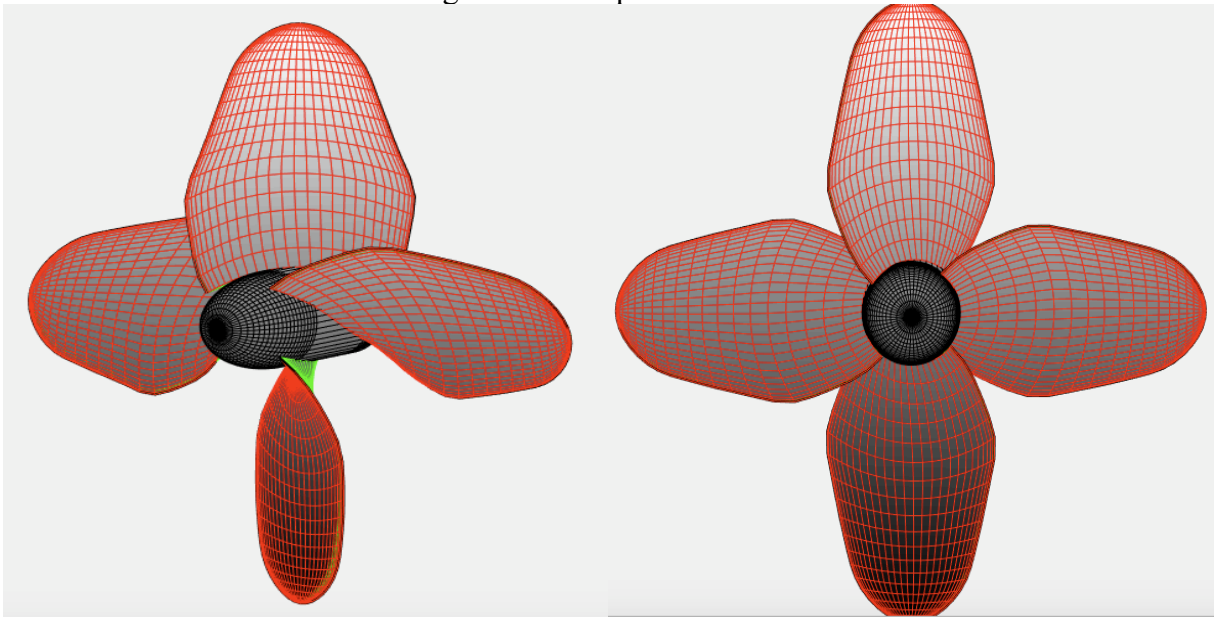
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 89 – Propulsor G2-A8.



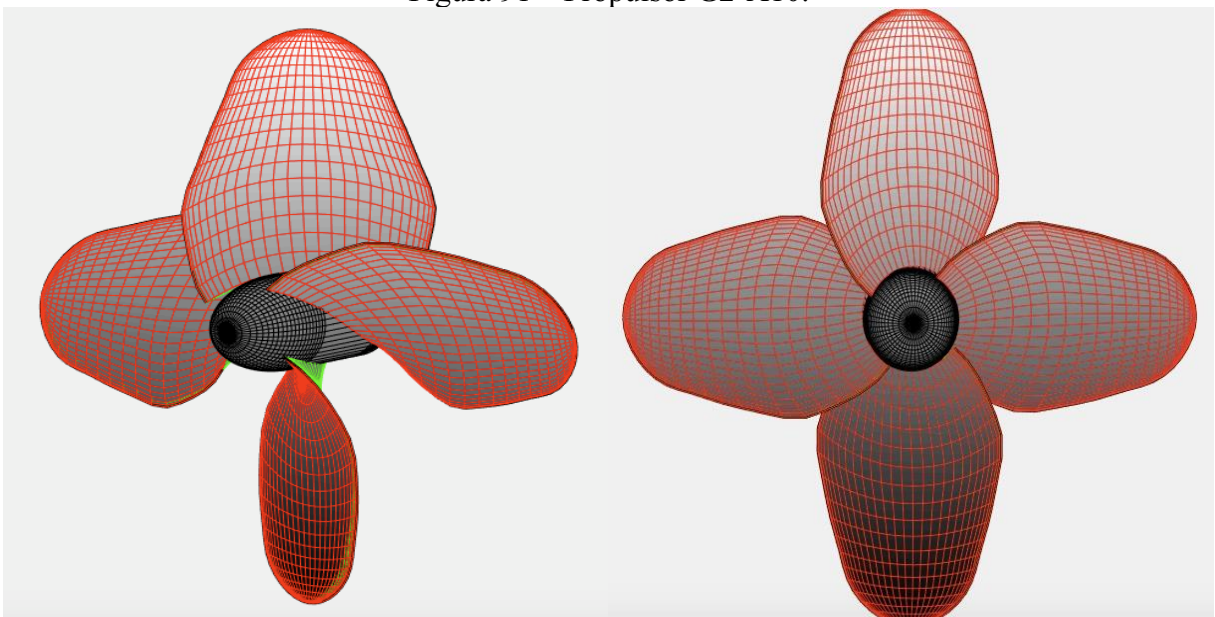
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 90 – Propulsor G2-A9.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 91 – Propulsor G2-A10.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE D – RESULTADOS NUMÉRICOS DA VARIAÇÃO PARAMÉTRICA B4-85

Além dos resultados apresentados no texto principal, encontram-se abaixo os resultados numéricos de K_T , K_Q e eficiência oriundos das variações paramétricas de c/D , para os dois grupos.

Tabela 26 – Resultados Original e G1-A1.

Original				Alteração 1			
J	K_T	10^*K_Q	Eficiência	J	K_T	10^*K_Q	Eficiência
0,0860385	0,4567871	0,72277676	0,08654109	0,22603846	0,41179308	0,63903155	0,2318244
0,0960385	0,4552626	0,71978813	0,09667688	0,23603846	0,41002672	0,63669594	0,2419262
0,1060385	0,4535979	0,71613998	0,10689482	0,24603846	0,40802919	0,63251048	0,2526077
0,1160385	0,451984	0,7125682	0,11714365	0,25603846	0,40627772	0,63115579	0,2623081
0,1260385	0,4503663	0,70939436	0,12735072	0,26603846	0,40422389	0,6268693	0,2730295
0,1360385	0,4487105	0,70572091	0,13766232	0,27603846	0,40223806	0,6242953	0,2830628
0,1460385	0,4469127	0,70225112	0,14791686	0,28603846	0,40018937	0,62169557	0,2930437
0,1560385	0,4450081	0,69894006	0,15811744	0,29603846	0,39811159	0,61907341	0,3029918
0,2060385	0,4354603	0,68393881	0,20878521	0,30603846	0,39598423	0,61644868	0,3128795
0,2560385	0,424648	0,66951155	0,25846179	0,31603846	0,39376033	0,61381363	0,3226677
0,3060385	0,4124407	0,65440855	0,30697899	0,32603846	0,39150423	0,61155811	0,3321909
0,3560385	0,3990119	0,63920338	0,35372339	0,33603846	0,38925126	0,60958295	0,3415123
0,4060385	0,3837242	0,62201168	0,39866491	0,34603846	0,38679135	0,60619203	0,3514075
0,4560385	0,3673484	0,60558219	0,44027773	0,35603846	0,38431218	0,60387595	0,360623
0,5060385	0,349179	0,58564044	0,48019844	0,40603846	0,37087415	0,58966938	0,4064483
0,5560385	0,3303169	0,56540108	0,51701024	0,45603846	0,35527569	0,572857	0,450133
0,6060385	0,3101087	0,54160533	0,5522698	0,50603846	0,33867603	0,55678165	0,4898952
0,6560385	0,2893799	0,51670324	0,58475868	0,55603846	0,32058271	0,53747781	0,5278427
0,7060385	0,2679588	0,48983733	0,61470207	0,60603846	0,30142451	0,51584703	0,563609
0,7560385	0,2456276	0,46013073	0,6423325	0,65603846	0,28183642	0,49345406	0,5963481
0,8060385	0,2225716	0,42808223	0,66698865	0,70603846	0,2612561	0,46809163	0,6271682
0,8560385	0,1986457	0,3933883	0,68797254	0,75603846	0,23996534	0,44053602	0,6554372
0,9060385	0,1741263	0,35629859	0,70472081	0,80603846	0,21786905	0,41059962	0,6806955
0,9560385	0,1490462	0,31694134	0,71554609	0,85603846	0,19515995	0,37821686	0,7030128
1,0060385	0,1230861	0,2746595	0,7175448	0,90603846	0,17177085	0,34339304	0,7213147
1,0560385	0,0964124	0,22969295	0,70548037	0,95603846	0,14784128	0,3063066	0,7344037
1,1060385	0,0690261	0,18199243	0,66765235	1,00603846	0,12308608	0,26635992	0,739903
1,1560385	0,0408062	0,13128656	0,5718708	1,05603846	0,09765644	0,2237634	0,7335196
1,2060385	0,0118331	0,07770496	0,29230129	1,10603846	0,07155919	0,17847791	0,7057832
1,2101226	0,0094185	0,07317184	0,24790711	1,15603846	0,04468145	0,13024465	0,6311895
1,2142068	0,0070149	0,06865059	0,19746429	1,20603846	0,01709964	0,07918445	0,4145037
1,218291	0,0048125	0,06451378	0,14464064	1,21223807	0,01363207	0,07265821	0,3619804
1,2223751	0,0024037	0,0599631	0,07798696	1,21843768	0,01015318	0,06608717	0,297926
				1,22463729	0,00666354	0,05947246	0,2183819
				1,2308369	0,00316314	0,05281407	0,1173248
				1,23195735	0,00255166	0,05164981	0,0968655
				1,23307781	0,00191828	0,05044181	0,074633
				1,23419827	0,00128423	0,04923176	0,0512394
				1,23531873	0,00064983	0,04802028	0,0266058
				1,23643918	0,0000158	0,04680737	0,0006341

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 27 – Resultados numéricos G1-A2 e G1-A3.

Alteração 2				Alteração 3			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,29603846	0,403253289	0,629222956	0,301954586	0,33603846	0,408281643	0,661530592	0,330079871
0,30603846	0,400923545	0,626527346	0,311686271	0,34603846	0,405740264	0,659315282	0,338921773
0,31603846	0,398589879	0,623769208	0,321412235	0,35603846	0,402718512	0,654966558	0,348417143
0,32603846	0,396321594	0,621655637	0,330816245	0,40603846	0,387442428	0,637670098	0,392643516
0,33603846	0,393731842	0,618834265	0,340279123	0,45603846	0,370730886	0,620392848	0,433724135
0,34603846	0,391227304	0,616147976	0,349694366	0,50603846	0,352217598	0,599416317	0,473245124
0,35603846	0,38874038	0,613781147	0,358891487	0,55603846	0,333091268	0,578369263	0,509662884
0,40603846	0,374374877	0,597834309	0,404681328	0,60603846	0,312618844	0,553719739	0,544559659
0,45603846	0,358695148	0,58267586	0,446807114	0,65603846	0,29181927	0,528680668	0,576328333
0,50603846	0,341253848	0,564198343	0,487135085	0,70603846	0,269944399	0,500411505	0,606171517
0,55603846	0,323107441	0,545324377	0,524344857	0,75603846	0,247325982	0,469929165	0,633288153
0,60603846	0,303683372	0,523113562	0,559944976	0,80603846	0,223966485	0,437111322	0,657304907
0,65603846	0,283878452	0,500270347	0,592484646	0,85603846	0,199716045	0,401646266	0,6774584
0,70603846	0,263055484	0,474353067	0,623152208	0,90603846	0,174857676	0,363794541	0,693099026
0,75603846	0,24151127	0,446225051	0,651249609	0,95603846	0,149423288	0,323686393	0,702407827
0,80603846	0,219252104	0,415768257	0,676500837	1,00603846	0,123086076	0,280650181	0,702228282
0,85603846	0,196145306	0,38269408	0,698296051	1,05603846	0,096015687	0,234932389	0,686908932
0,90603846	0,172448027	0,347227679	0,716160987	1,10603846	0,068212305	0,186483832	0,643890331
0,95603846	0,14819399	0,309486055	0,728593011	1,15603846	0,039552373	0,135029718	0,53893402
1,00603846	0,123086079	0,268851084	0,733047067	1,20603846	0,010117392	0,080703129	0,240635378
1,05603846	0,097280155	0,225542835	0,72492835	1,20947566	0,008045626	0,076823759	0,201595836
1,10603846	0,0707806	0,179517646	0,694060701	1,21291286	0,005991237	0,072971889	0,158493195
1,15603846	0,043471498	0,130512614	0,612836366	1,21635006	0,003933239	0,069106455	0,110181933
1,20603846	0,015430411	0,078651357	0,376575927	1,21978726	0,001871583	0,06522736	0,055703633
1,21154125	0,012295757	0,072760832	0,325848664				
1,21704403	0,009157177	0,066845137	0,265349472				
1,22254682	0,006009787	0,06089469	0,192028311				
1,22804961	0,002853566	0,054909438	0,101572694				
1,22904463	0,002301896	0,053862643	0,083596057				
1,23003965	0,001730594	0,052776778	0,064193585				
1,23103468	0,001158725	0,051689226	0,043920835				
1,2320297	0,000586561	0,050600526	0,022730019				
1,23302472	0,0000141	0,049510685	0,000559217				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 28 – Resultados numéricos G1-A4 e G1-A5.

Alteração 4				Alteração 5			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,01603846	0,400295073	0,612583068	0,016680079	0,016038462	0,411989804	0,635588073	0,016546021
0,02603846	0,399788752	0,608479978	0,02722825	0,026038462	0,411120991	0,635264943	0,026819471
0,03603846	0,399077348	0,606698906	0,037728561	0,036038462	0,410476276	0,630652111	0,037332286
0,04603846	0,398387768	0,604231241	0,048310747	0,046038462	0,409555815	0,631102069	0,047550428
0,05603846	0,397517059	0,605039295	0,058597424	0,056038462	0,408844736	0,626186713	0,058231892
0,10603846	0,393546604	0,592447659	0,112106226	0,106038462	0,404287977	0,616822045	0,110615119
0,15603846	0,388678898	0,58242767	0,165729857	0,156038462	0,398880979	0,604320281	0,163918492
0,20603846	0,382873833	0,572759643	0,219205631	0,206038462	0,392587574	0,593678449	0,216847138
0,25603846	0,376206039	0,564761606	0,271447557	0,256038462	0,385134978	0,582874849	0,269254511
0,30603846	0,367989396	0,553531139	0,323809352	0,306038462	0,376408179	0,571802234	0,320633832
0,35603846	0,358776355	0,544439431	0,373414596	0,356038462	0,366433638	0,561596676	0,369732692
0,40603846	0,347519463	0,532415836	0,421808642	0,406038462	0,354553701	0,548707721	0,417569007
0,45603846	0,334955731	0,521510639	0,466171634	0,456038462	0,341040621	0,535907821	0,461888999
0,50603846	0,320270215	0,507627936	0,508129835	0,506038462	0,325885949	0,521948963	0,502853243
0,55603846	0,303917455	0,491348158	0,547382963	0,556038462	0,30890846	0,504495405	0,54187305
0,60603846	0,286898945	0,474641263	0,583020437	0,606038462	0,29138546	0,486842149	0,577297963
0,65603846	0,268740337	0,45494249	0,616773621	0,656038462	0,272709795	0,46606268	0,610950242
0,70603846	0,249853045	0,433227426	0,648062954	0,706038462	0,253306355	0,443253998	0,642158029
0,75603846	0,230292554	0,409384351	0,676881557	0,756038462	0,233219762	0,418295958	0,670881323
0,80603846	0,210002104	0,383250388	0,702937869	0,806038462	0,21238168	0,391017794	0,696781205
0,85603846	0,189149527	0,354770446	0,726392304	0,856038462	0,190966532	0,361361734	0,71999339
0,90603846	0,167690328	0,323933595	0,746481051	0,906038462	0,168923304	0,329320754	0,739668682
0,95603846	0,14574641	0,29087924	0,762396049	0,956038462	0,146378832	0,295045196	0,754892697
1,00603846	0,123086082	0,255105056	0,772546446	1,006038462	0,123086082	0,258005209	0,763862498
1,05603846	0,099838565	0,216778623	0,774072692	1,056038462	0,099180505	0,218380399	0,763330347
1,10603846	0,076018884	0,175874372	0,76086795	1,106038462	0,074674908	0,176141429	0,746282995
1,15603846	0,051529662	0,132159672	0,717382473	1,156038462	0,049467232	0,131047405	0,694514957
1,20603846	0,026441283	0,085742884	0,591923703	1,206038462	0,023629609	0,083210011	0,545082495
1,25603846	0,00075822	0,036616347	0,041394575	1,215183888	0,018858693	0,074207953	0,491499729
1,25633368	0,000731363	0,036569951	0,039988378	1,224329314	0,014043647	0,065067361	0,420566899
1,25662891	0,00059054	0,036296779	0,032539328	1,23347474	0,009207764	0,055834751	0,323742692
1,25692413	0,00043859	0,036001437	0,024370718	1,242620167	0,004351107	0,04651022	0,185016244
1,25721935	0,00028539	0,035703555	0,015994023	1,244258855	0,003509788	0,04489132	0,154827937
1,25751457	0,000132035	0,035405315	0,007463711	1,245897542	0,002637906	0,043210244	0,121052846
				1,24753623	0,001764934	0,041525377	0,084389439
				1,249174918	0,000891287	0,039837542	0,044480386
				1,250813606	0,00001697	0,038146751	0,000885701

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 29 – Resultados numéricos G1-A6 e G1-A7.

Alteração 6				Alteração 7			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,016038462	0,422574336	0,662241635	0,016288064	0,036038462	0,430332093	0,678072492	0,036401056
0,026038462	0,421911253	0,657326345	0,026599626	0,046038462	0,429363414	0,674281058	0,046657881
0,036038462	0,421048159	0,654669576	0,036888924	0,056038462	0,428390231	0,671273977	0,056917535
0,046038462	0,420068007	0,654246238	0,047045632	0,066038462	0,427328901	0,670050593	0,06703039
0,056038462	0,419236736	0,65035263	0,057493238	0,076038462	0,42637141	0,667140612	0,077343559
0,106038462	0,414208659	0,638653469	0,109455464	0,086038462	0,425286876	0,665230415	0,087543247
0,156038462	0,408415383	0,625723598	0,162095646	0,096038462	0,424136167	0,662703896	0,097825282
0,206038462	0,401512536	0,61393689	0,214458769	0,106038462	0,422970443	0,658759309	0,108359453
0,256038462	0,393523868	0,601683067	0,266519279	0,116038462	0,421863354	0,655173755	0,118915209
0,306038462	0,384282603	0,590191853	0,317141924	0,126038462	0,420635891	0,652650125	0,129285294
0,356038462	0,373671716	0,578439255	0,366057674	0,136038462	0,419425092	0,651784547	0,139326008
0,406038462	0,361302729	0,565828607	0,412642206	0,146038462	0,417996476	0,648072844	0,149911924
0,456038462	0,346857792	0,550795222	0,457070186	0,156038462	0,416775766	0,644747226	0,160533165
0,506038462	0,331113474	0,535928904	0,497591935	0,206038462	0,409509028	0,633502632	0,211974436
0,556038462	0,313576048	0,51736213	0,536380785	0,256038462	0,400845291	0,619278972	0,263764166
0,606038462	0,29536669	0,498028839	0,572041245	0,306038462	0,391181245	0,606947717	0,313922818
0,656038462	0,276430934	0,476988689	0,605101172	0,356038462	0,379973732	0,593904323	0,362538501
0,706038462	0,256543383	0,453136817	0,636179923	0,406038462	0,367018259	0,58044775	0,408612684
0,756038462	0,235962511	0,427118946	0,664749767	0,456038462	0,351944111	0,564344499	0,452637999
0,806038462	0,214609752	0,398757086	0,69042568	0,506038462	0,335701735	0,548692305	0,492751976
0,856038462	0,192666717	0,367992238	0,713315151	0,556038462	0,317920442	0,529952161	0,530892697
0,906038462	0,170076174	0,33482084	0,732483356	0,606038462	0,299049578	0,508918816	0,566780637
0,956038462	0,146969809	0,299403913	0,746906352	0,656038462	0,279709965	0,48702935	0,599656075
1,006038462	0,123086081	0,261185574	0,754561207	0,706038462	0,259396746	0,462248913	0,630575536
1,056038462	0,098566493	0,220357187	0,751799362	0,756038462	0,238380645	0,435289527	0,658956572
1,106038462	0,073421734	0,176885984	0,730670499	0,806038462	0,216574144	0,405966981	0,684371305
1,156038462	0,047545485	0,130523804	0,670211661	0,856038462	0,194165786	0,374221257	0,70689948
1,206038462	0,021011583	0,081385827	0,495554335	0,906038462	0,171092685	0,340052197	0,725525403
1,21395723	0,016763183	0,073375924	0,441393984	0,956038462	0,147491013	0,303630669	0,739120789
1,221875998	0,012484519	0,065268448	0,371976747	1,006038462	0,123086608	0,264377274	0,745451748
1,229794767	0,008189505	0,05709109	0,280764426	1,056038462	0,09802494	0,222494214	0,740487497
1,237713535	0,00387817	0,048843881	0,156407264	1,106038462	0,072316305	0,17794559	0,715384223
1,239138167	0,003128441	0,047407285	0,130143594	1,156038462	0,045850132	0,130477081	0,646545021
1,240562799	0,002351559	0,045915876	0,101118797	1,206038462	0,018701804	0,080207219	0,447560064
1,241987431	0,001573769	0,044421454	0,070030209	1,212927211	0,014914594	0,073073712	0,394008095
1,243412063	0,000795443	0,042924757	0,036672165	1,219815961	0,011108581	0,065874978	0,327380306
1,244836695	0,00001658	0,041425793	0,000793328	1,226704711	0,007289715	0,058622845	0,24277493
				1,23359346	0,003458003	0,051317303	0,132298148
				1,234836838	0,002789575	0,050041286	0,109556795
				1,236080215	0,002097041	0,04871692	0,084682544
				1,237323592	0,001403748	0,047390141	0,058331678
				1,23856697	0,00071003	0,04606161	0,030386256
				1,239810347	0,00001589	0,044731334	0,000701054

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 30 – Resultados numéricos G1-A8 e G1-A9.

Alteração 8				Alteração 9			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,236038462	0,411143687	0,64045979	0,241159661	0,316038462	0,398723578	0,627235113	0,319743427
0,246038462	0,409286447	0,637741166	0,251307845	0,326038462	0,396368831	0,624377244	0,329413502
0,256038462	0,407497465	0,636303776	0,260967095	0,336038462	0,394076806	0,622250442	0,338707474
0,266038462	0,405472826	0,631974255	0,27166077	0,346038462	0,391527563	0,618654031	0,348545113
0,276038462	0,403438639	0,629289968	0,281654317	0,356038462	0,388990983	0,616256509	0,357680334
0,286038462	0,401549381	0,627874084	0,291146094	0,406038462	0,37486886	0,600177693	0,403633144
0,296038462	0,399354918	0,623971164	0,301552399	0,456038462	0,359301815	0,584741031	0,445982118
0,306038462	0,397168482	0,621251519	0,311389135	0,506038462	0,341892591	0,566120639	0,486389689
0,316038462	0,395128666	0,619920216	0,320599477	0,556038462	0,323694942	0,547020338	0,52366965
0,326038462	0,392770874	0,616323603	0,330688767	0,606038462	0,304208093	0,524652361	0,559267329
0,336038462	0,390332691	0,613549165	0,340247291	0,656038462	0,284316572	0,501605061	0,591820082
0,346038462	0,387924501	0,61082036	0,349766499	0,706038462	0,263413899	0,475526911	0,622460904
0,356038462	0,38550907	0,608362167	0,359078539	0,756038462	0,241793033	0,44724887	0,650516854
0,406038462	0,372059216	0,593851003	0,404875855	0,806038462	0,219352486	0,416578747	0,67549377
0,456038462	0,356429084	0,576771965	0,448529069	0,856038462	0,196291061	0,383450979	0,697435549
0,506038462	0,339760466	0,560426194	0,48826779	0,906038462	0,172537164	0,34787342	0,715201101
0,556038462	0,32157693	0,540862245	0,526166487	0,956038462	0,148233907	0,31003228	0,727505261
0,606038462	0,302316994	0,518974773	0,561871019	1,006038462	0,123086079	0,269311971	0,731792566
0,656038462	0,282621419	0,496327576	0,594546873	1,056038462	0,097249253	0,225931466	0,7234515
0,706038462	0,261930965	0,470715634	0,62528313	1,106038462	0,070728725	0,179849306	0,69227305
0,756038462	0,240528681	0,442914726	0,653447605	1,156038462	0,043408905	0,130802447	0,610597995
0,806038462	0,21831913	0,412735223	0,678572346	1,206038462	0,015367448	0,078914544	0,373788549
0,856038462	0,195497494	0,380116178	0,700709894	1,211518722	0,012246052	0,073045841	0,323259177
0,906038462	0,171995719	0,345060767	0,718768141	1,216998982	0,009121086	0,067152759	0,263083139
0,956038462	0,14795413	0,307748942	0,73151969	1,222479242	0,005987509	0,061225402	0,190272544
1,006038462	0,123086079	0,267579977	0,736529323	1,227959503	0,002845302	0,055263717	0,100621878
1,056038462	0,097543725	0,224766078	0,7294045	1,228951989	0,002295249	0,054219431	0,082799915
1,106038462	0,071333935	0,179268459	0,700458901	1,229944476	0,001725622	0,053136206	0,063571259
1,156038462	0,044343386	0,130827548	0,623622918	1,230936963	0,001155431	0,052051303	0,043487893
1,206038462	0,016648874	0,079565061	0,401646283	1,23192945	0,000584952	0,050965263	0,022503604
1,212050076	0,013271722	0,073210768	0,349697894	1,232921937	0,00001418	0,049878095	0,000558227
1,218061691	0,009885334	0,066817192	0,286808852				
1,224073306	0,00648884	0,060382654	0,209354557				
1,23008492	0,00308223	0,053907117	0,111937112				
1,231172757	0,002486458	0,052773637	0,092321572				
1,232260593	0,00186932	0,051597533	0,071052168				
1,23334843	0,001251545	0,050419486	0,048725243				
1,234436266	0,000633434	0,049240085	0,025273857				
1,235524103	0,00001499	0,048059338	0,00061337				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 31 – Resultado G1-A10.

Alteração 10			
J	KT	10*KQ	Eficiência
0,306038462	0,411744417	0,659385253	0,304147766
0,316038462	0,409226171	0,656303677	0,313630747
0,326038462	0,406682011	0,65312985	0,323105534
0,336038462	0,404288542	0,65105164	0,332112419
0,346038462	0,401458676	0,647137278	0,341655907
0,356038462	0,398896036	0,644922721	0,350484721
0,406038462	0,383828959	0,626948454	0,395633636
0,456038462	0,36746956	0,610134191	0,437137042
0,506038462	0,349284722	0,589823138	0,476937469
0,556038462	0,330420138	0,569297863	0,513631818
0,606038462	0,310227663	0,545294059	0,548744365
0,656038462	0,289679332	0,520799131	0,580759994
0,706038462	0,268077201	0,493146474	0,610846993
0,756038462	0,2457396	0,463286418	0,638248202
0,806038462	0,222671298	0,431098564	0,662618507
0,856038462	0,198728557	0,396277936	0,683240806
0,906038462	0,174186745	0,359076857	0,699510847
0,956038462	0,149078173	0,319619011	0,70970351
1,006038462	0,123086077	0,277250285	0,710839649
1,056038462	0,096375745	0,232208641	0,697572317
1,106038462	0,068949163	0,184447743	0,658030485
1,156038462	0,040685217	0,133696256	0,559899146
1,206038462	0,011664273	0,080084438	0,279570177
1,210057722	0,009283297	0,075620186	0,236423536
1,214076983	0,006913907	0,071169619	0,187713375
1,218096243	0,004539677	0,066700541	0,131946338
1,222115504	0,002160567	0,062212864	0,06754917

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 32 – Resultados G2-A1 e G2-A2.

Alteração 1				Alteração 2			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,27604	0,376233	0,56048304	0,29490664	0,326038462	0,378398878	0,57590131	0,340950036
0,28604	0,374697	0,55845143	0,305449772	0,336038462	0,376267805	0,57420116	0,350462949
0,29604	0,372852	0,55641634	0,315722078	0,346038462	0,373985118	0,57248523	0,359777948
0,30604	0,37115	0,55480358	0,325841503	0,356038462	0,371590267	0,57003049	0,369388432
0,31604	0,369164	0,55206947	0,336345643	0,406038462	0,358263569	0,55680689	0,415800827
0,32604	0,367193	0,55066566	0,346015618	0,456038462	0,343668352	0,54404454	0,45848664
0,33604	0,365081	0,5479978	0,356302859	0,506038462	0,327483805	0,52825644	0,499285195
0,34604	0,363017	0,54649347	0,365836034	0,556038462	0,31059383	0,51189674	0,536951953
0,35604	0,360665	0,54331747	0,376154993	0,606038462	0,292514686	0,49246621	0,572916801
0,40604	0,348782	0,53368191	0,422336819	0,656038462	0,274007169	0,47222207	0,605849949
0,45604	0,334725	0,52060892	0,466656953	0,706038462	0,254534625	0,44907303	0,636910464
0,50604	0,319723	0,50786754	0,507022922	0,756038462	0,234356274	0,42373982	0,66548969
0,55604	0,303386	0,4922229	0,545455078	0,806038462	0,213387184	0,39604986	0,691185091
0,60604	0,28606	0,47439197	0,581620415	0,856038462	0,191796028	0,36590594	0,714140318
0,65604	0,26826	0,45560897	0,614771002	0,906038462	0,169527554	0,33332374	0,73339984
0,70604	0,249535	0,43405339	0,646006618	0,956038462	0,146711746	0,29846196	0,747947992
0,75604	0,230122	0,41034211	0,674802926	1,006038462	0,123086081	0,26076528	0,755777384
0,80604	0,20995	0,38431186	0,700823247	1,056038462	0,098792393	0,22042509	0,753290243
0,85604	0,189176	0,35586589	0,724256847	1,106038462	0,07383738	0,17740257	0,732667158
0,90604	0,167752	0,3250151	0,744272899	1,156038462	0,048115736	0,13145305	0,67345548
0,95604	0,145803	0,2919028	0,760018643	1,206038462	0,021700376	0,08269107	0,503720842
1,00604	0,123086	0,25601112	0,769812265	1,214253521	0,017310346	0,07444167	0,449385601
1,05604	0,099734	0,21751451	0,770645617	1,222468581	0,012885561	0,06608388	0,379372316
1,10604	0,075757	0,1763789	0,756074263	1,230683641	0,00844219	0,05764989	0,286829089
1,15604	0,051055	0,1323704	0,709641675	1,238898701	0,003980263	0,04913972	0,159711067
1,20604	0,025699	0,08559831	0,57628078	1,24036435	0,003212306	0,04767266	0,133020011
1,21604	0,020578	0,07596838	0,524259154	1,241830	0,0024148	0,04614606	0,103425799
1,22604	0,015402	0,06616871	0,454210948	1,243295649	0,001616317	0,04461626	0,071684943
1,23604	0,0102	0,05625826	0,356682176	1,244761298	0,000817237	0,04308403	0,037578361
1,24604	0,004921	0,04613371	0,211517164	1,246226948	0,00001756	0,04154937	0,000838444
1,2479	0,004034	0,04443453	0,180327394				
1,24977	0,003058	0,04255479	0,142953085				
1,25163	0,00208	0,04066896	0,101897847				
1,25349	0,001101	0,03877924	0,056659052				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 33 – Resultados G2-A3 e G2-A4.

Alteração 3				Alteração 4			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,31603846	0,388076891	0,59630067	0,32735016	0,306038462	0,392964148	0,606035776	0,31582813
0,32603846	0,385732732	0,59390785	0,337020557	0,356038462	0,380484345	0,592047588	0,364164178
0,33603846	0,383321266	0,59147545	0,346605387	0,406038462	0,366423237	0,578490277	0,409330634
0,34603846	0,380848821	0,58901116	0,356101332	0,456038462	0,351100339	0,56466247	0,451298541
0,35603846	0,37831967	0,58652015	0,365504758	0,506038462	0,334216037	0,547461628	0,491674018
0,40603846	0,364509661	0,57323912	0,410923075	0,556038462	0,316729651	0,529921553	0,528934755
0,45603846	0,349368856	0,55962273	0,453117096	0,606038462	0,298015368	0,509085098	0,564636039
0,50603846	0,332655202	0,54275861	0,493618305	0,656038462	0,278919998	0,487600915	0,597261575
0,55603846	0,315302065	0,5254722	0,531009187	0,706038462	0,258817089	0,463072698	0,628047171
0,60603846	0,296733477	0,50496821	0,566790847	0,756038462	0,237990151	0,4363381	0,65629617
0,65603846	0,277766547	0,48375674	0,599518167	0,806038462	0,216443891	0,407276734	0,681760176
0,70603846	0,25780596	0,45954886	0,630390634	0,856038462	0,194053426	0,375612466	0,703873682
0,75603846	0,237126888	0,43314103	0,658742223	0,906038462	0,17105958	0,34154208	0,722220728
0,80603846	0,215735565	0,40441414	0,684339037	0,956038462	0,147498023	0,305181908	0,735398793
0,85603846	0,193510781	0,3730958	0,706639995	1,006038462	0,12308608	0,265940882	0,741068836
0,90603846	0,170689156	0,33937896	0,725250065	1,056038462	0,0979742	0,224027138	0,735039982
0,95603846	0,147306471	0,30337548	0,738816944	1,106038462	0,072165898	0,179396747	0,708121561
1,00603846	0,12308608	0,26450464	0,745092781	1,156038462	0,045550362	0,131796334	0,635888427
1,05603846	0,098175893	0,22296956	0,74004675	1,206038462	0,018202908	0,081345921	0,42952285
1,10603846	0,072580594	0,17872825	0,714854541	1,212694623	0,014512167	0,074423828	0,376349926
1,15603846	0,046190847	0,13152934	0,646138617	1,219350785	0,010804265	0,067442531	0,31089245
1,20603846	0,01908133	0,08149123	0,449447577	1,226006946	0,007083468	0,060410513	0,228794964
1,21307707	0,015215116	0,07423374	0,395714956	1,232663108	0,003349775	0,053327754	0,123232946
1,22011568	0,011327535	0,06690546	0,328772156	1,233857456	0,002703665	0,052100984	0,101904192
1,22715429	0,007425779	0,05952067	0,243665178	1,235051804	0,002032773	0,05082473	0,078617489
1,2341929	0,003509854	0,05207938	0,132381235	1,236246151	0,001361136	0,049546191	0,054052582
1,23545464	0,002832715	0,05079123	0,109663219	1,237440499	0,000689079	0,048266006	0,02811719
1,23671639	0,002129693	0,04945127	0,084767563	1,238634847	0,0000166	0,046984183	0,000696683
1,23797813	0,00142587	0,04810882	0,058396701				
1,23923988	0,000721586	0,04676453	0,030433154				
1,24050162	0,000016845	0,04541842	0,000732248				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 34 – Resultados G2-A5- e G2-A6.

Alteração 5				Alteração 6			
J	KT	10*KQ	Eficiencia	J	KT	10*KQ	Eficiencia
0,006038462	0,328358964	0,49937408	0,006319305	0,006038462	0,330651322	0,509062181	0,006242318
0,056038462	0,329354197	0,493390913	0,059535827	0,016038462	0,330800519	0,507893854	0,016625552
0,106038462	0,330580688	0,485167189	0,114992524	0,026038462	0,33112994	0,506311513	0,027102921
0,156038462	0,330998844	0,478920319	0,171638616	0,036038462	0,331335311	0,504706518	0,037654352
0,206038462	0,330485228	0,472814069	0,229208169	0,046038462	0,331613248	0,503136234	0,048293337
0,256038462	0,328503972	0,46800131	0,286034815	0,056038462	0,331813841	0,501760861	0,058979903
0,306038462	0,324573573	0,461455618	0,34259369	0,106038462	0,333092493	0,493907642	0,113815825
0,356038462	0,318651087	0,456461814	0,395574237	0,156038462	0,33376713	0,486499259	0,170377865
0,406038462	0,310602176	0,450152466	0,445894552	0,206038462	0,333282525	0,479908171	0,227731354
0,456038462	0,300695324	0,44402092	0,491524132	0,256038462	0,331264626	0,472772659	0,285527571
0,506038462	0,288785153	0,435474492	0,534091663	0,306038462	0,32733373	0,467518114	0,34102676
0,556038462	0,275388429	0,424869892	0,573607338	0,356038462	0,321123708	0,461820304	0,394018301
0,606038462	0,261269484	0,413533618	0,609394015	0,406038462	0,312714042	0,455043992	0,444100542
0,656038462	0,246144581	0,399660922	0,643054862	0,456038462	0,302454093	0,448635699	0,489313548
0,706038462	0,230328949	0,383900677	0,674183532	0,506038462	0,290260033	0,439673081	0,531693097
0,756038462	0,213882125	0,366144851	0,702887111	0,556038462	0,276674587	0,428690582	0,571150146
0,806038462	0,196780194	0,346264439	0,729036698	0,606038462	0,262439473	0,417103078	0,606884549
0,856038462	0,179147197	0,324167315	0,75292931	0,656038462	0,247198858	0,402928105	0,64057256
0,906038462	0,16096597	0,299851106	0,774096637	0,706038462	0,231267488	0,38686356	0,671746251
0,956038462	0,142335652	0,273408995	0,792129878	0,756038462	0,21469755	0,368794369	0,700497887
1,006038462	0,123086085	0,244454048	0,806206769	0,806038462	0,197459872	0,348588194	0,726678105
1,056038462	0,103320999	0,213107315	0,814873335	0,856038462	0,179678782	0,32614664	0,750580531
1,106038462	0,083058214	0,179350356	0,815212262	0,906038462	0,161335099	0,301470794	0,771703343
1,156038462	0,062222763	0,142996284	0,80060252	0,956038462	0,142529438	0,27465732	0,789603186
1,206038462	0,040875913	0,104140529	0,753405828	1,006038462	0,123086085	0,245309526	0,80339525
1,256038462	0,019027267	0,062793634	0,605736662	1,056038462	0,10311087	0,213552631	0,811520307
1,264747133	0,015188061	0,055373598	0,552107233	1,106038462	0,082620465	0,179366532	0,810842656
1,273455804	0,011317551	0,047845685	0,479417308	1,156038462	0,061538264	0,142561912	0,794207792
1,282164475	0,007432362	0,04024391	0,376869149	1,206038462	0,039926077	0,103235741	0,742348518
1,290873146	0,003497559	0,032497473	0,221115484	1,256038462	0,017792965	0,06139785	0,579319624
1,292421334	0,002868891	0,031259372	0,188780882	1,264077533	0,014200065	0,054466179	0,524514231
1,293969523	0,002174733	0,029887161	0,149852996	1,272116604	0,01058085	0,047443868	0,451530929
1,295517712	0,001479457	0,028511297	0,106991364	1,280155675	0,006948602	0,040358004	0,350792791
1,2970659	0,000783715	0,027133114	0,059626707	1,288194746	0,0033034	0,033208893	0,20394279
1,298614089	0,000087516	0,025752628	0,007023729	1,289651799	0,002672749	0,031969603	0,171598543
				1,291108852	0,00201096	0,030666429	0,134748272
				1,292565905	0,001348454	0,029360593	0,094480907
				1,294022958	0,000685521	0,028052686	0,050327852
				1,295480011	0,000022164	0,026742715	0,001708876

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 35 – Resultados G2-A7 e G2-A8.

Alteração 7				Alteração 8			
J	KT	10*KQ	Eficiencia	J	KT	10*KQ	Eficiencia
0,206038462	0,33425623	0,484586674	0,226191601	0,296038462	0,364199552	0,53823622	0,318812071
0,256038462	0,332168221	0,476910785	0,283822145	0,306038462	0,362602656	0,536001856	0,329504105
0,306038462	0,328076112	0,470617984	0,339548825	0,316038462	0,360902761	0,534885074	0,339382775
0,356038462	0,32192672	0,464918334	0,39237145	0,326038462	0,358954515	0,532102098	0,350052688
0,406038462	0,313190782	0,457434644	0,442453081	0,336038462	0,357010582	0,530291531	0,36006053
0,456038462	0,302606206	0,450095979	0,487971324	0,346038462	0,355121649	0,529205902	0,369570224
0,506038462	0,290485456	0,441659244	0,529713117	0,356038462	0,352912615	0,52632853	0,37995076
0,556038462	0,276860425	0,430466455	0,569175937	0,406038462	0,341600064	0,517518738	0,42655906
0,606038462	0,262637523	0,418802749	0,604877693	0,456038462	0,328136132	0,505510479	0,471135137
0,656038462	0,247400999	0,40450515	0,638596932	0,506038462	0,313688975	0,493702403	0,511726223
0,706038462	0,231471254	0,388325407	0,669807104	0,556038462	0,297929193	0,479121343	0,550291125
0,756038462	0,21489579	0,370142509	0,698590965	0,606038462	0,281188976	0,46241111	0,58653016
0,806038462	0,197641433	0,349821993	0,72478097	0,656038462	0,263953913	0,444696489	0,61974615
0,856038462	0,179833338	0,327258891	0,748672983	0,706038462	0,245813022	0,4242865	0,651019749
0,906038462	0,161450528	0,302458838	0,769732734	0,756038462	0,226991729	0,401744774	0,679866775
0,956038462	0,142595061	0,275522189	0,78748701	0,806038462	0,207425968	0,376914346	0,705986433
1,006038462	0,123086084	0,246044024	0,800996929	0,856038462	0,187264273	0,349693636	0,729592919
1,056038462	0,103031272	0,214153759	0,808617668	0,906038462	0,166466088	0,320093031	0,74992239
1,106038462	0,082446017	0,179829845	0,807045966	0,956038462	0,145149392	0,288245547	0,766210521
1,156038462	0,061252506	0,142882214	0,788747705	1,006038462	0,123086083	0,253658298	0,776952721
1,206038462	0,039512954	0,103409812	0,733430624	1,056038462	0,100403328	0,216495141	0,779470746
1,256038462	0,017236017	0,061422993	0,560956272	1,106038462	0,077112151	0,176724517	0,768097542
1,263775619	0,013753832	0,054728031	0,505480012	1,156038462	0,053117909	0,134121379	0,728677521
1,271512777	0,010213978	0,047882574	0,431676397	1,206038462	0,028489137	0,088792358	0,615864253
1,279249934	0,006728086	0,041112679	0,333189504	1,256038462	0,003229874	0,040730646	0,158521221
1,286987092	0,003196625	0,034217016	0,191356778	1,257317151	0,002613997	0,039541853	0,132285736
1,288387803	0,002587434	0,033025389	0,160652705	1,25859584	0,001960394	0,038277151	0,102591206
1,289788514	0,001947034	0,031770154	0,125803513	1,259874529	0,001305962	0,037009831	0,07075563
1,291189225	0,001305959	0,030512459	0,087955338	1,261153218	0,000651118	0,035740722	0,036566584
1,292589936	0,000664476	0,029252849	0,046729585				
1,293990648	0,000022588	0,027991328	0,001661918				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 36 – Resultados G2-A9 e G2-A10.

Alteração 9				Alteração 10			
J	KT	10*KQ	Eficiencia	J	KT	10*KQ	Eficiencia
0,326038462	0,368969483	0,554598572	0,345223751	0,316038462	0,381565036	0,580512581	0,330610777
0,336038462	0,366986209	0,553154758	0,354823366	0,326038462	0,379318409	0,578278607	0,340373516
0,346038462	0,364840461	0,551005931	0,364662603	0,336038462	0,377006004	0,576009656	0,350048017
0,356038462	0,362604066	0,5487772	0,37441536	0,346038462	0,374627773	0,57368484	0,359642578
0,406038462	0,350088003	0,536920572	0,421361149	0,356038462	0,372377839	0,572419841	0,368626197
0,456038462	0,33618313	0,525252492	0,464546721	0,406038462	0,358846989	0,558969394	0,414866705
0,506038462	0,320864453	0,511493235	0,505225627	0,456038462	0,344144548	0,546146927	0,457354549
0,556038462	0,304419018	0,495599544	0,543582977	0,506038462	0,327892589	0,530216306	0,498060591
0,606038462	0,286993091	0,477513449	0,579703808	0,556038462	0,310975886	0,513785653	0,535635936
0,656038462	0,269104749	0,45851051	0,612803871	0,606038462	0,292867747	0,494238418	0,571551494
0,706038462	0,250281761	0,436708207	0,644000702	0,656038462	0,27434212	0,47391859	0,604419099
0,756038462	0,230765349	0,412745126	0,672748387	0,706038462	0,254842177	0,450665888	0,63542619
0,806038462	0,210481008	0,386456354	0,698696167	0,756038462	0,234630954	0,425225287	0,663942156
0,856038462	0,189586932	0,357742477	0,722023441	0,806038462	0,213716352	0,397478804	0,689762652
0,906038462	0,168035348	0,326616208	0,741873202	0,856038462	0,191983863	0,367162772	0,71239276
0,956038462	0,145950114	0,293223094	0,757358951	0,906038462	0,169660624	0,334456625	0,731489375
1,006038462	0,123086082	0,257039194	0,766733277	0,956038462	0,146783089	0,299467529	0,745798971
1,056038462	0,099577728	0,218241843	0,76687408	1,006038462	0,123086081	0,261635668	0,753263127
1,106038462	0,075433933	0,176795906	0,751077774	1,056038462	0,098712548	0,221154611	0,750198566
1,156038462	0,05055466	0,132466127	0,702180505	1,106038462	0,073668442	0,177984519	0,728600759
1,206038462	0,025010633	0,085362925	0,562388827	1,156038462	0,047847899	0,131880275	0,667537149
1,215829648	0,019958222	0,075867627	0,509047396	1,206038462	0,021324075	0,082957415	0,493396744
1,225620835	0,014852586	0,066209815	0,437578494	1,214078055	0,017008785	0,074856809	0,439044679
1,235412021	0,009721719	0,056445414	0,338646324	1,222117648	0,012660591	0,066653528	0,369457062
1,245203208	0,004565696	0,046574545	0,194275793	1,230157241	0,008294344	0,058377112	0,278176333
1,246937241	0,003684847	0,044884385	0,162925455	1,238196834	0,003910072	0,05002759	0,154022784
1,248671274	0,002769636	0,043124432	0,127634327	1,239630841	0,003155878	0,04858914	0,128142608
1,250405307	0,001853202	0,041360279	0,089168236	1,241064848	0,002372458	0,047091917	0,099509992
1,25213934	0,000935971	0,03959277	0,04711068	1,242498855	0,001588086	0,04559162	0,068881884
1,253873373	0,000017949	0,037821915	0,000947053	1,243932862	0,000803134	0,044088982	0,036064076
				1,245366869	0,0000176	0,042584012	0,000819476

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE E – RESULTADOS COMPLEMENTARES DA VARIAÇÃO PARAMÉTRICA B5-60

A seguir encontram-se os resultados numéricos para o Grupo 1 e Grupo 2.

Tabela 37 – Resultados B5-60 original e G1-A1.

Original				Alteração 1			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,213846154	0,337271969	0,405853674	0,282834473	0,203846154	0,324845995	0,377013897	0,27953926
0,223846154	0,333855164	0,403088474	0,295071651	0,213846154	0,322128673	0,376107343	0,291500395
0,233846154	0,330564496	0,400943323	0,306848202	0,223846154	0,319189298	0,374437599	0,303695696
0,243846154	0,327400024	0,399373954	0,318152258	0,233846154	0,316023602	0,372026674	0,316151905
0,253846154	0,324036218	0,397140003	0,329640557	0,243846154	0,312995954	0,370266116	0,328065677
0,303846154	0,306472245	0,384381742	0,385569146	0,253846154	0,310103552	0,369094477	0,339437573
0,353846154	0,288425865	0,371155259	0,437636156	0,303846154	0,294059249	0,358573426	0,396579826
0,403846154	0,269259517	0,355271365	0,487132316	0,353846154	0,277341802	0,347155324	0,449910485
0,453846154	0,249418958	0,338000712	0,53301648	0,403846154	0,259913264	0,334387333	0,499591117
0,503846154	0,228837407	0,318971638	0,575298217	0,453846154	0,241549478	0,319444479	0,546184671
0,553846154	0,207360676	0,297700135	0,61398342	0,503846154	0,22229004	0,302366268	0,589528417
0,603846154	0,185020618	0,274182747	0,64852458	0,553846154	0,202437166	0,283766668	0,628837081
0,653846154	0,161863609	0,248448406	0,67796724	0,603846154	0,181696091	0,262821357	0,664402666
0,703846154	0,137876911	0,2203777	0,700844664	0,653846154	0,1601469	0,23964019	0,695431865
0,753846154	0,113045309	0,189862719	0,714357653	0,703846154	0,137876912	0,214286031	0,720768106
0,803846154	0,087466585	0,156967321	0,712895697	0,753846154	0,114780695	0,186472918	0,738509247
0,853846154	0,060920477	0,121309593	0,682445394	0,803846154	0,090980697	0,156308639	0,744662266
0,903846154	0,033488753	0,082924513	0,580939218	0,853846154	0,066290533	0,123457897	0,729679915
0,953846154	0,005176084	0,04177401	0,18810209	0,903846154	0,04078411	0,087942685	0,667122998
0,95567434	0,004188373	0,040314339	0,158021375	0,953846154	0,014470487	0,04973096	0,441727846
0,957502527	0,003138323	0,038757667	0,123395704	0,959345392	0,011525009	0,04535895	0,38794789
0,959330713	0,002086105	0,037195734	0,085631103	0,96484463	0,008818556	0,041338332	0,327583526
0,96115890	0,001032716	0,035630055	0,044338368	0,970343868	0,005866719	0,036920175	0,245401579
				0,975843105	0,002900784	0,03246216	0,138783583
				0,976918793	0,00208798	0,03122926	0,103954476
				0,977994481	0,001502984	0,03034705	0,07708936
				0,979070168	0,000920706	0,029468347	0,04868542
				0,980145856	0,000338105	0,028588456	0,018448929

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 38 – Resultados G1-A2 e G1-A3.

Alteração 2				Alteração 3			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,213846154	0,32840743	0,388926202	0,287387151	0,213846154	0,333924417	0,400253207	0,283945461
0,223846154	0,32532447	0,387057515	0,299440815	0,223846154	0,330736952	0,398278864	0,295845677
0,233846154	0,322211654	0,385179137	0,311335648	0,233846154	0,327674215	0,396878411	0,307280609
0,243846154	0,319045691	0,383189971	0,323128147	0,243846154	0,324229202	0,394079189	0,319304227
0,253846154	0,31585867	0,38120319	0,33475494	0,253846154	0,321100821	0,392559245	0,330466108
0,303846154	0,299382216	0,370285634	0,390987624	0,303846154	0,303914545	0,380185577	0,386571403
0,353846154	0,281890396	0,357276189	0,444335301	0,353846154	0,286203444	0,367327554	0,438789231
0,403846154	0,263902629	0,343616407	0,493634957	0,403846154	0,267378578	0,3518808	0,488390404
0,453846154	0,244933575	0,327645807	0,539973563	0,453846154	0,247866592	0,335034647	0,534388454
0,503846154	0,225032877	0,309466706	0,583109503	0,503846154	0,227508897	0,316195934	0,576979234
0,553846154	0,204547746	0,289818292	0,622125754	0,553846154	0,206444848	0,295587472	0,61564067
0,603846154	0,183131622	0,267752549	0,657318968	0,603846154	0,184417176	0,27250858	0,650380666
0,653846154	0,160911244	0,243484559	0,687718443	0,653846154	0,161565249	0,247212019	0,680102043
0,703846154	0,137876912	0,216897402	0,712090302	0,703846154	0,137876911	0,219579321	0,703392903
0,753846154	0,114014534	0,187882026	0,728077879	0,753846154	0,113336342	0,189501187	0,717563121
0,803846154	0,08941851	0,156494768	0,731005552	0,803846154	0,088040517	0,157040291	0,717240104
0,853846154	0,063886459	0,122378542	0,709419793	0,853846154	0,061773757	0,121821355	0,689096983
0,903846154	0,037495383	0,085560716	0,63040265	0,903846154	0,034616179	0,083877263	0,593676044
0,953846154	0,010251921	0,046005864	0,338291047	0,953846154	0,006535632	0,043113921	0,230127511
0,957609229	0,00832688	0,043162475	0,294025094	0,956173613	0,005334607	0,041343332	0,19636038
0,961372305	0,006244275	0,040068751	0,238444859	0,958501072	0,004010337	0,03938148	0,155346545
0,96513538	0,004154034	0,036954962	0,172665532	0,960828531	0,002682136	0,037410477	0,109636103
0,968898456	0,002059017	0,033825497	0,093867267	0,96315599	0,001352019	0,0354334	0,058490668
				0,965483449	2,0016E-05	0,033450293	0,000919478

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 39 – Resultados G1-A4 e G1-A5.

Alteração 4				Alteração 5			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,223846154	0,335793297	0,409759563	0,291952832	0,223846154	0,337102238	0,412466225	0,291167577
0,233846154	0,332458202	0,407509511	0,303633486	0,233846154	0,333917543	0,410881164	0,302463774
0,243846154	0,329094688	0,405228673	0,315178618	0,243846154	0,330352508	0,407890835	0,314318326
0,253846154	0,3255207	0,402227281	0,326962396	0,253846154	0,327090417	0,40613338	0,325379251
0,303846154	0,308185321	0,390237945	0,381905866	0,303846154	0,309442741	0,393268145	0,380509413
0,353846154	0,289840344	0,37604449	0,43406445	0,353846154	0,290950054	0,378817802	0,432536412
0,403846154	0,270514662	0,359726136	0,483342405	0,403846154	0,271471348	0,362228448	0,481700977
0,453846154	0,250509497	0,342043578	0,529019334	0,453846154	0,25131558	0,344287031	0,527263295
0,503846154	0,229647149	0,322351548	0,57128047	0,503846154	0,230404467	0,324586546	0,569217782
0,553846154	0,208075294	0,30089811	0,609551399	0,553846154	0,208572919	0,30262023	0,607532112
0,603846154	0,185517804	0,276941276	0,643790172	0,603846154	0,185853715	0,278394328	0,641589576
0,653846154	0,162123012	0,250760546	0,672792532	0,653846154	0,162293235	0,251943468	0,670336734
0,703846154	0,137876911	0,222236375	0,694983147	0,703846154	0,137876911	0,223147804	0,692144544
0,753846154	0,112762741	0,191259662	0,707367485	0,753846154	0,112587692	0,191898341	0,703918777
0,803846154	0,08687932	0,157897815	0,703936299	0,803846154	0,086524982	0,15826402	0,699443103
0,853846154	0,060000605	0,121761271	0,66964744	0,853846154	0,059459518	0,121850929	0,663120261
0,903846154	0,032209606	0,082888042	0,558995325	0,903846154	0,031475228	0,082698774	0,547500416
0,953846154	0,003510088	0,041239575	0,129211826	0,953846154	0,002575534	0,040768793	0,095904274
0,955069202	0,002828623	0,040234149	0,106864948	0,954737352	0,002066231	0,040017339	0,078457533
0,956292249	0,0021165	0,039181366	0,082214713	0,955628549	0,001543712	0,039245449	0,059825492
0,957515297	0,001403372	0,038126196	0,056093825	0,956519747	0,00102071	0,038472372	0,040389409
0,958738344	0,000689702	0,037069345	0,028390075	0,957410945	0,000497419	0,037698403	0,020105648

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 40 – Resultados G1-A6 e G1-A7.

Alteração 6				Alteração 7			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,223846154	0,343091993	0,42688436	0,286332145	0,233846154	0,344736986	0,436882965	0,293679162
0,233846154	0,339445126	0,423728028	0,298148581	0,243846154	0,341295914	0,434853775	0,304595783
0,243846154	0,335936951	0,421207066	0,309526737	0,253846154	0,337488723	0,431454041	0,316020637
0,253846154	0,332568067	0,419286276	0,320450252	0,303846154	0,318935509	0,41738426	0,369522325
0,303846154	0,314198196	0,404897348	0,375260307	0,353846154	0,299341807	0,400978557	0,420417551
0,353846154	0,295147974	0,389536431	0,426703629	0,403846154	0,278910251	0,382880114	0,468206834
0,403846154	0,27523539	0,372384401	0,475060452	0,453846154	0,257604953	0,362873802	0,512775639
0,453846154	0,2544983	0,353436791	0,520118045	0,503846154	0,235447889	0,340934731	0,553785569
0,503846154	0,23300043	0,332737628	0,561529901	0,553846154	0,212332771	0,316724054	0,590942542
0,553846154	0,210471337	0,309533696	0,599369036	0,603846154	0,188464172	0,290642794	0,623183114
0,603846154	0,187194007	0,284432288	0,632498472	0,653846154	0,163621657	0,262106964	0,649617823
0,653846154	0,162974499	0,256907666	0,660143415	0,703846154	0,137876909	0,231211183	0,668006328
0,703846154	0,13787691	0,227030433	0,680307623	0,753846154	0,111209013	0,197846911	0,674393799
0,753846154	0,111882432	0,194691828	0,689472628	0,803846154	0,083723504	0,162098802	0,660785733
0,803846154	0,085093347	0,159968211	0,680542085	0,853846154	0,055161717	0,123535021	0,606802607
0,853846154	0,057266008	0,122446808	0,635549238	0,903846154	0,025614891	0,082209894	0,448211581
0,903846154	0,028488013	0,082174474	0,498700583	0,912515407	0,02042217	0,074807483	0,396476253
0,913745389	0,022723281	0,073941243	0,446919822	0,92118466	0,015166771	0,067269718	0,330552427
0,923644624	0,016871191	0,065520826	0,378522265	0,929853914	0,009882549	0,059648643	0,245190282
0,933543858	0,010982856	0,056992008	0,286322969	0,938523167	0,004569503	0,051944042	0,131400906
0,943443093	0,005058332	0,048354558	0,157074522	0,940014371	0,003673212	0,05064102	0,10851711
0,945133478	0,004066008	0,046903274	0,130400221	0,941505575	0,00275794	0,049308413	0,083812123
0,946823862	0,003052479	0,04541853	0,101276558	0,942996779	0,001841404	0,047972705	0,057608332
0,948514246	0,002037442	0,043929916	0,070014656	0,944487983	0,000924	0,046634487	0,029783876
0,950204631	0,001021331	0,042438086	0,036395535	0,945979187	0,000573262	0,045293768	0,000190553
0,951895015	0,000415224	0,040943049	0,000153643				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 41 – Resultados G1-A8 e G1-A9.

Alteração 8				Alteração 9			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,173846154	0,313091832	0,344609583	0,251379354	0,233846154	0,348349902	0,44642686	0,29041279
0,183846154	0,310737692	0,343620781	0,264599607	0,243846154	0,34466849	0,443601994	0,301539446
0,193846154	0,308341885	0,342616203	0,277652729	0,253846154	0,340954529	0,440723827	0,312550827
0,203846154	0,30589457	0,34155398	0,290559495	0,263846154	0,337371627	0,43841666	0,323141253
0,253846154	0,292947837	0,3355862	0,352676824	0,273846154	0,333430837	0,434811231	0,334219501
0,303846154	0,278906507	0,32838739	0,410720187	0,283846154	0,329618129	0,431763204	0,344880474
0,353846154	0,263934264	0,319641082	0,465015889	0,293846154	0,325765572	0,428631301	0,355436025
0,403846154	0,248160297	0,309365841	0,515579954	0,303846154	0,321887987	0,425467554	0,365857697
0,453846154	0,231707771	0,297645749	0,562302101	0,353846154	0,302096573	0,408988364	0,415977133
0,503846154	0,214413826	0,283872443	0,605686131	0,403846154	0,281297714	0,390230403	0,463320145
0,553846154	0,196340552	0,268080732	0,645585375	0,453846154	0,259617721	0,369558673	0,50743419
0,603846154	0,177513123	0,250233242	0,681760598	0,503846154	0,237078983	0,346954646	0,547946841
0,653846154	0,158051258	0,230453104	0,713692446	0,553846154	0,213567947	0,322064736	0,584523766
0,703846154	0,137876914	0,208463029	0,740901343	0,603846154	0,189301876	0,295324521	0,616029975
0,753846154	0,116963485	0,184125942	0,762146	0,653846154	0,164046317	0,266119128	0,641484397
0,803846154	0,095418216	0,157518867	0,774982296	0,703846154	0,137876908	0,234555983	0,658480463
0,853846154	0,073093446	0,128363243	0,773815662	0,753846154	0,110771889	0,200527028	0,662764902
0,903846154	0,050054976	0,096670503	0,744848464	0,803846154	0,082838544	0,164121559	0,645743278
0,953846154	0,026318174	0,062421985	0,640054046	0,853846154	0,053809498	0,124896645	0,585474426
1,003846154	0,001902284	0,025628463	0,118587801	0,903846154	0,023778529	0,082911676	0,412556979
1,004625271	0,001529932	0,025056082	0,097629964	0,911764156	0,018952266	0,076039876	0,361678256
1,005404388	0,001144699	0,02446322	0,07487533	0,919682159	0,014078015	0,069062501	0,298371285
1,006183505	0,000759176	0,023869544	0,050932551	0,927600161	0,009179316	0,062015758	0,218519007
1,006962622	0,000373493	0,023275263	0,025717053	0,935518164	0,004256137	0,054899435	0,115430381
				0,936887202	0,003421119	0,053689814	0,095013164
				0,938256241	0,002568797	0,052453408	0,073130355
				0,939625279	0,001715357	0,051214333	0,05008849
				0,940994318	0,000861172	0,049973146	0,025808359
				0,942363357	0,000624697	0,048729855	0,000192271

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 42 – Resultado G1-A10.

Alteração 10			
J	KT	10*KQ	Eficiência
0,193846154	0,323321088	0,370695588	0,269087755
0,203846154	0,320583094	0,369252686	0,281669359
0,213846154	0,317605762	0,367005472	0,294535338
0,223846154	0,314954189	0,366182785	0,3064215
0,233846154	0,312065359	0,364560295	0,318585905
0,243846154	0,309136484	0,362909665	0,330588522
0,253846154	0,30616252	0,36120418	0,342444327
0,303846154	0,290710627	0,351867417	0,399535827
0,353846154	0,274365492	0,340952357	0,453179652
0,403846154	0,257180037	0,328365518	0,503402992
0,453846154	0,239224322	0,314107519	0,550117918
0,503846154	0,220399823	0,297771695	0,593534417
0,553846154	0,200977255	0,279883058	0,632964824
0,603846154	0,180699669	0,259706238	0,668684739
0,653846154	0,159639428	0,237324282	0,699992992
0,703846154	0,137876913	0,212783936	0,725856191
0,753846154	0,115318358	0,185818385	0,744582156
0,803846154	0,092080618	0,156523765	0,752629101
0,853846154	0,067989048	0,124580974	0,741629498
0,903846154	0,043115806	0,090009322	0,689070503
0,953846154	0,017472079	0,052780511	0,502538637
0,960659547	0,013925875	0,04751225	0,448132583
0,96747294	0,010359068	0,04218414	0,378120687
0,974286333	0,006778491	0,036806928	0,285568438
0,981099726	0,003184182	0,031380653	0,158441593
0,982306917	0,002567847	0,030448062	0,13184901
0,983514108	0,001930187	0,029481586	0,102482412
0,984721299	0,001291793	0,028513099	0,071003866
0,985928489	0,000652963	0,027543062	0,037199898
0,98713568	0,000013701	0,026571483	0,000810066

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 43 – Resultados G2-A1.

Alteração 1				Alteração 2			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,193846154	0,312870539	0,351167725	0,274870034	0,193846154	0,31403946	0,354577186	0,273244074
0,203846154	0,310290844	0,350024967	0,287602456	0,203846154	0,311247277	0,352692467	0,286307042
0,213846154	0,307651164	0,348779496	0,300212791	0,213846154	0,308737445	0,352096523	0,298434581
0,223846154	0,305140452	0,348166332	0,312235861	0,223846154	0,305862437	0,350138454	0,311211834
0,233846154	0,302415686	0,346823507	0,324523501	0,233846154	0,303121159	0,348818181	0,323420469
0,243846154	0,299655441	0,345451601	0,336644094	0,243846154	0,300340229	0,347427961	0,335494018
0,253846154	0,2968552	0,344022078	0,348617404	0,253846154	0,297520689	0,345966234	0,347435488
0,303846154	0,282348285	0,336093702	0,40625494	0,303846154	0,282946133	0,337901295	0,404937299
0,353846154	0,267000883	0,326644356	0,460333042	0,353846154	0,267682146	0,328771911	0,458521084
0,403846154	0,250839278	0,315578836	0,510885709	0,403846154	0,251454515	0,317512556	0,509019732
0,453846154	0,233919137	0,302875389	0,557866853	0,453846154	0,234464054	0,304614864	0,555973343
0,503846154	0,216149572	0,288151011	0,601523101	0,503846154	0,216611633	0,289681031	0,599625092
0,553846154	0,197770856	0,271862144	0,641243286	0,553846154	0,198141936	0,273187462	0,639329752
0,603846154	0,178554384	0,253335462	0,677362217	0,603846154	0,178817594	0,254439093	0,675418334
0,653846154	0,158565608	0,232634163	0,709302044	0,653846154	0,158704925	0,233505265	0,707276832
0,703846154	0,137876914	0,209788956	0,736218633	0,703846154	0,137876914	0,210419465	0,734012599
0,753846154	0,116407523	0,184553769	0,756764907	0,753846154	0,116250398	0,184931939	0,75419801
0,803846154	0,094263847	0,157007148	0,768101839	0,803846154	0,093932601	0,157123617	0,764835344
0,853846154	0,071289279	0,126856758	0,763678162	0,853846154	0,070763683	0,126697864	0,758998455
0,903846154	0,047550389	0,094114307	0,726796906	0,903846154	0,046810712	0,093667705	0,718902526
0,953846154	0,023059736	0,058754092	0,595819447	0,953846154	0,022085592	0,058006686	0,578002159
0,963261883	0,018392034	0,051844484	0,543865768	0,962778605	0,017611985	0,05139548	0,525085386
0,972677612	0,013669942	0,044797146	0,472395105	0,971711056	0,013089769	0,044661534	0,453268592
0,982093342	0,008922319	0,037657639	0,370337407	0,980643508	0,008543886	0,037844134	0,352361267
0,991509071	0,004149331	0,030426209	0,215202377	0,989575959	0,003974466	0,030943463	0,202292187
0,993146158	0,003348965	0,029209074	0,181228368	0,991129842	0,003208332	0,029782282	0,169930775
0,994783244	0,002517356	0,027942103	0,142637661	0,992683725	0,002411803	0,028573105	0,13335686
0,996420331	0,001684619	0,026671785	0,100164161	0,994237608	0,001614239	0,027360901	0,093357185
0,998057418	0,00085111	0,02539868	0,053229231	0,995791491	0,000815958	0,026146168	0,049459337
0,999694504	0,000016834	0,024122797	0,001110318	0,997345373	0,000016964	0,024928913	0,00108018

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 44 – Resultados G2-A3 e G2-A4.

Alteração 3				Alteração 4			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,203846154	0,315487637	0,361430287	0,283191658	0,203846154	0,311306238	0,35395031	0,285343629
0,213846154	0,312581584	0,359437784	0,295979229	0,213846154	0,308775973	0,353302093	0,29745335
0,223846154	0,309788998	0,358015609	0,3082718	0,223846154	0,306058619	0,351963355	0,309796804
0,233846154	0,30697146	0,356579068	0,320400008	0,233846154	0,303171588	0,350031051	0,322353425
0,243846154	0,304261825	0,355634421	0,33203183	0,243846154	0,300398205	0,348639842	0,334392369
0,253846154	0,301371701	0,354057925	0,343889464	0,253846154	0,297581611	0,347155626	0,346316037
0,303846154	0,286266068	0,344793164	0,401499585	0,303846154	0,283150678	0,339440753	0,403392202
0,353846154	0,270507967	0,334680252	0,455181481	0,353846154	0,267655186	0,329403013	0,457596512
0,403846154	0,254041294	0,323227614	0,505163476	0,403846154	0,251589833	0,318519055	0,507684322
0,453846154	0,236661359	0,309675498	0,552012995	0,453846154	0,234613398	0,30554943	0,55462587
0,503846154	0,218398074	0,294045156	0,595597483	0,503846154	0,216756144	0,290518299	0,598295866
0,553846154	0,199515413	0,276868351	0,635202812	0,553846154	0,198279949	0,273954883	0,637982886
0,603846154	0,179752748	0,257394968	0,671153598	0,603846154	0,178926587	0,255110865	0,674050383
0,653846154	0,159208606	0,235763635	0,702725035	0,653846154	0,158794136	0,234124259	0,705803407
0,703846154	0,137876913	0,211859188	0,729024498	0,703846154	0,137876914	0,210880398	0,732408228
0,753846154	0,115750125	0,185577978	0,748338149	0,753846154	0,116168186	0,185277281	0,752259868
0,803846154	0,092911929	0,156956345	0,757330886	0,803846154	0,093749686	0,157348624	0,762254404
0,853846154	0,069193237	0,125684443	0,748138295	0,853846154	0,070457625	0,126793729	0,755144364
0,903846154	0,044663	0,091778021	0,700041607	0,903846154	0,046359048	0,093626778	0,712277247
0,953846154	0,019331724	0,055208054	0,531577537	0,953846154	0,021464888	0,057821043	0,563561318
0,961477717	0,01540992	0,049413382	0,477216196	0,962468613	0,017114061	0,051412703	0,509905084
0,969109281	0,011455781	0,043534448	0,405867758	0,971091073	0,012718001	0,044891062	0,437863814
0,976740844	0,007483632	0,037593678	0,309454686	0,979713532	0,00829915	0,038291357	0,33794971
0,984372408	0,003493532	0,031591132	0,173252352	0,988335992	0,00385761	0,031613718	0,191940891
0,985708771	0,002820298	0,030575331	0,14470802	0,989833765	0,003116411	0,030495239	0,160992291
0,987045135	0,002120384	0,0295178	0,112846396	0,991331538	0,002343273	0,029327113	0,126064464
0,988381498	0,001419638	0,028457931	0,078472773	0,992829311	0,001569188	0,028156217	0,0880634
0,989717862	0,000718336	0,027396158	0,041301872	0,994327084	0,000794414	0,02698296	0,0465915
0,991054225	0,000016483	0,026332487	0,000987349	0,995824856	0,000018954	0,025807349	0,001164026

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 45 – Resultados G2-A5 e G2-A6.

Alteração 5				Alteração 6			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,223846154	0,332322996	0,401448655	0,294917237	0,223974359	0,332498658	0,4041253	0,293286647
0,233846154	0,329204302	0,399957798	0,306338581	0,233974359	0,329241549	0,402013338	0,304973829
0,243846154	0,325894026	0,397793693	0,317946866	0,243974359	0,325777214	0,399165266	0,316907326
0,253846154	0,322403859	0,395024387	0,329736515	0,253974359	0,32260917	0,39754395	0,328020937
0,303846154	0,305228774	0,383145545	0,385243719	0,303974359	0,305454529	0,385388279	0,383446827
0,353846154	0,287236051	0,369637807	0,437620011	0,353974359	0,287464363	0,371670147	0,435730809
0,403846154	0,268400807	0,354362844	0,486823709	0,403974359	0,268502272	0,355851264	0,485124696
0,453846154	0,248754278	0,337302309	0,532696735	0,453974359	0,248851156	0,338657252	0,530922202
0,503846154	0,228354688	0,318482291	0,574966741	0,503974359	0,2284358	0,31969553	0,573134004
0,553846154	0,206959949	0,297211982	0,613803372	0,553974359	0,207101869	0,298484289	0,611747689
0,603846154	0,184825981	0,274024856	0,648215629	0,603974359	0,18487792	0,275018547	0,646192179
0,653846154	0,161778667	0,24843402	0,677650701	0,653974359	0,161807639	0,249324412	0,675484008
0,703846154	0,137876911	0,220492003	0,70048135	0,703974359	0,137876911	0,221281619	0,698108906
0,753846154	0,11310684	0,19009355	0,713878562	0,753974359	0,113070832	0,190782817	0,711193923
0,803846154	0,087563457	0,157300356	0,712174249	0,803974359	0,087484903	0,157889769	0,708992199
0,853846154	0,06102598	0,121730973	0,681260848	0,853974359	0,060899803	0,12222204	0,677222409
0,903846154	0,033575137	0,083419758	0,578979936	0,903974359	0,033396488	0,083814323	0,573269446
0,953846154	0,005214974	0,042328442	0,187033032	0,953974359	0,004979124	0,042628005	0,177343291
0,955684992	0,004223484	0,040868103	0,157188692	0,9557265	0,00402807	0,041226899	0,148617563
0,957523829	0,003165013	0,039304228	0,12271736	0,957478642	0,003017405	0,039733602	0,115724375
0,959362667	0,002104378	0,037735108	0,085149305	0,959230783	0,002004719	0,038235471	0,080044291
0,961201505	0,00104252	0,03616218	0,044102626	0,960982925	0,000990916	0,036733883	0,041257792

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 46 – Resultados G2-A7 e G2-A8.

Alteração 7				Alteração 8			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,163974359	0,301975498	0,322896479	0,244064418	0,203974359	0,313405779	0,35688356	0,285086182
0,173974359	0,299884803	0,322234123	0,257684506	0,213974359	0,310845953	0,356204444	0,297185592
0,183974359	0,297751039	0,321559802	0,271124625	0,223974359	0,307941034	0,354230897	0,309884289
0,193974359	0,295559303	0,320806633	0,28442368	0,233974359	0,305304353	0,353414717	0,321689411
0,203974359	0,2933306	0,320060275	0,297523521	0,243974359	0,302478071	0,351929613	0,333735496
0,253974359	0,281630482	0,31620261	0,360017998	0,253974359	0,299622635	0,350408258	0,345629092
0,303974359	0,268731798	0,310513447	0,418693027	0,303974359	0,284703436	0,341471739	0,40336204
0,353974359	0,254823993	0,303000456	0,47379336	0,353974359	0,269120887	0,331648199	0,45715313
0,403974359	0,240265398	0,294461965	0,524609264	0,403974359	0,252829954	0,32048702	0,507214911
0,453974359	0,224936873	0,28426063	0,571735811	0,453974359	0,235634156	0,307248103	0,554115743
0,503974359	0,20900655	0,272630924	0,614912545	0,503974359	0,217562786	0,291944429	0,597740927
0,553974359	0,192241485	0,25884237	0,654819404	0,553974359	0,198875466	0,275093686	0,637397539
0,603974359	0,174759583	0,243081771	0,691078277	0,603974359	0,179317691	0,255959978	0,67342573
0,653974359	0,156682251	0,225479705	0,723257918	0,653974359	0,158986649	0,234676907	0,705133182
0,703974359	0,137876914	0,205625903	0,751260761	0,703974359	0,137876914	0,211129782	0,731676363
0,753974359	0,118402355	0,183569607	0,773991637	0,753974359	0,115981458	0,185215441	0,751429229
0,803974359	0,09832666	0,15930584	0,789772343	0,803974359	0,093383198	0,156968669	0,761233858
0,853974359	0,077527507	0,132593575	0,794691017	0,853974359	0,069916573	0,126084878	0,753671503
0,903974359	0,056065481	0,103439378	0,779804777	0,903974359	0,045649522	0,092578367	0,709419243
0,953974359	0,033959485	0,071833111	0,717783156	0,953974359	0,020592951	0,056420916	0,554160147
1,003974359	0,011233715	0,037800193	0,47486715	0,962192942	0,01641813	0,050251993	0,50032557
1,00891752	0,009146873	0,034611896	0,424348873	0,970411525	0,012203763	0,043981936	0,428544093
1,013860681	0,006868067	0,031104668	0,356293037	0,978630109	0,00796884	0,037640553	0,329744715
1,018803842	0,004580846	0,027570242	0,269411284	0,986848692	0,003672475	0,031163773	0,185088539
1,023747003	0,002287976	0,024013127	0,155244261	0,988253719	0,003011468	0,03016657	0,157014929
1,024733526	0,001651018	0,023017023	0,116985942	0,989658746	0,002283105	0,029063828	0,123731046
1,025720048	0,001190525	0,022300339	0,087151704	0,991063772	0,001553378	0,027957791	0,087638715
1,02670657	0,000731636	0,021585713	0,055385412	0,992468799	0,00082304	0,026849651	0,048419378
1,027693093	0,000272551	0,020870236	0,021360154	0,993873826	0,000321023	0,025739425	0,005660087

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 47 – Resultados G2-A9 e G2-A10.

Alteração 9				Alteração 10			
J	KT	10*KQ	Eficiência	J	KT	10*KQ	Eficiência
0,213974359	0,324282154	0,382676641	0,288584473	0,223974359	0,331371924	0,402492021	0,29347889
0,223974359	0,32127303	0,380938303	0,300633976	0,233974359	0,327988821	0,399790053	0,305502983
0,233974359	0,31807673	0,378531449	0,312909197	0,243974359	0,324872481	0,398244607	0,316757815
0,243974359	0,315145826	0,377256613	0,324368756	0,253974359	0,321415546	0,395424228	0,328559181
0,253974359	0,312041879	0,375368488	0,336019962	0,303974359	0,30441861	0,383565892	0,38396205
0,303974359	0,295856185	0,364469329	0,392714331	0,353974359	0,286571446	0,370078238	0,436245844
0,353974359	0,279117608	0,353003888	0,445450736	0,403974359	0,267871726	0,354831183	0,485376817
0,403974359	0,261313061	0,339090619	0,495472181	0,453974359	0,248348936	0,337799007	0,531196728
0,453974359	0,242806689	0,323751933	0,54187577	0,503974359	0,228055636	0,318997765	0,573431757
0,503974359	0,223459379	0,306449739	0,584881526	0,553974359	0,206831933	0,297931844	0,612083203
0,553974359	0,203392996	0,287365946	0,624037211	0,603974359	0,184707934	0,274603085	0,646574795
0,603974359	0,182380666	0,265864432	0,659412523	0,653974359	0,161727757	0,249040361	0,675920594
0,653974359	0,160545531	0,242155918	0,690055442	0,703974359	0,137876912	0,221123015	0,698609637
0,703974359	0,137876913	0,216121969	0,714775415	0,753974359	0,113140068	0,190743807	0,711774945
0,753974359	0,114362804	0,187656492	0,731303934	0,803974359	0,087612596	0,157964632	0,709690545
0,803974359	0,09009327	0,156809404	0,735161197	0,853974359	0,061074989	0,122405621	0,678151932
0,853974359	0,064872092	0,123232864	0,715478067	0,903974359	0,033607619	0,084101078	0,574926636
0,903974359	0,038773818	0,086951163	0,641563163	0,953974359	0,005214431	0,043012621	0,184063592
0,953974359	0,011805101	0,047928954	0,373962963	0,955810867	0,00422082	0,041551166	0,154527484
0,95835169	0,009594464	0,044675032	0,327567552	0,957647375	0,003162072	0,03998921	0,120518763
0,962729022	0,007193729	0,041118437	0,268065972	0,959483883	0,002101149	0,038422025	0,083509229
0,967106353	0,004783073	0,037535466	0,196137008	0,961320391	0,001038984	0,036851036	0,043136744
0,971483684	0,002365822	0,033931252	0,10780475				
0,972340525	0,001702965	0,03293413	0,08001991				
0,973197365	0,001226378	0,03222166	0,058951834				
0,974054205	0,000751771	0,03151185	0,036984086				
0,974911046	0,000276947	0,03080128	0,013951234				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A Figura 97 abaixo mostra a discretização original da geometria do hélice B5-60 utilizada no *OpenProp*.

Figure 92 – Dados de referência para análise do hélice B5-60 no *OpenProp*.

OpenProp

Single Design

OpenProp v3.3.4

Specifications		Blade Design Values						Inflow Profile Values			Options	
Number of blades:	5	r/R	c/D	Cd	t0/D	Skew	Rake	r	Va/Vs	Vt/Vs	<input checked="" type="checkbox"/> Propeller	
Rotation speed (RPM):	78	0.2	0.1994	0.008	0.0366	0	0				<input type="checkbox"/> Turbine	
Rotor diameter (m):	6	0.3	2258	0.008	0.0324	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Hub	
Required thrust (N):	309533.27	0.4	0.246	0.008	0.0282	0	0				<input type="checkbox"/> Chord optimization	
Ship speed (m/s):	5.491	0.5	0.2582	0.008	0.024	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Viscous forces	
Hub diameter (m):	1	0.6	0.2426	0.008	0.0198	0	0				<input type="checkbox"/> Optimization plots	
Fluid density (kg/m ³):	1025	0.7	0.2573	0.008	0.0156	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Geometry plots	
# radial panels:	20	0.8	0.2364	0.008	0.0114	0	0				<input checked="" type="checkbox"/> Performance curve	
# chordwise panels:	30	0.9	0.1898	0.008	0.0072	0	0				Airfoil type	
		1	0.001	0.008	0.003	0	0				Meanline type:	
											NACA a=0.8	
											Thickness type:	
											NACA 65A010	

Ducted Propeller		Non-dimensional Parameters			Tools	
Thrust Ratio:	1	$J = V/nD =$	0.703974	$CT = T/(1/2 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \pi R^2) =$	0.708465	Filename prefix:
Duct section drag (Cd):	0.008	$L = \omega \cdot R/V =$	4.46265	$KT = T/(\rho \cdot n^2 \cdot D^4) =$	0.137877	DefaultPropeller
duct D / prop D:	1					Load Save Run OpenProp

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE F – RESULTADOS NUMÉRICOS VARIAÇÃO PARAMÉTRIA EXTENSIVA

Tabela 48 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-45 Grupo 1.

Original				Alteração 1		Alteração 2	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,01603846	0,35819233	0,75603846	0,21681294	0,01603846	0,29701621	0,01603846	0,30951003
0,02603846	0,35775468	0,80603846	0,19931103	0,02603846	0,29698688	0,02603846	0,30930396
0,03603846	0,35719624	0,85603846	0,18131168	0,03603846	0,29685693	0,03603846	0,30909136
0,04603846	0,35677173	0,90603846	0,16282962	0,04603846	0,29662419	0,04603846	0,30876881
0,05603846	0,3563096	0,95603846	0,14393434	0,05603846	0,29646897	0,05603846	0,30852278
0,06603846	0,35587057	1,006038	0,1245418	0,10603846	0,29539761	0,10603846	0,30699962
0,07603846	0,35538775	1,056038	0,10466005	0,15603846	0,29394083	0,15603846	0,30509877
0,08603846	0,3547873	1,106038	0,08434154	0,20603846	0,29189189	0,20603846	0,30258161
0,09603846	0,35416467	1,156038	0,06350029	0,25603846	0,28927195	0,25603846	0,29946177
0,10603846	0,35348529	1,206038	0,04219642	0,30603846	0,28588397	0,30603846	0,29548994
0,11603846	0,35279455	1,256038	0,0204333	0,35603846	0,28158373	0,35603846	0,29067178
0,12603846	0,35215569	1,265427	0,01631577	0,40603846	0,27619747	0,40603846	0,28467253
0,13603846	0,35137408	1,274816	0,01216209	0,45603846	0,26958772	0,45603846	0,27725813
0,14603846	0,3506333	1,284205	0,00799244	0,50603846	0,26154275	0,50603846	0,26859036
0,15603846	0,34987501	1,293594	0,00380689	0,55603846	0,25186541	0,55603846	0,25813478
0,16603846	0,34896188	1,295302	0,0030734	0,60603846	0,24043542	0,60603846	0,24591447
0,17603846	0,34811848	1,297010	0,00231062	0,65603846	0,22805724	0,65603846	0,23271194
0,18603846	0,347216	1,298718	0,00154695	0,70603846	0,2146298	0,70603846	0,21879391
0,19603846	0,3462262	1,300426	0,00078274	0,75603846	0,20062652	0,75603846	0,2041431
0,20603846	0,34526416	1,302134	0,00008	0,80603846	0,18616008	0,80603846	0,18901712
0,21603846	0,34421407			0,85603846	0,17128628	0,85603846	0,17346443
0,22603846	0,34316826			0,90603846	0,15603607	0,90603846	0,15751223
0,23603846	0,34198321			0,95603846	0,14047359	0,95603846	0,14122566
0,24603846	0,34089267			1,00603846	0,12454181	1,00603846	0,1245418
0,25603846	0,33969807			1,05603846	0,10826195	1,05603846	0,10747992
0,30603846	0,33302826			1,10603846	0,09167957	1,10603846	0,09008687
0,35603846	0,32515266			1,15603846	0,07473492	1,15603846	0,07229747
0,40603846	0,31593686			1,20603846	0,0574795	1,20603846	0,05416495
0,45603846	0,30547236			1,25603846	0,03992498	1,25603846	0,03569919
0,50603846	0,29377773			1,30603846	0,02228231	1,30603846	0,01711276
0,55603846	0,28041463			1,35603846	0,00398816	1,31524559	0,01343713
0,60603846	0,26579327			1,35821848	0,00325238	1,32445271	0,00993389
0,65603846	0,25017028			1,36039851	0,00238768	1,33365984	0,00642101
0,70603846	0,23381943			1,36257853	0,00166242	1,34286696	0,00289837
				1,36475855	0,00086766	1,34438206	0,00233818
				1,36693857	0,00009	1,34589716	0,00175779
						1,34741225	0,0011769
						1,34892735	0,00059576
						1,35044245	0,00001

a) Resultado geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A2

Alteração 3		Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,00603846	0,32077241	0,00603846	0,33049247	0,02603846	0,33855955	0,30603846	0,32432882
0,01603846	0,32039252	0,01603846	0,33032501	0,03603846	0,33810206	0,35603846	0,31794169
0,02603846	0,32023368	0,02603846	0,32995536	0,04603846	0,33778831	0,40603846	0,30959844
0,03603846	0,31991727	0,03603846	0,32955995	0,05603846	0,33721859	0,45603846	0,30024179
0,04603846	0,31963157	0,04603846	0,32921227	0,10603846	0,3346534	0,50603846	0,28933675
0,05603846	0,31928788	0,05603846	0,32875743	0,15603846	0,3317574	0,55603846	0,27653982
0,10603846	0,3172741	0,10603846	0,32651114	0,20603846	0,32811335	0,60603846	0,2623044
0,15603846	0,3149838	0,15603846	0,32376795	0,25603846	0,32367891	0,65603846	0,24708257
0,20603846	0,3120522	0,20603846	0,32047805	0,30603846	0,31836805	0,70603846	0,2311184
0,25603846	0,30847337	0,25603846	0,31650102	0,35603846	0,3120086	0,75603846	0,21456382
0,30603846	0,30401597	0,30603846	0,31162498	0,40603846	0,30457389	0,80603846	0,19749101
0,35603846	0,29857241	0,35603846	0,30568178	0,45603846	0,29545086	0,85603846	0,17992979
0,40603846	0,29197133	0,40603846	0,29856779	0,50603846	0,28502197	0,90603846	0,16189693
0,45603846	0,28415455	0,45603846	0,29010058	0,55603846	0,27271758	0,95603846	0,14346107
0,50603846	0,27475674	0,50603846	0,28019381	0,60603846	0,2589308	1,00603846	0,1245418
0,55603846	0,26361281	0,55603846	0,26843737	0,65603846	0,24411357	1,05603846	0,10515013
0,60603846	0,25091489	0,60603846	0,25515951	0,70603846	0,22854334	1,10603846	0,08533719
0,65603846	0,23690977	0,65603846	0,24079887	0,75603846	0,21238495	1,15603846	0,0650209
0,70603846	0,22244385	0,70603846	0,22567026	0,80603846	0,19571826	1,20603846	0,04426008
0,75603846	0,20722725	0,75603846	0,20995491	0,85603846	0,17857662	1,25603846	0,02305943
0,80603846	0,19152389	0,80603846	0,19374174	0,90603846	0,16097886	1,30603846	0,00142485
0,85603846	0,17537626	0,85603846	0,17706828	0,95603846	0,14299285	1,30669706	0,00114135
0,90603846	0,15880834	0,90603846	0,15995576	1,00603846	0,1245418	1,30735566	0,00085365
0,95603846	0,14188622	0,95603846	0,14247116	1,05603846	0,10563876	1,30801426	0,00056582
1,00603846	0,1245418	1,00603846	0,1245418	1,10603846	0,0863339	1,30867286	0,00027792
1,05603846	0,10679229	1,05603846	0,10618279	1,15603846	0,06654877		
1,10603846	0,08868574	1,10603846	0,0874433	1,20603846	0,04634095		
1,15603846	0,07015207	1,15603846	0,06824883	1,25603846	0,02571621		
1,20603846	0,05124609	1,20603846	0,04865565	1,30603846	0,00468187		
1,25603846	0,03197615	1,25603846	0,02867073	1,30826428	0,00380476		
1,30603846	0,01255512	1,30603846	0,00850635	1,3104901	0,0028596		
1,31250316	0,01001963	1,31025696	0,00656232	1,31271592	0,0019128		
1,31896787	0,00745383	1,31447547	0,00497596	1,31494174	0,00096521		
1,32543257	0,00488197	1,31869397	0,00308409	1,31716756	0,00009		
1,33189727	0,00230455	1,32291247	0,00149382				
1,33305334	0,00163584	1,32370501	0,00102905				
1,3342094	0,0011717	1,32449754	0,00069969				
1,33536546	0,00070976	1,32529007	0,00037181				
1,33652152	0,00024768	1,32608261	0,00009				

b) Resultados das geometrias G1-A3 à G1-A6

Alteração 7		Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,40603846	0,3147474	0,43603846	0,31264533	0,43603846	0,31630567	0,43603846	0,31965825
0,45603846	0,30455734	0,44603846	0,31059115	0,44603846	0,31418651	0,44603846	0,31748748
0,50603846	0,29321444	0,45603846	0,30846387	0,45603846	0,31203438	0,45603846	0,31527867
0,55603846	0,27997345	0,50603846	0,29671674	0,50603846	0,29969784	0,50603846	0,30257545
0,60603846	0,26534031	0,55603846	0,28307466	0,55603846	0,28588938	0,55603846	0,28845549
0,65603846	0,24975716	0,60603846	0,26808696	0,60603846	0,27058385	0,60603846	0,27286356
0,70603846	0,23346927	0,65603846	0,2521796	0,65603846	0,25438374	0,65603846	0,25639778
0,75603846	0,21652865	0,70603846	0,23557429	0,70603846	0,23749057	0,70603846	0,23924236
0,80603846	0,19909006	0,75603846	0,21830955	0,75603846	0,21993119	0,75603846	0,221414
0,85603846	0,18115065	0,80603846	0,20053978	0,80603846	0,20186017	0,80603846	0,20306777
0,90603846	0,16272538	0,85603846	0,18225773	0,85603846	0,18326624	0,85603846	0,18418877
0,95603846	0,14388366	0,90603846	0,16347675	0,90603846	0,16416133	0,90603846	0,16478772
1,00603846	0,1245418	0,95603846	0,14426698	0,95603846	0,14461626	0,95603846	0,14497344
1,05603846	0,10470885	1,00603846	0,1245418	1,00603846	0,1245418	1,00603846	0,12454179
1,10603846	0,08443678	1,05603846	0,10430833	1,05603846	0,10394318	1,05603846	0,10360891
1,15603846	0,06364028	1,10603846	0,08361936	1,10603846	0,08287396	1,10603846	0,08219147
1,20603846	0,0423793	1,15603846	0,06238661	1,15603846	0,06124314	1,15603846	0,06019597
1,25603846	0,02065755	1,20603846	0,04067105	1,20603846	0,03911267	1,20603846	0,03768528
1,26554854	0,01649496	1,25603846	0,01847558	1,25603846	0,01648467	1,25603846	0,01466081
1,27505862	0,01229507	1,26436249	0,01474834	1,26332353	0,01315482	1,26240595	0,01169516
1,2845687	0,00807879	1,27268652	0,01099385	1,2706086	0,00980641	1,26877344	0,00871845
1,29407877	0,00384617	1,28101054	0,00722622	1,27789368	0,00644752	1,27514093	0,00573347
1,29580713	0,00310494	1,28933457	0,00344548	1,28517875	0,00307819	1,28150842	0,00274021
1,29753549	0,00233426	1,29085175	0,00278165	1,28650986	0,00248526	1,28267426	0,00221249
1,29926385	0,00156267	1,29236894	0,00209143	1,28784097	0,00186876	1,2838401	0,0016638
1,30099221	0,00079053	1,29388612	0,00140044	1,28917209	0,00125161	1,28500594	0,00111456
1,30272057	0,000017	1,2954033	0,000709	1,2905032	0,0006341	1,28617179	0,00056503
		1,29692048	0,000017	1,29183432	0,000016	1,28733763	0,000019

c) Resultados das geometrias G1-A7 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 49 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B3-45 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5	
0,5626891	0,3877415	0,4338304	0,4595847	0,4849803	0,5080652	0,5253536
0,5606386	0,3658442	0,4324187	0,4584689	0,4843119	0,5058709	0,5240414
0,5590668	0,3419593	0,4315083	0,4573408	0,482289	0,5044329	0,5217109
0,5569038	0,3160169	0,4311545	0,4568211	0,4810838	0,5029936	0,5205339
0,5546342	0,2880677	0,4302354	0,4556854	0,4796295	0,5013154	0,5128935
0,5521218	0,2579117	0,4262585	0,4507389	0,4783826	0,5001802	0,5035891
0,5495054	0,2254864	0,4222192	0,4456549	0,4731651	0,4930124	0,4966721
0,5476418	0,1908603	0,4187022	0,4411109	0,4670686	0,486208	0,4894099
0,5457332	0,1538316	0,4140517	0,4350907	0,4615394	0,4802643	0,4812874
0,5441836	0,1145063	0,4120893	0,4308469	0,4541543	0,4731956	0,4737414
0,5420563	0,0728895	0,4083095	0,4274199	0,4489362	0,4664284	0,4659734
0,5399858	0,0648621	0,404353	0,4222989	0,443475	0,4594758	0,4575477
0,5382235	0,0567135	0,3999169	0,4161735	0,437642	0,4525502	0,4485941
0,5362864	0,0484854	0,3946304	0,4101898	0,4314155	0,4450591	0,437645
0,5333854	0,0401782	0,3880478	0,4023534	0,4242171	0,4369539	0,424883
0,5324512	0,0387194	0,379236	0,3921624	0,4152454	0,4269482	0,4102996
0,5305776	0,0371989	0,3696844	0,3808027	0,4044601	0,4151231	0,3940268
0,5280079	0,035675	0,3574858	0,3679593	0,3913449	0,4014499	0,3756709
0,526614	0,0341485	0,3435829	0,352747	0,377436	0,3860817	0,355454
0,525976	0,0326195	0,3279446	0,3357585	0,3610597	0,3686636	0,3333027
0,5240304		0,3105219	0,3169367	0,3428734	0,3494076	0,3091511
0,5221231		0,2912644	0,2962262	0,3228138	0,3282451	0,2830455
0,5194934		0,2702089	0,2736663	0,3008212	0,3051129	0,2547953
0,5177214		0,247195	0,249087	0,2769373	0,2800552	0,2243505
0,5159252		0,222197	0,2224564	0,2509843	0,2528871	0,1917754
0,5070393		0,1952691	0,1938311	0,2229239	0,2235644	0,1568831
0,4979872		0,1662638	0,1630517	0,1928152	0,1921489	0,1197767
0,4886505		0,1352766	0,1302155	0,1604886	0,1584617	0,0804704
0,4787132		0,1023429	0,0953511	0,1260433	0,122604	0,039003
0,4682836		0,0679495	0,0589398	0,089502	0,0845939	0,0372495
0,4558097		0,0309855	0,0515667	0,0513395	0,0448985	0,035353
0,4416273		0,0294794	0,0445152	0,0462617	0,0409872	0,03345
0,425547		0,0276994	0,0374034	0,0410997	0,037809	0,03154
0,4075965		0,0262113	0,0302316	0,0359046	0,0339883	0,02963
		0,0245748	0,0290885	0,0306777	0,030784	
		0,0229338	0,0279021	0,0293081	0,0298371	
			0,0267136	0,028364	0,0291704	
			0,0255235	0,0274238	0,0285065	
			0,0243318	0,0264827	0,0278421	

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteracao 6	Alteracao 7	Alteracao 8	Alteracao 9	Alteracao 10
0,4952888	0,4897212	0,4937787	0,5032024	0,5120203
0,486973	0,4796202	0,4916315	0,5009228	0,5096187
0,4781969	0,4691843	0,4894553	0,4988036	0,507403
0,4690222	0,4565806	0,4783691	0,4860532	0,4940034
0,4592947	0,4422035	0,4650379	0,4729366	0,4803451
0,4474825	0,4260474	0,4499607	0,4572185	0,4640384
0,4338738	0,4080823	0,4331209	0,439752	0,4459952
0,4184671	0,3882368	0,4144696	0,4204715	0,4261357
0,4013756	0,3663643	0,3939267	0,3992899	0,4043671
0,3821712	0,3425144	0,3713364	0,376043	0,3805174
0,3610863	0,3166166	0,346752	0,3507877	0,3546472
0,3380438	0,2887211	0,3201012	0,3234501	0,3266812
0,3129751	0,2586284	0,2914359	0,294084	0,2967566
0,2859287	0,2262773	0,260553	0,2624829	0,2644181
0,2567091	0,1917371	0,2273863	0,2285759	0,2298365
0,2252607	0,1548076	0,1920073	0,1924366	0,1930053
0,1916501	0,1155955	0,1542101	0,1538541	0,1537092
0,1556836	0,074109	0,1141034	0,112939	0,1120604
0,117466	0,0660054	0,0716929	0,0696948	0,0680608
0,0770082	0,0577778	0,0644394	0,0632181	0,0622962
0,0343439	0,0494696	0,0570939	0,0566759	0,0564882
0,0337764	0,0410812	0,0496856	0,0500849	0,0506425
0,0332	0,0396091	0,0422148	0,0434453	0,0447592
0,0326231	0,0380751	0,0409009	0,042275	0,043721
0,0320459	0,0365377	0,0395319	0,041057	0,0426396
	0,0349977	0,0381601	0,039836	0,0415563
	0,033455	0,036786	0,038613	0,0404718
		0,035410	0,037389	0,039386

B) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 50 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-45 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5	
0,0162491	0,6988935	0,017476	0,0171906	0,0063565	0,0062516	0,0267066
0,0264446	0,7223784	0,0284622	0,0279583	0,0168865	0,016668	0,0370057
0,0366463	0,7430018	0,0394588	0,0387644	0,0275166	0,0271074	0,0474412
0,0469409	0,7602657	0,0504098	0,0495254	0,038142	0,0375801	0,0577788
0,0572964	0,7731769	0,0614581	0,0603849	0,0488298	0,0481178	0,1101163
0,0677445	0,7801184	0,1169546	0,1149467	0,0595269	0,0586213	0,1636048
0,0782679	0,7778865	0,1728915	0,1700175	0,1131633	0,1117696	0,216632
0,0887124	0,7594906	0,2286047	0,2249382	0,1674786	0,1653726	0,2695051
0,0991951	0,7073391	0,2846932	0,2804704	0,2217108	0,2188197	0,3221968
0,109625	0,560398	0,337905	0,3340534	0,2767831	0,2725585	0,3732005
0,1201986	0,5066099	0,3907825	0,3853587	0,3298435	0,3254194	0,4223951
0,1308204	0,4351007	0,4414143	0,4356251	0,3815027	0,3769849	0,4686736
0,1413478	0,3369173	0,4892738	0,483539	0,4311302	0,4263473	0,5117154
0,1519651	0,1950732	0,533772	0,5273625	0,4780578	0,4730996	0,5514627
0,1629009	0,1636374	0,5743918	0,5677587	0,5216315	0,516448	0,5878069
0,1731917	0,1282222	0,611518	0,6048372	0,5618064	0,5564072	0,6212126
0,1838256	0,0896286	0,6441132	0,6380697	0,5983717	0,5928641	0,6517653
0,1947073	0,0474408	0,6746518	0,6681654	0,6320811	0,6262857	0,6802682
0,2051299	0,0011441	0,7026205	0,6963625	0,6622555	0,6568158	0,7063563
0,2152554		0,728219	0,7221876	0,6906085	0,685267	0,7299602
0,2258517		0,7515255	0,7456779	0,7165806	0,7113227	0,75087
0,2364486		0,7725106	0,7667567	0,7401712	0,7349468	0,7686941
0,247302		0,7910257	0,7852136	0,7612577	0,7559725	0,7826334
0,2578367		0,8066967	0,800569	0,7795683	0,7740675	0,7914
0,2683068		0,8189125	0,8120491	0,7945171	0,7885391	0,7924627
0,3199157		0,8264744	0,8181416	0,8051618	0,798273	0,78047
0,3699868		0,8270245	0,8158123	0,8096602	0,8010859	0,7426323
0,41782		0,8155894	0,7984301	0,8042454	0,7924344	0,6388427
0,4631463		0,779848	0,7484379	0,7804092	0,7617456	0,2495153
0,5052584		0,6816322	0,6035145	0,7141945	0,6775212	0,2126779
0,54443		0,2777835	0,5454615	0,5083298	0,3938104	0,1687071
0,5805083		0,2384911	0,4703997	0,4524295	0,3338769	0,1194697
0,6138151		0,1866348	0,3643829	0,3807107	0,2753305	0,0640369
0,6446123		0,1375417	0,2049023	0,2868284	0,1904417	0,0011901
0,6728325		0,0766893	0,1719886	0,1592407	0,1021705	
		0,0068002	0,1349468	0,1184189	0,0726595	
			0,0944778	0,0877187	0,0505634	
			0,0501115	0,0550055	0,0275115	
			0,0012677	0,0198943	0,003325	

a) Resultado geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,3189504	0,415337	0,4394046	0,4362236	0,4332551
0,3699642	0,4608856	0,4484787	0,4452554	0,4422559
0,4183881	0,5033216	0,4574176	0,4540404	0,4509861
0,4646215	0,5426557	0,4995542	0,4965963	0,4932958
0,5073595	0,5787638	0,5386883	0,5349585	0,5314353
0,5468983	0,6120818	0,5746739	0,5708189	0,5671683
0,583126	0,6428808	0,6079253	0,6039916	0,6002519
0,6164959	0,671093	0,6386806	0,6346851	0,6308682
0,6470414	0,6971277	0,6668395	0,6627695	0,6588602
0,6755578	0,7205672	0,6928016	0,6886349	0,6846087
0,7016365	0,7411198	0,716111	0,7117893	0,7075873
0,7251762	0,7582779	0,7364368	0,7318639	0,7273903
0,7459256	0,7710343	0,7532156	0,7482405	0,7433334
0,7634344	0,7777539	0,7653388	0,7597116	0,7541517
0,7767988	0,7752037	0,7710003	0,7643026	0,7576664
0,7845567	0,7563666	0,7666189	0,7580898	0,7496314
0,7838259	0,7037106	0,7443396	0,7323872	0,7205433
0,7684269	0,5572255	0,6841765	0,6647446	0,6455069
0,7232382	0,5033508	0,5151631	0,4728274	0,4306101
0,598597	0,4318375	0,4605569	0,4183872	0,3771931
0,0862377	0,3338759	0,3900333	0,3498998	0,3116635
0,0702751	0,1928261	0,2965194	0,2618188	0,2297632
0,0535002	0,1616662	0,1674831	0,1449225	0,1248658
0,0361067	0,1266041	0,1397226	0,1203697	0,1033064
0,0180635	0,0884388	0,1088185	0,0932938	0,0797294
	0,0467707	0,0755736	0,0644656	0,0548517
	0,0011065	0,0397363	0,0337292	0,0285786
		0,0009988	0,0008936	0,0007924

b) Resultado das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

B3-45 – GRUPO 2

KT

Tabela 51 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-45 Grupo 2.

Original				Alteração 1		Alteração 2	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,3581923	0,7560385	0,2168129	0,0060385	0,2348991	0,0060385	0,2529818
0,026038462	0,3577547	0,8060385	0,199311	0,0560385	0,2356566	0,0560385	0,2536713
0,036038462	0,3571962	0,8560385	0,1813117	0,1060385	0,2365017	0,1060385	0,2545745
0,046038462	0,3567717	0,9060385	0,1628296	0,1560385	0,2374576	0,1560385	0,2555621
0,056038462	0,3563096	0,9560385	0,1439343	0,2060385	0,238576	0,2060385	0,256454
0,066038462	0,3558706	1,006038	0,1245418	0,2560385	0,2396014	0,2560385	0,2571332
0,076038462	0,3553878	1,056038	0,1046601	0,3060385	0,2402666	0,3060385	0,2570269
0,086038462	0,3547873	1,106038	0,0843415	0,3560385	0,2402016	0,3560385	0,2559063
0,096038462	0,3541647	1,156038	0,0635003	0,4060385	0,2388162	0,4060385	0,2532423
0,106038462	0,3534853	1,206038	0,0421964	0,4560385	0,2356213	0,4560385	0,2487236
0,116038462	0,3527945	1,256038	0,0204333	0,5060385	0,2306388	0,5060385	0,242382
0,126038462	0,3521557	1,265427	0,0163158	0,5560385	0,2236432	0,5560385	0,2342263
0,136038462	0,3513741	1,274816	0,0121621	0,6060385	0,2151819	0,6060385	0,2244214
0,146038462	0,3506333	1,284205	0,0079924	0,6560385	0,2056737	0,6560385	0,2138174
0,156038462	0,349875	1,293594	0,0038069	0,7060385	0,1952754	0,7060385	0,2023172
0,166038462	0,3489619	1,295302	0,0030734	0,7560385	0,1843612	0,7560385	0,1902964
0,176038462	0,3481185	1,297010	0,0023106	0,8060385	0,1730366	0,8060385	0,1778452
0,186038462	0,347216	1,298718	0,0015469	0,8560385	0,1613591	0,8560385	0,1650134
0,196038462	0,3462262	1,300426	0,0007827	0,9060385	0,1493627	0,9060385	0,1518311
0,206038462	0,3452642	1,302134	0,00008	0,9560385	0,1371018	0,9560385	0,1383548
0,216038462	0,3442141			1,0060385	0,1245418	1,0060385	0,1245418
0,226038462	0,3431683			1,0560385	0,1117056	1,0560385	0,110414
0,236038462	0,3419832			1,1060385	0,09863	1,1060385	0,0960106
0,246038462	0,3408927			1,1560385	0,0852756	1,1560385	0,0812846
0,256038462	0,3396981			1,2060385	0,071686	1,2060385	0,0662824
0,306038462	0,3330283			1,2560385	0,0578776	1,2560385	0,051018
0,356038462	0,3251527			1,3060385	0,0440368	1,3060385	0,0356874
0,406038462	0,3159369			1,3560385	0,0298486	1,3560385	0,0199398
0,456038462	0,3054724			1,4060385	0,0154284	1,4060385	0,003889
0,506038462	0,2937777			1,4560385	0,0011142	1,4084614	0,0031782
0,556038462	0,2804146			1,4568169	0,0011109	1,4108843	0,002405
0,606038462	0,2657933			1,4575953	0,0009115	1,4133072	0,001631
0,656038462	0,2501703			1,4583737	0,0006913	1,4157302	0,0008566
0,706038462	0,2338194			1,4591521	0,0004693	1,4181531	0,00008
				1,4599305	0,000247		
				1,4607089	0,00001		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A2

Alteração 3		Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,0060385	0,2675753	0,2460385	0,2745356	0,3560385	0,2765779	0,3960385	0,2803736
0,0560385	0,2682934	0,2560385	0,2744568	0,4060385	0,2719876	0,4060385	0,2792726
0,1060385	0,269323	0,3060385	0,2736097	0,4560385	0,2655578	0,4160385	0,2781698
0,1560385	0,2700535	0,3560385	0,2714991	0,5060385	0,2573245	0,4260385	0,2767415
0,2060385	0,2707501	0,4060385	0,2674478	0,5560385	0,2473837	0,4360385	0,2753889
0,2560385	0,2709017	0,4560385	0,2613652	0,6060385	0,2361214	0,4460385	0,2738766
0,3060385	0,2701015	0,5060385	0,2537274	0,6560385	0,2239643	0,4560385	0,2721618
0,3560385	0,2679336	0,5560385	0,2442403	0,7060385	0,2111405	0,5060385	0,2633428
0,4060385	0,2642187	0,6060385	0,23336	0,7560385	0,1977659	0,5560385	0,2527351
0,4560385	0,2585419	0,6560385	0,2214052	0,8060385	0,183927	0,6060385	0,2408727
0,5060385	0,2512639	0,7060385	0,2090283	0,8560385	0,1696596	0,6560385	0,2281521
0,5560385	0,2421333	0,7560385	0,1959739	0,9060385	0,1549861	0,7060385	0,2147708
0,6060385	0,2315424	0,8060385	0,1824646	0,9560385	0,1399649	0,7560385	0,2008328
0,6560385	0,2198227	0,8560385	0,1685399	1,0060385	0,1245418	0,8060385	0,1864175
0,7060385	0,2076373	0,9060385	0,1542241	1,0560385	0,108734	0,8560385	0,1715569
0,7560385	0,1947851	0,9560385	0,1395751	1,1060385	0,0925836	0,9060385	0,1562708
0,8060385	0,1814861	1,0060385	0,1245418	1,1560385	0,0760322	0,9560385	0,1406186
0,8560385	0,1677838	1,0560385	0,1091426	1,2060385	0,0591298	1,0060385	0,1245418
0,9060385	0,1537049	1,1060385	0,0934189	1,2560385	0,0418868	1,0560385	0,1080551
0,9560385	0,1393072	1,1560385	0,0773152	1,3060385	0,0245047	1,1060385	0,0912023
1,0060385	0,1245418	1,2060385	0,0608807	1,3560385	0,0064382	1,1560385	0,0739202
1,0560385	0,1094285	1,2560385	0,0441266	1,3596021	0,0052631	1,2060385	0,0562604
1,1060385	0,0940085	1,3060385	0,0272538	1,3631658	0,0039781	1,2560385	0,0382318
1,1560385	0,0782286	1,3560385	0,0097247	1,3667294	0,0025742	1,3060385	0,0200375
1,2060385	0,0621372	1,3615862	0,0079581	1,370293	0,0014005	1,3560385	0,0011183
1,2560385	0,0457463	1,3671339	0,0060173	1,3738567	0,0001113	1,3566296	0,0011013
1,3060385	0,0292574	1,3726816	0,0040716			1,3572207	0,0008992
1,3560385	0,0121367	1,3782293	0,0021229			1,3578118	0,0006779
1,3631274	0,0097236	1,379438	0,0015481			1,3584029	0,0004547
1,3702163	0,0075125	1,3806467	0,0011215			1,358994	0,0002313
1,3773052	0,0050868	1,3818554	0,0006962			1,3595851	0,00008
1,3843941	0,0026544	1,3830641	0,0002708				
1,391483	0,0002179						

b) Resultados das geometrias G2-A3 à G2-A6

Alteração 7		Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,4260385	0,2811768	0,4360385	0,2848078	0,4260385	0,2917797	0,4260385	0,2928113
0,4360385	0,2797483	0,4460385	0,2831708	0,4360385	0,2900856	0,4360385	0,291131
0,4460385	0,278282	0,4560385	0,2814524	0,4460385	0,2883988	0,4460385	0,2894132
0,4560385	0,2765017	0,5060385	0,2715906	0,4560385	0,2864471	0,4560385	0,2873674
0,5060385	0,2671825	0,5560385	0,2600488	0,5060385	0,2758967	0,5060385	0,2767196
0,5560385	0,2561289	0,6060385	0,2473707	0,5560385	0,2640368	0,5560385	0,2647395
0,6060385	0,2438831	0,6560385	0,2338883	0,6060385	0,250925	0,6060385	0,2515446
0,6560385	0,2308098	0,7060385	0,2197675	0,6560385	0,2370274	0,6560385	0,2375825
0,7060385	0,217081	0,7560385	0,2050501	0,7060385	0,2224931	0,7060385	0,2229871
0,7560385	0,2027906	0,8060385	0,1898492	0,7560385	0,2073527	0,7560385	0,2077821
0,8060385	0,1880128	0,8560385	0,1741763	0,8060385	0,19172	0,8060385	0,1920792
0,8560385	0,1727763	0,9060385	0,1580479	0,8560385	0,1756022	0,8560385	0,1758838
0,9060385	0,1570993	0,9560385	0,1415248	0,9060385	0,1590138	0,9060385	0,1592099
0,9560385	0,1410417	1,0060385	0,1245418	0,9560385	0,142045	0,9560385	0,1421481
1,0060385	0,1245418	1,0560385	0,1071106	1,0060385	0,1245418	1,0060385	0,1245418
1,0560385	0,1076124	1,1060385	0,0892764	1,0560385	0,106599	1,0560385	0,1064867
1,1060385	0,0902984	1,1560385	0,0709696	1,1060385	0,0882348	1,1060385	0,0880005
1,1560385	0,0725333	1,2060385	0,052244	1,1560385	0,0693758	1,1560385	0,0690088
1,2060385	0,0543696	1,2560385	0,0331065	1,2060385	0,0500768	1,2060385	0,0495669
1,2560385	0,0358154	1,3060385	0,0137602	1,2560385	0,030344	1,2560385	0,0296804
1,3060385	0,0170734	1,313151	0,0107343	1,3060385	0,0101629	1,3060385	0,0093562
1,3151482	0,0134073	1,3202636	0,0079427	1,3110743	0,0083102	1,310642	0,0076277
1,3242579	0,0099053	1,3273761	0,0053652	1,3161102	0,0062562	1,3152455	0,0057344
1,3333676	0,0063916	1,3344887	0,0025348	1,3211461	0,0041955	1,319849	0,0038355
1,3424773	0,0028661	1,3357626	0,0017979	1,3261819	0,0021306	1,3244525	0,0019331
1,3439584	0,0023147	1,3370365	0,0012869	1,3312178	0,00006	1,329056	0,0002
1,3454396	0,0017405	1,3383104	0,000778				
1,3469207	0,0011658	1,3395844	0,0002689				
1,3484019	0,0005908						
1,349883	0,00009						

c) Resultados das geometrias G2-A7 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 52 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B3-45 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5	
0,562689083	0,3877415	0,3305864	0,3684652	0,3996248	0,3921844	0,3961767
0,560638574	0,3658442	0,3296169	0,3666212	0,3962946	0,3919796	0,3928839
0,559066761	0,3419593	0,3291782	0,3643587	0,3924582	0,3891014	0,3892025
0,556903802	0,3160169	0,3290368	0,3626172	0,3896371	0,3865211	0,3848637
0,554634223	0,2880677	0,3288826	0,3609609	0,3867099	0,3838638	0,378744
0,552121775	0,2579117	0,329001	0,359615	0,3841065	0,3807255	0,3709546
0,549505405	0,2254864	0,3297344	0,3591245	0,381502	0,3770125	0,36153
0,547641763	0,1908603	0,3301946	0,3580878	0,3802757	0,37156	0,35057
0,545733245	0,1538316	0,3306818	0,3570293	0,3775091	0,3644134	0,3376997
0,544183577	0,1145063	0,3306102	0,3553662	0,3748379	0,3552461	0,3231048
0,542056294	0,0728895	0,3302744	0,3533455	0,3715401	0,3452693	0,3067171
0,539985809	0,0648621	0,3281143	0,3498178	0,3665803	0,3330532	0,2884768
0,538223475	0,0567135	0,3248509	0,3442201	0,3599056	0,319139	0,2684115
0,536286389	0,0484854	0,3203058	0,337921	0,351201	0,3034625	0,246372
0,533385403	0,0401782	0,3136223	0,3292919	0,341607	0,2859668	0,2223219
0,532451217	0,0387194	0,305457	0,3190982	0,3298317	0,2666785	0,1963109
0,530577573	0,0371989	0,2957789	0,3072932	0,3163773	0,2454526	0,1681953
0,528007921	0,035675	0,2845456	0,2938249	0,3011843	0,222257	0,1380676
0,526613956	0,0341485	0,271715	0,2786442	0,2841985	0,1971399	0,1059586
0,525976017	0,0326195	0,2573081	0,2617752	0,2654464	0,1699638	0,072329
0,524030363		0,2412093	0,2430867	0,2447855	0,1408201	0,0360927
0,522123069		0,2234043	0,2225579	0,222188	0,1097427	0,033706
0,519493399		0,2039347	0,2002331	0,1977012	0,0771954	0,0310823
0,517721423		0,1827003	0,1759939	0,1711921	0,0421074	0,0282028
0,515925177		0,1597883	0,1499293	0,1427513	0,0385267	0,0258031
0,507039287		0,135254	0,1220843	0,1124155	0,0345642	0,023155
0,497987185		0,1095565	0,0929257	0,0806531	0,030579	
0,488650506		0,0821121	0,0617845	0,0464011	0,0265755	
0,47871316		0,0533638	0,02907	0,0414901	0,0253845	
0,468283625		0,0243636	0,0276082	0,0369886	0,024506	
0,455809721		0,024371	0,0260117	0,032011	0,0236297	
0,441627251		0,0239671	0,0244118	0,0270005	0,0227526	
0,425547032		0,0235197	0,0228099	0,0219631		
0,407596549		0,0230683	0,0212062			
		0,0226166				
		0,022165				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,408615	0,4157417	0,4257551	0,4385334	0,4412799
0,4077342	0,4147162	0,4245644	0,43684	0,4395322
0,4074166	0,4136865	0,4234146	0,4359892	0,4386575
0,4057676	0,4126276	0,4167133	0,4345619	0,4366794
0,4055652	0,4066662	0,4080319	0,4263881	0,4287874
0,4041959	0,3987885	0,3977346	0,4176033	0,4198358
0,4032481	0,3892753	0,3857997	0,4065014	0,4085538
0,3979362	0,378128	0,3721585	0,3937554	0,3956415
0,3907721	0,3654198	0,3567457	0,3792838	0,3810048
0,3819469	0,3507096	0,3393776	0,3630157	0,3645692
0,3714818	0,3342074	0,3201102	0,3447585	0,3461328
0,3594622	0,3158372	0,2988758	0,3245724	0,3257596
0,3454777	0,2955335	0,2757073	0,3023876	0,3033786
0,3297269	0,2733276	0,2504392	0,2783013	0,2790888
0,3121373	0,2490591	0,2230186	0,2519564	0,2525278
0,2926458	0,2226794	0,1935022	0,223481	0,2238258
0,2712822	0,1942437	0,1617223	0,1928721	0,1929794
0,2478903	0,1635912	0,127776	0,1599545	0,1598115
0,222427	0,1308175	0,091682	0,1248271	0,124422
0,194945	0,0959446	0,053889	0,0875049	0,0868255
0,1652904	0,0594249	0,0478417	0,0479811	0,047059
0,1335573	0,0521134	0,0422588	0,0443049	0,0436313
0,0997711	0,0451063	0,0370973	0,0401983	0,0398518
0,0643891	0,038036	0,0313848	0,0360654	0,0360505
0,0262964	0,0309027	0,0298811	0,0319116	0,0322316
0,0262725	0,0297847	0,0288465	0,0277369	0,028395
0,0258604	0,0286184	0,0278153		
0,025408	0,0274499	0,026783		
0,0249514	0,0262798			
0,0244942	0,0251081			
0,0240367				

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 53 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-45 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5	
0,016249149	0,6728325	0,0068288	0,0065984	0,0064349	0,2741142	0,3955902
0,026444649	0,6988935	0,0637641	0,0617106	0,0603807	0,2853224	0,4473755
0,036646253	0,7223784	0,1212514	0,117915	0,1158147	0,3425034	0,4952277
0,046940875	0,7430018	0,1792229	0,1750249	0,1721239	0,3980267	0,5384903
0,057296382	0,7602657	0,2378779	0,2329795	0,2295893	0,4502453	0,5780299
0,067744537	0,7731769	0,2967683	0,2913706	0,2873991	0,4982616	0,6139527
0,078267947	0,7801184	0,3549157	0,3486019	0,3448468	0,5420199	0,6468205
0,088712388	0,7778865	0,4122142	0,4049566	0,3992507	0,581719	0,6767767
0,099195085	0,7594906	0,4667031	0,4583737	0,4522967	0,6176642	0,7046683
0,109624964	0,7073391	0,5172731	0,5079987	0,500621	0,6507404	0,7302607
0,120198643	0,560398	0,5624204	0,5524647	0,5446633	0,6802924	0,7536223
0,130820434	0,5066099	0,6031919	0,5925414	0,5845348	0,7080249	0,7747268
0,141347761	0,4351007	0,6389133	0,6288521	0,6205292	0,7334571	0,7934388
0,151965066	0,3369173	0,6704453	0,6606589	0,6535311	0,7566777	0,8093912
0,162900941	0,1950732	0,6996634	0,6903991	0,68301	0,7776843	0,8220212
0,17319167	0,1636374	0,7262454	0,7175797	0,7106034	0,7963713	0,8301947
0,183825554	0,1282222	0,7504932	0,7424463	0,7358918	0,8124231	0,8317177
0,194707271	0,0896286	0,7726005	0,7651455	0,7589814	0,825351	0,8220451
0,205129905	0,0474408	0,7926755	0,7857374	0,7798887	0,8341622	0,7902486
0,215255369	0,0011441	0,8107468	0,8041945	0,798532	0,8369529	0,7042283
0,225851708		0,8267152	0,8203301	0,814637	0,8298437	0,3849824
0,236448579		0,8403945	0,8338367	0,8277701	0,8037991	0,3378838
0,247302019		0,85135	0,8440606	0,8370442	0,7338579	0,2776735
0,25783666		0,8587721	0,8497734	0,8407645	0,4984352	0,1985423
0,268306809		0,8611338	0,8485801	0,835512	0,4476217	0,1183699
0,319915749		0,855427	0,8353849	0,8134908	0,3787978	0,010507
0,369986772		0,8355143	0,7982805	0,754033	0,2908913	
0,417820031		0,7845288	0,6965186	0,5645007	0,1752191	
0,46314625		0,6469796	0,29937	0,5084388	0,1338899	
0,505258412		0,1059788	0,258056	0,4429212	0,1005612	
0,544430004		0,1056888	0,2076173	0,3483341	0,0647994	
0,580508304		0,0882225	0,1502788	0,2166111	0,0262001	
0,61381511		0,0682243	0,084619	0,0219751		
0,644612314		0,0472413	0,0087352			
		0,0253806				
		0,0026051				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,4324943	0,4585903	0,4642341	0,4511503	0,4499276
0,4426276	0,4681245	0,4734754	0,4608384	0,4596663
0,45209	0,477536	0,4824594	0,4695805	0,4683659
0,4624513	0,4863637	0,5249054	0,4784256	0,4776353
0,4712276	0,5291437	0,5640086	0,5211288	0,5197584
0,4810115	0,5683827	0,5998949	0,5595328	0,5580385
0,4898651	0,6042897	0,6329889	0,5953909	0,5938627
0,5329809	0,6373307	0,6635659	0,6285234	0,6269921
0,5723569	0,6675414	0,6916161	0,6591748	0,6576544
0,608282	0,6957676	0,7176313	0,6873029	0,6857918
0,6412633	0,7216843	0,7413152	0,7133924	0,7118909
0,6713832	0,7453055	0,7625437	0,7371091	0,7356005
0,6994853	0,766539	0,7810516	0,758294	0,7567488
0,7252842	0,7851623	0,7962466	0,7766158	0,7749868
0,7488171	0,8006587	0,8072184	0,7914518	0,789661
0,7700203	0,8122359	0,8121591	0,8017012	0,7996225
0,7887094	0,8183206	0,8074118	0,8053061	0,8027211
0,8044338	0,8157739	0,7848171	0,7980015	0,7944907
0,816503	0,7977594	0,721859	0,7700331	0,7646728
0,8235389	0,74623	0,5307627	0,6932072	0,6833529
0,822826	0,5972114	0,4689233	0,4402754	0,4132699
0,8085676	0,5385027	0,3949414	0,3913885	0,3646682
0,7660246	0,4628323	0,3055307	0,325999	0,3012078
0,6468537	0,3566039	0,1715341	0,2446051	0,2234903
0,0917826	0,1981621	0,1279141	0,1409214	0,1264207
0,0905097	0,1662256	0,094936	0,0046977	0,002009
0,0751102	0,1302305	0,0595798		
0,0576599	0,0910435	0,0214074		
0,0393998	0,0482465			
0,0204222	0,0013267			
0,0006994				

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 54 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-60 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,406038462	0,3279908	0,0060385	0,3288691	0,1960385	0,3265271	0,3060385	0,3214155
0,416038462	0,3257666	0,0160385	0,3286996	0,2060385	0,3258179	0,3560385	0,3148021
0,426038462	0,3236342	0,0260385	0,3283198	0,2560385	0,3211344	0,4060385	0,3062285
0,436038462	0,3210062	0,0360385	0,3279094	0,3060385	0,3157574	0,4560385	0,2966075
0,446038462	0,3187182	0,0460385	0,3275516	0,3560385	0,3091399	0,5060385	0,2854035
0,456038462	0,316019	0,0560385	0,3271259	0,4060385	0,3013655	0,5560385	0,272315
0,506038462	0,3024603	0,1060385	0,3246375	0,4560385	0,2919738	0,6060385	0,2578134
0,556038462	0,2877359	0,1560385	0,3218518	0,5060385	0,2812368	0,6560385	0,2423464
0,606038462	0,2715641	0,2060385	0,3184411	0,5560385	0,2686252	0,7060385	0,2261347
0,656038462	0,2544918	0,2560385	0,3142237	0,6060385	0,2545527	0,7560385	0,2093304
0,706038462	0,2367154	0,3060385	0,3091032	0,6560385	0,2394748	0,8060385	0,1919972
0,756038462	0,2182429	0,3560385	0,3030049	0,7060385	0,2236437	0,8560385	0,1741631
0,806038462	0,1992424	0,4060385	0,2955588	0,7560385	0,2072225	0,9060385	0,1558438
0,856038462	0,1796882	0,4560385	0,2868082	0,8060385	0,1902823	0,9560385	0,1371094
0,906038462	0,1595885	0,5060385	0,2765826	0,8560385	0,1728541	1,0060385	0,117873
0,956038462	0,1390569	0,5560385	0,2645015	0,9060385	0,1549557	1,0560385	0,098149
1,006038462	0,117873	0,6060385	0,250915	0,9560385	0,1366564	1,1060385	0,0779886
1,056038462	0,0961591	0,6560385	0,2362749	1,0060385	0,117873	1,1560385	0,0573084
1,106038462	0,0739318	0,7060385	0,2208695	1,0560385	0,0986216	1,2060385	0,0361676
1,156038462	0,0510925	0,7560385	0,204876	1,1060385	0,0789527	1,2560385	0,0145705
1,206038462	0,0277059	0,8060385	0,1883737	1,1560385	0,0587862	1,2627849	0,0116273
1,256038462	0,003772	0,8560385	0,1713977	1,2060385	0,0381802	1,2695314	0,0086708
1,257614451	0,0030542	0,9060385	0,1539678	1,2560385	0,01714	1,2762779	0,0057061
1,259190441	0,0022915	0,9560385	0,1361526	1,2641848	0,013684	1,2830244	0,0027333
1,26076643	0,0015277	1,0060385	0,117873	1,2723311	0,0102042	1,284265	0,0022077
1,26234242	0,0007633	1,0560385	0,099147	1,2804775	0,0067131	1,2855056	0,0016604
		1,1060385	0,080024	1,2886238	0,0032108	1,2867462	0,0011125
		1,1560385	0,0604279	1,2901175	0,0025932	1,2879867	0,0005644
		1,2060385	0,0404153	1,2916112	0,0019501	1,2892273	0,00009
		1,2560385	0,0199929	1,2931049	0,0013063		
		1,2658281	0,0159679	1,2945986	0,0006621		
		1,2756178	0,0119065	1,2960922	0,00009		
		1,2854075	0,0078299				
		1,2951972	0,0037382				
		1,296986	0,0030189				
		1,2987747	0,0022699				
		1,3005635	0,00152				
		1,3023523	0,0007697				
		1,304141	0,00009				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,3960385	0,3130016	0,4160385	0,3129123	0,4360385	0,3124264	0,4360385	0,315686
0,4060385	0,3111132	0,4260385	0,3113218	0,4460385	0,3102581	0,4460385	0,3134654
0,4560385	0,300905	0,4360385	0,3088618	0,4560385	0,3080416	0,4560385	0,3111917
0,5060385	0,2891541	0,4460385	0,3067474	0,5060385	0,2954249	0,5060385	0,2982196
0,5560385	0,2756359	0,4560385	0,3045892	0,5560385	0,2813724	0,5560385	0,2838667
0,6060385	0,2607533	0,5060385	0,2925466	0,6060385	0,2658433	0,6060385	0,2680612
0,6560385	0,2449381	0,5560385	0,2786407	0,6560385	0,2494311	0,6560385	0,2513913
0,7060385	0,2283841	0,6060385	0,2634175	0,7060385	0,2323241	0,7060385	0,2340292
0,7560385	0,2112344	0,6560385	0,2472888	0,7560385	0,2145391	0,7560385	0,2159823
0,8060385	0,1935468	0,7060385	0,2304614	0,8060385	0,196237	0,8060385	0,1974123
0,8560385	0,1753461	0,7560385	0,2129629	0,8560385	0,1774006	0,8560385	0,1782983
0,9060385	0,1566465	0,8060385	0,1949538	0,9060385	0,1580408	0,9060385	0,1586503
0,9560385	0,1375189	0,8560385	0,1764205	0,9560385	0,1382304	0,9560385	0,138578
1,0060385	0,117873	0,9060385	0,1573756	1,0060385	0,117873	1,0060385	0,117873
1,0560385	0,0977214	0,9560385	0,1378909	1,0560385	0,0969779	1,0560385	0,0966527
1,1060385	0,0771162	1,0060385	0,117873	1,1060385	0,0755989	1,1060385	0,0749349
1,1560385	0,0559708	1,0560385	0,0973327	1,1560385	0,0536437	1,1560385	0,0526251
1,2060385	0,0343456	1,1060385	0,0763231	1,2060385	0,0311745	1,2060385	0,0297862
1,2560385	0,0122438	1,1560385	0,0547545	1,2560385	0,0081934	1,2560385	0,0064196
1,2615782	0,0097652	1,2060385	0,0326884	1,2596037	0,0066678	1,2587858	0,005218
1,2671179	0,0074967	1,2560385	0,0101272	1,2631689	0,0050102	1,2615331	0,0039196
1,2726577	0,0050123	1,2605272	0,0082484	1,2667342	0,0033481	1,2642805	0,0026182
1,2781974	0,002519	1,265016	0,006199	1,2702994	0,0016834	1,2670278	0,0013152
1,2837372	0,00009	1,2695048	0,0039621	1,2738647	0,00009	1,2697751	0,00009
		1,2739935	0,0020809				
		1,2784823	0,00009				

b) Resultados das geometrias G1-A4 à G1-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,4360385	0,3186776	0,4360385	0,3221091	0,4360385	0,3240498
0,4460385	0,3164054	0,4460385	0,3197806	0,4460385	0,3216794
0,4560385	0,3140758	0,4560385	0,3173933	0,4560385	0,318978
0,5060385	0,3007777	0,5060385	0,3037716	0,5060385	0,3052929
0,5560385	0,2861531	0,5560385	0,2888588	0,5560385	0,2901982
0,6060385	0,270097	0,6060385	0,2725188	0,6060385	0,2737046
0,6560385	0,2531917	0,6560385	0,2553355	0,6560385	0,256385
0,7060385	0,235596	0,7060385	0,2374593	0,7060385	0,2383763
0,7560385	0,2173086	0,7560385	0,2188824	0,7560385	0,2196629
0,8060385	0,1984926	0,8060385	0,199771	0,8060385	0,2004107
0,8560385	0,1791236	0,8560385	0,1800974	0,8560385	0,1805894
0,9060385	0,1592107	0,9060385	0,1598697	0,9060385	0,160206
0,9560385	0,1388654	0,9560385	0,1392022	0,9560385	0,1393761
1,0060385	0,117873	1,0060385	0,117873	1,0060385	0,117873
1,0560385	0,0963535	1,0560385	0,0960052	1,0560385	0,0958217
1,1060385	0,074324	1,1060385	0,0736153	1,1060385	0,0732379
1,1560385	0,0516877	1,1560385	0,0506039	1,1560385	0,0500208
1,2060385	0,0285084	1,2060385	0,027036	1,2060385	0,0262357
1,2560385	0,0047594	1,2560385	0,0029116	1,2560385	0,0018821
1,2580425	0,0038891	1,2572454	0,0023507	1,2568113	0,0015092
1,2600466	0,0029281	1,2584523	0,001762	1,2575841	0,0011285
1,2620506	0,001965	1,2596592	0,0011726	1,258357	0,0007477
1,2640547	0,001001	1,2608661	0,0005829	1,2591298	0,0003666
1,2660587	0,0009				

c) Resultados das geometrias G1-A8 à G1-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 55 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B3-60 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,521541908	0,5066889	0,493372	0,4890888	0,4840752	0,4899352
0,519029288	0,5043154	0,4921415	0,4802508	0,48204	0,4879129
0,516540675	0,5027434	0,4835573	0,4709911	0,4716143	0,4855517
0,513874472	0,5011647	0,4760612	0,4613278	0,4606574	0,483317
0,511343479	0,4993484	0,46754	0,4511146	0,4475689	0,4812245
0,508817915	0,497792	0,4592207	0,4387871	0,4327229	0,4695343
0,494300101	0,491175	0,4502769	0,4246763	0,4161059	0,4557465
0,479717163	0,4834483	0,4408074	0,4087774	0,3977854	0,4402292
0,462390105	0,4756357	0,4293093	0,3911723	0,3773287	0,4229544
0,443236452	0,4687207	0,4160073	0,3714556	0,3549573	0,4038601
0,422214073	0,4610569	0,4008967	0,3498393	0,3305889	0,3828477
0,399226793	0,4538156	0,3840772	0,326244	0,3041517	0,3597872
0,374128645	0,4463162	0,3651735	0,3005999	0,2756999	0,3347144
0,346969881	0,438271	0,344388	0,2729591	0,2450181	0,3075558
0,317673324	0,4296158	0,3216449	0,2431108	0,2120551	0,2783678
0,286386174	0,4190239	0,2968767	0,2110084	0,1768794	0,2469305
0,252624182	0,4066156	0,270133	0,1767182	0,1392891	0,2131887
0,216570133	0,3923748	0,2412088	0,1400441	0,0993901	0,177213
0,178216884	0,3764217	0,2100619	0,1010902	0,0571886	0,138796
0,13734036	0,358415	0,1767562	0,0598653	0,0523708	0,0980456
0,094054008	0,338548	0,1411026	0,0541417	0,0479624	0,0549657
0,048353744	0,3167489	0,103203	0,0483669	0,0430999	0,05133
0,046965236	0,2929527	0,0630696	0,0425515	0,0382035	0,0473386
0,045485528	0,2672067	0,0563471	0,0366957	0,0332792	0,0429582
0,044002241	0,239312	0,0495408	0,035659		0,0392852
0,04251655	0,2092316	0,0426767	0,03458		0,0352378
	0,1770268	0,0357549	0,03349		
	0,1425159	0,0345319	0,03241		
	0,1057992	0,0332559	0,03132		
	0,0668923	0,031977			
	0,0590641	0,030697			
	0,05111	0,029414			
	0,04308				
	0,03496				
	0,03353				
	0,03204				
	0,03054				
	0,02904				
	0,02754				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,4946672	0,503208	0,5112388	0,5215154	0,5259978
0,4923093	0,5007355	0,5086602	0,5187988	0,5232627
0,4901137	0,4984476	0,5062881	0,5163107	0,5197746
0,4769291	0,4846354	0,491889	0,5011834	0,5052332
0,463396	0,4705817	0,4773576	0,4860478	0,4898562
0,4472635	0,4538831	0,4601362	0,4681815	0,4717007
0,4293855	0,4354492	0,4411885	0,4485999	0,4518337
0,4096854	0,4151911	0,4204147	0,4271935	0,4301382
0,3880579	0,3929976	0,3976989	0,4038409	0,4064903
0,3643663	0,3687259	0,3728923	0,3783899	0,3807307
0,3386494	0,3424178	0,3460399	0,3508876	0,3529104
0,3108321	0,3139971	0,3170643	0,3212554	0,32295
0,2809728	0,2836022	0,2861086	0,289642	0,2910013
0,2488482	0,2507708	0,2526984	0,2555595	0,2565679
0,2143985	0,2156753	0,2170117	0,2191924	0,219838
0,1776967	0,178312	0,1790435	0,1805349	0,1808045
0,1385305	0,1384642	0,1385732	0,1393622	0,1392399
0,0970097	0,0962434	0,095714	0,0957899	0,0952607
0,0531362	0,0516499	0,0504099	0,049816	0,0488635
0,0501856	0,0493272	0,0487305	0,048733	0,0481432
0,046962	0,0468059	0,0468673	0,047594	0,0474073
0,0437229	0,0442748	0,0449977	0,046453	0,0466706
0,0404718	0,0417365	0,0431244	0,045310	0,0459334
0,0372089	0,0391912	0,0412472		

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 56 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-60 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,406405702	0,00623775	0,20649339	0,32009233	0,40755976	0,42289994
0,41559312	0,01663718	0,21709677	0,37143818	0,41708319	0,43264946
0,424833517	0,02706363	0,27062272	0,42016534	0,46308854	0,44144196
0,433512251	0,03752837	0,32306281	0,466653	0,50553939	0,4505482
0,442472815	0,04806367	0,37467384	0,50953735	0,5450055	0,45939721
0,450788075	0,05861023	0,42409133	0,5492153	0,58121945	0,50180076
0,492812062	0,11154395	0,47063678	0,58555513	0,61461324	0,54106102
0,530803469	0,1653323	0,5138389	0,61901208	0,64515703	0,57714647
0,566479349	0,21954475	0,55373424	0,64960231	0,67361051	0,61046437
0,599498111	0,27318079	0,59019713	0,67809314	0,69949673	0,64123288
0,630002421	0,3265465	0,62370133	0,70404806	0,72263886	0,66933269
0,65778582	0,37834436	0,65431452	0,72732265	0,74267218	0,69512326
0,683182448	0,42794558	0,68281302	0,74759664	0,75896419	0,71810513
0,705571784	0,47497465	0,70880423	0,76430225	0,7702843	0,73787049
0,724415417	0,51849949	0,73217769	0,77632745	0,77453463	0,75372379
0,738815511	0,55861718	0,75265893	0,78178226	0,76746526	0,76431841
0,747092189	0,59519998	0,76974648	0,77685526	0,73932803	0,767352
0,746262787	0,62873254	0,78244902	0,75291475	0,6632985	0,75814229
0,730251898	0,65934036	0,78908683	0,68673881	0,42798647	0,7258311
0,684464985	0,68781067	0,78628976	0,48654262	0,37439299	0,63995071
0,565426008	0,71379893	0,76653694	0,4316141	0,31521674	0,36831527
0,155940882	0,73723038	0,71011268	0,36222062	0,23555334	0,32238373
0,130161497	0,75787783	0,54326912	0,27238918	0,13413299	0,26364678
0,10096174	0,77530749	0,48862198	0,15209851	0,00121747	0,1863501
0,069665156	0,78865052	0,4170963	0,12654547		0,10740192
0,036070873	0,79643831	0,32057292	0,09824523		0,00112042
	0,79574085	0,1841749	0,0680236		
	0,78012873	0,15419439	0,03569858		
	0,73323778	0,12054224	0,00104757		
	0,59747881	0,08407131			
	0,5446511	0,04443995			
	0,47294908	0,00122776			
	0,37186636				
	0,22041981				
	0,18585519				
	0,14645694				
	0,10302104				
	0,05493209				
	0,00141656				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,43830822	0,43536429	0,43258613	0,42862822	0,42753609
0,4473809	0,44439961	0,44157914	0,43756807	0,43641127
0,45617776	0,4531376	0,45025486	0,44617815	0,44541756
0,49888109	0,49559249	0,49247265	0,48815099	0,48666325
0,53734617	0,53383161	0,53049296	0,5259343	0,5242652
0,57330068	0,5696529	0,56617892	0,56143898	0,55967493
0,60653042	0,6027846	0,59920408	0,59429425	0,59246601
0,63722425	0,63338919	0,62970701	0,62461601	0,62273533
0,66523326	0,66129043	0,65748615	0,65217563	0,65023547
0,69090559	0,68682555	0,68286802	0,67728069	0,67527219
0,7137041	0,70942144	0,70524521	0,69928279	0,69717388
0,7331792	0,72858799	0,72408834	0,71760028	0,71533624
0,74857395	0,74349849	0,73851371	0,73127415	0,72876714
0,75842859	0,75261372	0,74687269	0,73851122	0,73560859
0,76024064	0,7532054	0,74625001	0,73615493	0,73259031
0,74890428	0,73976542	0,73073695	0,71778933	0,71304536
0,71246802	0,69927432	0,68627838	0,66808404	0,66096589
0,61683124	0,59405432	0,57171453	0,54175623	0,52863995
0,30824383	0,2484631	0,18873891	0,11683853	0,07700035
0,26635463	0,2119301	0,1597944	0,09651972	0,06270475
0,21448194	0,16813487	0,12529089	0,07414978	0,04764655
0,15438287	0,11898978	0,08771311	0,05060662	0,0320838
0,0840948	0,06354557	0,04669788	0,02581378	0,01599568
0,00087981	0,00054839	0,00176595		

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 57 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-60 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,406038462	0,327990828	0,246038462	0,266949835	0,396038462	0,266870983	0,396038462	0,272595871
0,416038462	0,325766634	0,256038462	0,266896882	0,406038462	0,265857014	0,406038462	0,271503105
0,426038462	0,323634163	0,306038462	0,266249285	0,456038462	0,259534353	0,456038462	0,264679964
0,436038462	0,32100625	0,356038462	0,264080902	0,506038462	0,251329931	0,506038462	0,255891615
0,446038462	0,318718208	0,406038462	0,260239606	0,556038462	0,241301281	0,556038462	0,245337407
0,456038462	0,316019011	0,456038462	0,254380494	0,606038462	0,229980341	0,606038462	0,233559983
0,506038462	0,302460294	0,506038462	0,246654894	0,656038462	0,217781056	0,656038462	0,220938358
0,556038462	0,287735896	0,556038462	0,237183713	0,706038462	0,204912921	0,706038462	0,207653715
0,606038462	0,271564062	0,606038462	0,226343081	0,756038462	0,191490816	0,756038462	0,193809983
0,656038462	0,254491837	0,656038462	0,214578408	0,806038462	0,177595264	0,806038462	0,179481759
0,706038462	0,236715356	0,706038462	0,202134459	0,856038462	0,163260672	0,856038462	0,164700214
0,756038462	0,218242921	0,756038462	0,189140426	0,906038462	0,148508797	0,906038462	0,14948517
0,806038462	0,1992424	0,806038462	0,175683658	0,956038462	0,13339882	0,956038462	0,133896627
0,856038462	0,179688206	0,856038462	0,161802138	1,006038462	0,117873028	1,006038462	0,117873027
0,906038462	0,159588527	0,906038462	0,147519651	1,056038462	0,101949986	1,056038462	0,10143204
0,956038462	0,139056904	0,956038462	0,132894608	1,106038462	0,085672585	1,106038462	0,084617078
1,006038462	0,117873017	1,006038462	0,117873029	1,156038462	0,068981694	1,156038462	0,067365683
1,056038462	0,09615912	1,056038462	0,102474386	1,206038462	0,051927522	1,206038462	0,049729224
1,106038462	0,073931783	1,106038462	0,08674086	1,256038462	0,034520409	1,256038462	0,031716987
1,156038462	0,051092482	1,156038462	0,070616641	1,306038462	0,016948309	1,306038462	0,013321689
1,206038462	0,02770587	1,206038462	0,05415081	1,315683472	0,013330478	1,31328036	0,010894611
1,256038462	0,00377196	1,256038462	0,037354752	1,325328483	0,009857624	1,320522259	0,008201656
1,257614451	0,003054157	1,306038462	0,020415713	1,334973494	0,006373415	1,327764158	0,005498338
1,259190441	0,002291493	1,356038462	0,002824754	1,344618505	0,002877829	1,335006057	0,002787869
1,26076643	0,001527691	1,35764426	0,002316309	1,346206604	0,00232575	1,342247956	0,0009
1,26234242	0,000763339	1,359250059	0,001753261	1,347794703	0,001749284		
		1,360855858	0,001189439	1,349382802	0,001172288		
		1,362461657	0,000625344	1,350970901	0,00059499		
		1,364067456	0,00009	1,352559	0,00001		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,416038462	0,277932466	0,416038462	0,282265777	0,426038462	0,285313325	0,426038462	0,289362447
0,426038462	0,27652127	0,426038462	0,280845966	0,436038462	0,28335991	0,436038462	0,287648034
0,436038462	0,2750217	0,436038462	0,279068417	0,446038462	0,281665414	0,446038462	0,285654397
0,446038462	0,273439611	0,446038462	0,277462002	0,456038462	0,279665662	0,456038462	0,283618821
0,456038462	0,271789173	0,456038462	0,275607175	0,506038462	0,269171879	0,506038462	0,272707723
0,506038462	0,262273593	0,506038462	0,265496567	0,556038462	0,257308628	0,556038462	0,260480967
0,556038462	0,251045603	0,556038462	0,254023529	0,606038462	0,244218067	0,606038462	0,247048857
0,606038462	0,238647145	0,606038462	0,241291946	0,656038462	0,230347986	0,656038462	0,232850925
0,656038462	0,225427664	0,656038462	0,227763262	0,706038462	0,215838026	0,706038462	0,218013644
0,706038462	0,211545073	0,706038462	0,213574444	0,756038462	0,200713166	0,756038462	0,202553087
0,756038462	0,197096123	0,756038462	0,198814803	0,806038462	0,185091355	0,806038462	0,186587854
0,806038462	0,182148781	0,806038462	0,183547964	0,856038462	0,16897613	0,856038462	0,170117838
0,856038462	0,166730592	0,856038462	0,167799119	0,906038462	0,152382106	0,906038462	0,153156246
0,906038462	0,150858999	0,906038462	0,151584271	0,956038462	0,135399083	0,956038462	0,135795166
0,956038462	0,134595423	0,956038462	0,134965465	1,006038462	0,117873025	1,006038462	0,117873025
1,006038462	0,117873027	1,006038462	0,117873026	1,056038462	0,099898259	1,056038462	0,099487057
1,056038462	0,100707018	1,056038462	0,100321145	1,106038462	0,081494268	1,106038462	0,080656201
1,106038462	0,083142788	1,106038462	0,082355751	1,156038462	0,0625879	1,156038462	0,061304334
1,156038462	0,065112649	1,156038462	0,063906575	1,206038462	0,043234076	1,206038462	0,04148737
1,206038462	0,046669654	1,206038462	0,045027548	1,256038462	0,023438951	1,256038462	0,021210619
1,256038462	0,027821587	1,256038462	0,025725671	1,306038462	0,003210265	1,306038462	0,000480713
1,306038462	0,008578386	1,306038462	0,006009819	1,307625448	0,002606208	1,306270355	0,000462467
1,31049634	0,006995215	1,309086678	0,004895231	1,309212435	0,001957579	1,306502249	0,000373646
1,314954219	0,005260578	1,312134894	0,003680472	1,310799422	0,00130807	1,306734143	0,000277315
1,319412098	0,003521223	1,315183111	0,002463145	1,312386408	0,00065813	1,306966036	0,000180233
1,323869977	0,001778846	1,318231327	0,00124432	1,313973395	0,00007	1,30719793	0,00009
1,328327856	0,0003						

b) Resultados das geometrias G2-A4 à G2-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,426038462	0,292356583	0,426038462	0,298111865	0,406038462	0,310140485
0,436038462	0,29053526	0,436038462	0,296173074	0,456038462	0,299522466
0,446038462	0,288602878	0,446038462	0,294126387	0,506038462	0,286933149
0,456038462	0,286482017	0,456038462	0,291878945	0,556038462	0,273331201
0,506038462	0,275250172	0,506038462	0,280131366	0,606038462	0,258538216
0,556038462	0,262756355	0,556038462	0,267166631	0,656038462	0,242999304
0,606038462	0,249079336	0,606038462	0,25302262	0,706038462	0,226813472
0,656038462	0,234648431	0,656038462	0,238131657	0,756038462	0,209971388
0,706038462	0,219578604	0,706038462	0,222599384	0,806038462	0,192601403
0,756038462	0,203878905	0,756038462	0,20642599	0,856038462	0,174689883
0,806038462	0,187668063	0,806038462	0,189733346	0,906038462	0,15624571
0,856038462	0,170943344	0,856038462	0,172514008	0,956038462	0,13737022
0,906038462	0,153716916	0,906038462	0,15477858	1,006038462	0,117873022
0,956038462	0,136082515	0,956038462	0,136623991	1,056038462	0,097863489
1,006038462	0,117873024	1,006038462	0,117873023	1,106038462	0,07735806
1,056038462	0,099188035	1,056038462	0,0986296	1,156038462	0,056269621
1,106038462	0,080045815	1,106038462	0,078910967	1,206038462	0,034658002
1,156038462	0,060368192	1,156038462	0,058635162	1,256038462	0,012525521
1,206038462	0,040211805	1,206038462	0,03786017	1,2616978	0,010208032
1,256038462	0,019581366	1,256038462	0,016589637	1,267357139	0,007668973
1,265529954	0,015631376	1,263837813	0,013238522	1,273016478	0,004894294
1,275021446	0,011645194	1,271637165	0,009864624	1,278675816	0,002561843
1,284512939	0,007642258	1,279436517	0,006478835	1,284335155	0,0003
1,294004431	0,003622652	1,287235868	0,003081194		
1,295715264	0,002928077	1,288650456	0,002490549		
1,297426097	0,002202016	1,290065044	0,00187327		
1,29913693	0,001475081	1,291479632	0,001255313		
1,300847762	0,000747602	1,29289422	0,000636962		
1,302558595	0,00009	1,294308808	0,00003		

c) Resultados das geometrias G2-A8 à G2- A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

10*KQ

Tabela 58 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B3-60 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,521541908	0,380816017	0,382707313	0,394605235	0,40808061	0,416704571
0,519029288	0,380069607	0,381954351	0,393192686	0,406943612	0,415528787
0,516540675	0,376357403	0,378051956	0,388612303	0,405815215	0,413917699
0,513874472	0,373764457	0,373389603	0,383227074	0,404680164	0,413113118
0,511343479	0,370829462	0,366971271	0,376013731	0,403580627	0,411786372
0,508817915	0,367527221	0,358920867	0,367188493	0,397190787	0,40419135
0,494300101	0,363591745	0,349259184	0,35675326	0,388889029	0,395909804
0,479717163	0,357973752	0,338055513	0,344762993	0,378976807	0,385404431
0,462390105	0,350705688	0,324951905	0,330830531	0,367437193	0,373273413
0,443236452	0,341818178	0,310115453	0,315132695	0,354317968	0,359555028
0,422214073	0,33140063	0,293475976	0,2975956	0,339200241	0,343807848
0,399226793	0,319126254	0,274972539	0,278155642	0,322275388	0,326231749
0,374128645	0,305153978	0,254634931	0,256844309	0,303465664	0,30674635
0,346969881	0,289417774	0,232305088	0,233497326	0,282704461	0,28528314
0,317673324	0,271859619	0,207951713	0,208079841	0,260026388	0,261878128
0,286386174	0,252507833	0,181625476	0,180643763	0,235258712	0,236354232
0,252624182	0,231210642	0,153182175	0,151037687	0,208360148	0,208666857
0,216570133	0,207940342	0,122714012	0,119355167	0,179386156	0,17887287
0,178216884	0,182746231	0,090251359	0,085622807	0,148174453	0,146804607
0,13734036	0,155491475	0,056220126	0,049856397	0,114820594	0,112558842
0,094054008	0,126267113	0,049043565	0,045069517	0,07934576	0,076154158
0,048353744	0,095107475	0,042127033	0,039705484	0,041797405	0,037633969
0,046965236	0,062441759	0,035145109	0,03429571	0,038663669	0,035425349
0,045485528	0,02727768	0,028098594	0,028847174	0,035207684	0,033006225
0,044002241	0,02624885	0,026983278	0,023360436	0,031732483	0,030577337
0,04251655	0,02510497	0,025816205		0,028241628	0,028140904
	0,023958441	0,024646956		0,024735245	
	0,022810318	0,023476005			
	0,021660619	0,022303363			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,425033384	0,434271742	0,441203121	0,45419254	0,476940981
0,423223576	0,432834691	0,439634038	0,452458469	0,466894786
0,422328475	0,431299056	0,438068427	0,450731065	0,45520719
0,420408674	0,429326533	0,435959843	0,448394518	0,443361744
0,412612501	0,420916486	0,427088988	0,438694852	0,428942717
0,403727116	0,411450509	0,417195908	0,428002307	0,41285004
0,392567112	0,399652282	0,404927741	0,414847623	0,394963021
0,379776956	0,386218361	0,391022924	0,400040896	0,375177137
0,365264579	0,371047248	0,375371443	0,383466171	0,353304458
0,348943484	0,354048013	0,357878735	0,365024643	0,329401263
0,330644814	0,335044842	0,338362904	0,344529611	0,303390535
0,310412064	0,31408475	0,316873856	0,322034567	0,275393852
0,288174998	0,291095803	0,29333834	0,297464463	0,244984992
0,26402946	0,266178996	0,267861069	0,270931137	0,212319888
0,237618772	0,238963307	0,24006049	0,242033789	0,17739281
0,209069682	0,209581234	0,210073541	0,210917656	0,140002034
0,178382422	0,178031815	0,177898166	0,177578738	0,100253277
0,145383364	0,144135546	0,143350799	0,141825781	0,058150052
0,1101707	0,107992154	0,106532403	0,103761742	0,05368313
0,072760225	0,069614774	0,067454396	0,063394541	0,048750632
0,033191086	0,029038468	0,059822923	0,056914451	0,04332528
0,031992609	0,029006205	0,052071751	0,050356919	0,038777634
0,030701641	0,028830014	0,044240981	0,043744317	0,033754764
0,029407637	0,028638475	0,036331079	0,037076864	
0,028111526	0,028445377	0,034961493	0,035916173	
0,02681332	0,028252084	0,033526367	0,034700462	
		0,032088006	0,033482365	
		0,030647086	0,032262465	
		0,029203615	0,03104077	

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 59 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-60 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,406405702	0,274496989	0,43953361	0,435425568	0,450969254	0,448521819
0,41559312	0,286157873	0,449804677	0,446227853	0,460747775	0,458285391
0,424833517	0,344575288	0,498270258	0,494340422	0,470309301	0,467887694
0,433512251	0,400364943	0,542107792	0,537778618	0,479669331	0,476789817
0,442472815	0,453509582	0,581905585	0,57741097	0,488791276	0,485780585
0,450788075	0,50236098	0,618033937	0,613521365	0,531813133	0,529024217
0,492812062	0,54636061	0,651061025	0,646625169	0,571283777	0,5678095
0,530803469	0,586352315	0,681129692	0,676811228	0,607384814	0,603874154
0,566479349	0,622507706	0,70907616	0,704911478	0,640580229	0,637097717
0,599498111	0,655451101	0,73465573	0,730638834	0,670900678	0,667471012
0,630002421	0,685386454	0,75791837	0,754016877	0,699175094	0,695820074
0,65778582	0,713158149	0,778806598	0,774955922	0,725061801	0,721770692
0,683182448	0,738564154	0,797130639	0,793222795	0,748547117	0,745287232
0,705571784	0,761679852	0,812438385	0,808290069	0,769494156	0,766204678
0,724415417	0,782477644	0,823994925	0,819303898	0,787604821	0,78418571
0,738815511	0,800807257	0,830339061	0,824565984	0,80223838	0,798519942
0,747092189	0,816284102	0,828548691	0,820627016	0,812353296	0,808051189
0,746262787	0,828278593	0,812240683	0,799745391	0,815879502	0,810475362
0,730251898	0,835536937	0,76461929	0,740500808	0,808508235	0,800936846
0,684464985	0,835589334	0,626629249	0,55541103	0,780182278	0,767856337
0,565426008	0,823182252	0,569161119	0,505250088	0,700940635	0,675299096
0,155940882	0,785152961	0,493577162	0,434127109	0,426611301	0,331938355
0,130161497	0,679619006	0,385300963	0,338791687	0,377358329	0,287903952
0,10096174	0,223493743	0,219179302	0,205339485	0,312699228	0,232866129
0,069665156	0,190674379	0,184671632	0,006433902	0,233018346	0,168615194
0,036070873	0,151079763	0,145348887		0,132713159	0,092769651
	0,107526562	0,102147191		0,002861183	
	0,059447262	0,05449435			
	0,00611203	0,001678583			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,455164048	0,451803445	0,449307058	0,445049385	0,420224265
0,464636671	0,461194669	0,458619448	0,45426762	0,465620382
0,473451611	0,470169926	0,467682528	0,463243078	0,507662717
0,482824259	0,479478261	0,476949593	0,472458946	0,545576879
0,525401082	0,521801304	0,519054408	0,514283818	0,581360831
0,564015962	0,560251924	0,557363023	0,552409411	0,614556945
0,600045516	0,596239673	0,593308387	0,588289452	0,645298865
0,633293809	0,629498189	0,626563178	0,621530113	0,673422739
0,664001245	0,6602417	0,657320658	0,652297017	0,699336548
0,692125404	0,688399787	0,685488891	0,680465658	0,722530034
0,718125447	0,714424484	0,711514124	0,706468835	0,742630597
0,741652009	0,737932119	0,73498622	0,729852809	0,75898615
0,762508057	0,758692053	0,755648104	0,750313109	0,770388255
0,780295015	0,776257885	0,77301554	0,76729708	0,774693451
0,79427044	0,789801446	0,786191698	0,779781879	0,767644101
0,803094639	0,797836791	0,79357467	0,785948707	0,73948958
0,804202401	0,797499656	0,792058979	0,782234129	0,663569222
0,792078234	0,782550713	0,774819369	0,760668374	0,430594768
0,753253861	0,73740316	0,724524595	0,700368475	0,381838459
0,64397232	0,60908092	0,580304303	0,523128143	0,317304414
0,201046064	0,03441032	0,526286398	0,467873472	0,228877366
0,169536368	0,03314688	0,453818463	0,396464888	0,134447222
0,132858106	0,026949198	0,353147035	0,301588083	0,000148098
0,092795532	0,020138639	0,205354487	0,170252813	
0,048899996	0,013179739	0,172711884	0,142219862	
0,000605584	0,006117139	0,135624072	0,110840114	
		0,095049142	0,077062582	
		0,050504225	0,040625562	
		0,001390085	0,001209282	

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 60 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-80 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,466038462	0,3596839	0,38603846	0,32207029	0,40603846	0,32590714	0,45603846	0,32332
0,476038462	0,35692573	0,39603846	0,32084078	0,45603846	0,3180468	0,50603846	0,31353929
0,486038462	0,35415325	0,40603846	0,31979281	0,50603846	0,30874117	0,55603846	0,3018215
0,496038462	0,35128464	0,45603846	0,31205875	0,55603846	0,29755062	0,60603846	0,28868425
0,506038462	0,34819261	0,50603846	0,30319487	0,60603846	0,28491687	0,65603846	0,2745457
0,556038462	0,33283356	0,55603846	0,29273337	0,65603846	0,27123353	0,70603846	0,25955586
0,606038462	0,31651043	0,60603846	0,2806726	0,70603846	0,25669637	0,75603846	0,24429876
0,656038462	0,29914359	0,65603846	0,26750771	0,75603846	0,24186945	0,80603846	0,22841844
0,706038462	0,28111131	0,70603846	0,25360863	0,80603846	0,22644259	0,85603846	0,21210238
0,756038462	0,26247397	0,75603846	0,23913994	0,85603846	0,2105947	0,90603846	0,19536963
0,806038462	0,24316872	0,80603846	0,22422346	0,90603846	0,19434707	0,95603846	0,17831273
0,856038462	0,22336805	0,85603846	0,20890198	0,95603846	0,17775714	1,00603846	0,16078065
0,906038462	0,20301559	0,90603846	0,19319944	1,00603846	0,16078065	1,05603846	0,14286819
0,956038462	0,18223272	0,95603846	0,17717291	1,05603846	0,14341108	1,10603846	0,12458817
1,006038462	0,1607806	1,00603846	0,16078065	1,10603846	0,1256954	1,15603846	0,10586822
1,056038462	0,13879464	1,05603846	0,14401968	1,15603846	0,10756479	1,20603846	0,08676283
1,106038462	0,11626868	1,10603846	0,12693609	1,20603846	0,08907245	1,25603846	0,06727716
1,156038462	0,09310421	1,15603846	0,10946504	1,25603846	0,07022469	1,30603846	0,04741768
1,206038462	0,0693665	1,20603846	0,0916583	1,30603846	0,0510295	1,35603846	0,02743201
1,256038462	0,0450524	1,25603846	0,07352347	1,35603846	0,03173362	1,40603846	0,00661755
1,306038462	0,02015805	1,30603846	0,05507034	1,40603846	0,01184586	1,40921776	0,00540321
1,314135902	0,0160855	1,35603846	0,03654384	1,41199482	0,00947329	1,41239707	0,00408399
1,322233343	0,0119839	1,40603846	0,01746811	1,41795118	0,00708542	1,41557637	0,00276212
1,330330784	0,00786696	1,4151957	0,01407508	1,42390753	0,00469317	1,41875567	0,0014389
1,338428225	0,00373467	1,42435295	0,01055419	1,42986389	0,00229687	1,42193497	0,00011436
1,339891884	0,00301223	1,43351019	0,0066804	1,43100574	0,00164815		
1,341355544	0,00226398	1,44266743	0,00348043	1,43214758	0,00118593		
1,342819204	0,00151486	1,44465939	0,00244609	1,43328942	0,00072575		
1,344282863	0,00076522	1,44665136	0,00167185	1,43443127	0,00026545		
1,345746523	0,00009	1,44864332	0,00090031				
		1,45063529	0,00012847				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,456038462	0,328470421	0,466038462	0,330281973	0,456038462	0,336169615	0,456038462	0,339710596
0,506038462	0,317825247	0,476038462	0,328226703	0,506038462	0,325154932	0,506038462	0,328110627
0,556038462	0,305633207	0,486038462	0,326088475	0,556038462	0,312145035	0,556038462	0,314947835
0,606038462	0,292051456	0,496038462	0,323861992	0,606038462	0,297817113	0,606038462	0,300304506
0,656038462	0,277510035	0,506038462	0,321676471	0,656038462	0,282593786	0,656038462	0,284790182
0,706038462	0,262288128	0,556038462	0,309055542	0,706038462	0,266705449	0,706038462	0,268615513
0,756038462	0,24647524	0,606038462	0,295079398	0,756038462	0,250213484	0,756038462	0,251830698
0,806038462	0,230189283	0,656038462	0,280178569	0,806038462	0,233232259	0,806038462	0,234549268
0,856038462	0,21345405	0,706038462	0,264606202	0,856038462	0,215777667	0,856038462	0,216783713
0,906038462	0,196286573	0,756038462	0,248436642	0,906038462	0,19786342	0,906038462	0,198546358
0,956038462	0,178782239	0,806038462	0,231785659	0,956038462	0,17959013	0,956038462	0,179940225
1,006038462	0,160780643	0,856038462	0,214672893	1,006038462	0,160780637	1,006038462	0,160780633
1,056038462	0,142380831	0,906038462	0,197113614	1,056038462	0,141541599	1,056038462	0,141177687
1,106038462	0,123593801	0,956038462	0,179205892	1,106038462	0,121880676	1,106038462	0,121137495
1,156038462	0,104344002	1,006038462	0,16078064	1,156038462	0,101716816	1,156038462	0,100576628
1,206038462	0,084687123	1,056038462	0,141940838	1,206038462	0,08110782	1,206038462	0,079553825
1,256038462	0,064627288	1,106038462	0,122695775	1,256038462	0,060056071	1,256038462	0,058070726
1,306038462	0,044169625	1,156038462	0,102967013	1,306038462	0,038564465	1,306038462	0,03612929
1,356038462	0,023561998	1,206038462	0,08281134	1,356038462	0,016879913	1,356038462	0,013975463
1,406038462	0,002092805	1,256038462	0,062231963	1,363822765	0,013196226	1,362346836	0,011127051
1,407013256	0,001692726	1,306038462	0,041232827	1,371607068	0,010030914	1,36865521	0,008264203
1,40798805	0,001275425	1,356038462	0,020061515	1,379391371	0,006564283	1,374963584	0,005393867
1,408962845	0,00085778	1,365514263	0,015735739	1,387175674	0,003082972	1,381271958	0,002516376
1,409937639	0,000439994	1,374990064	0,011616493	1,388554396	0,002185644	1,382375297	0,001780218
1,410912433	0,00009	1,384465865	0,007483241	1,389933117	0,00156408	1,383478636	0,001273048
		1,393941666	0,003335659	1,391311838	0,000945618	1,384581975	0,000768502
		1,395465834	0,002688263	1,39269056	0,000326875	1,385685314	0,000263772
		1,396990001	0,00202001				
		1,398514169	0,001351127				
		1,400038336	0,000681873				
		1,401562504	0,00009				

b) Resultados das geometrias G1-A4 à G1-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,45603846	0,3429364	0,4560385	0,3458952	0,4560385	0,3486528
0,50603846	0,3309691	0,5060385	0,3335815	0,5060385	0,3359779
0,55603846	0,317502	0,5560385	0,3198389	0,5560385	0,3219852
0,60603846	0,3025744	0,6060385	0,3046541	0,6060385	0,3065664
0,65603846	0,2867962	0,6560385	0,2886355	0,6560385	0,2903279
0,70603846	0,2703609	0,7060385	0,2719619	0,7060385	0,2734354
0,75603846	0,2533089	0,7560385	0,2546652	0,7560385	0,2559648
0,80603846	0,2357534	0,8060385	0,2368585	0,8060385	0,2378762
0,85603846	0,2177037	0,8560385	0,2185482	0,8560385	0,2193262
0,90603846	0,199171	0,9060385	0,1997445	0,9060385	0,2002729
0,95603846	0,1802605	0,9560385	0,1805547	0,9560385	0,1808258
1,00603846	0,1607806	1,0060385	0,1607806	1,0060385	0,1607806
1,05603846	0,1408446	1,0560385	0,1405386	1,0560385	0,1402565
1,10603846	0,1204571	1,1060385	0,1198319	1,1060385	0,1192554
1,15603846	0,0995325	1,1560385	0,0985729	1,1560385	0,0976878
1,20603846	0,0781305	1,2060385	0,076822	1,2060385	0,075615
1,25603846	0,0562519	1,2560385	0,0545796	1,2560385	0,0530367
1,30603846	0,033898	1,3060385	0,031846	1,3060385	0,0299527
1,35603846	0,0113134	1,3560385	0,0086222	1,356038	0,0063628
1,36104782	0,008957	1,3597511	0,007019	1,358736	0,0051721
1,36605718	0,0064373	1,3634638	0,0052754	1,361433	0,0038859
1,37106654	0,004115	1,3671764	0,0035272	1,364130	0,0025968
1,3760759	0,001991	1,3708891	0,0017763	1,366828	0,0013063
		1,3746017	0,00009	1,369525	0,00009

c) Resultados das geometrias G1-A8 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 61 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B3-80 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,625264134	0,49681163	0,51069216	0,51822185	0,53057576	0,53987895
0,622281048	0,49598204	0,50494277	0,51097544	0,52233836	0,5380509
0,619454619	0,49522048	0,49859617	0,50164076	0,51208495	0,53618218
0,616343639	0,49037312	0,49026585	0,49047994	0,50001693	0,53428103
0,612421503	0,48473388	0,48010917	0,47749823	0,48615441	0,53282571
0,596006383	0,47779923	0,46810325	0,46228589	0,47052045	0,52172941
0,578411678	0,46875799	0,45391053	0,44626908	0,45314368	0,50883852
0,558053716	0,45783956	0,43884448	0,42777684	0,43372033	0,49417563
0,535867544	0,44534021	0,42138421	0,40741661	0,41240276	0,47773876
0,511753627	0,43077145	0,40208695	0,38512502	0,38912488	0,45954749
0,485571815	0,41446124	0,3808924	0,36100629	0,36399729	0,43927993
0,457237789	0,39635095	0,35782181	0,33470907	0,33665076	0,41709584
0,426775904	0,37638405	0,3327727	0,30636504	0,30722504	0,39292673
0,394355226	0,35458151	0,30563849	0,27595462	0,27569653	0,36688933
0,359459737	0,33084158	0,27648047	0,24330439	0,24188543	0,33859781
0,322302021	0,305069	0,24513254	0,20851624	0,20589541	0,30819955
0,282820102	0,27732284	0,2116948	0,1716069	0,16773979	0,27566721
0,240794372	0,24744541	0,17618802	0,13261806	0,12745487	0,24081535
0,196345972	0,21553502	0,13866029	0,09215554	0,08563954	0,20374944
0,149467652	0,18161724	0,09972407	0,04876991	0,04082494	0,16447984
0,100163439	0,1457478	0,05839509	0,04621687	0,03998158	0,12303831
0,091981342	0,10854537	0,05340183	0,04343035	0,03910022	0,08001669
0,083706786	0,06906476	0,04836104	0,04063435	0,03821774	0,07104855
0,075369381	0,06195929	0,04329867	0,03783178	0,03733459	0,06249269
0,066969323	0,05454	0,038216	0,03502	0,036451	0,05387
0,065499748	0,04632	0,036826			0,04517
0,063974409	0,03956	0,035844			0,04381
0,062446245	0,03735	0,034866			0,04241
0,060916027	0,03570	0,033887			0,04100
0,059383768	0,03406				0,03959
	0,03242				0,03818

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,552077083	0,561776361	0,570841653	0,579360755	0,587631769
0,542553301	0,55063103	0,55902647	0,566907742	0,574333448
0,530681831	0,539031398	0,546852679	0,554208021	0,561150646
0,517041547	0,524705895	0,531898229	0,538674226	0,54508141
0,501648544	0,508644117	0,515221568	0,521430346	0,527312654
0,484478944	0,490803238	0,496763517	0,502403066	0,5077579
0,465545157	0,471189918	0,476526104	0,481590664	0,486326153
0,44450881	0,449450701	0,454141975	0,458612896	0,462889244
0,421536848	0,425759482	0,429791719	0,433656798	0,437374501
0,396558707	0,400043857	0,403401303	0,406646878	0,409794057
0,369696875	0,372431783	0,375103853	0,377721154	0,380290555
0,340550186	0,342507836	0,344470683	0,346438571	0,348411395
0,309273197	0,310433354	0,31166953	0,312972916	0,31433608
0,275835054	0,276174168	0,276663096	0,277283924	0,278021526
0,240045349	0,239535474	0,239252669	0,239169407	0,239262447
0,202011283	0,200626164	0,199548784	0,198741486	0,198172488
0,161740728	0,159451958	0,157555303	0,15600241	0,154752497
0,119261525	0,116037343	0,11329381	0,110971247	0,109019349
0,075158496	0,070960192	0,067335382	0,063690382	0,061011997
0,067518753	0,065074909	0,062464681	0,060394577	0,058565253
0,060979028	0,059140378	0,057230528	0,056790373	0,055910031
0,053757482	0,053172026	0,052411605	0,053169991	0,053245608
0,046477962	0,047170806	0,048008034	0,049537648	0,050574759
0,044578615	0,045617073		0,045893443	0,047897535
0,043275256	0,044557			
0,041977809	0,043502			
0,040678962	0,042446			

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 62 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-80 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,426677136	0,39829937	0,41240316	0,45283339	0,44933523	0,45376434
0,434563709	0,40773792	0,45716237	0,49419187	0,4900497	0,46218167
0,442254755	0,41730867	0,49871137	0,53245429	0,52818187	0,4704504
0,449957735	0,46188229	0,53709879	0,56770427	0,56337165	0,47854823
0,457902247	0,50375821	0,5723985	0,60033313	0,59601048	0,48622556
0,494198198	0,54219031	0,60499412	0,63091187	0,62639549	0,52422313
0,52780232	0,57752615	0,63547425	0,65870125	0,65448756	0,55934431
0,559697198	0,61005983	0,66318454	0,68499875	0,68084966	0,59197452
0,589480378	0,63991253	0,68937535	0,70928409	0,70517392	0,62238345
0,617148013	0,66798885	0,71357705	0,73151305	0,72739173	0,65050296
0,642436401	0,69402166	0,73577067	0,75155902	0,747346	0,67689468
0,665567869	0,71808535	0,75588502	0,76913223	0,7646961	0,70122076
0,685956004	0,74018695	0,77360773	0,78378368	0,77892345	0,72338885
0,703127759	0,76028555	0,78863225	0,79474811	0,78914308	0,74321198
0,716173271	0,7781233	0,80028612	0,80058615	0,79368871	0,76029884
0,723784931	0,79345741	0,80734949	0,79868425	0,78949974	0,77406108
0,723673784	0,80573055	0,80763384	0,78371107	0,77019893	0,78349253
0,711402503	0,81393262	0,79677647	0,74321366	0,7203497	0,78669495
0,678123902	0,81627268	0,76497164	0,64243367	0,59378598	0,78014384
0,602551023	0,80926732	0,68677073	0,30364237	0,11471507	0,75635189
0,418326577	0,78540173	0,45394959	0,26220993	0,09480799	0,69659262
0,36575909	0,7265994	0,39865562	0,2113821	0,07309619	0,54109721
0,301276828	0,56598739	0,33063675	0,15314479	0,0503304	0,48133598
0,220999682	0,51165971	0,2456371	0,08588187	0,02644569	0,40678555
0,118793286	0,43866445	0,1367754	0,0073897	0,00135957	0,30610042
0,098070439	0,32902215	0,10193006			0,16381754
0,075549194	0,20198976	0,07541376			0,13626708
0,051844471	0,15058694	0,0474833			0,105901973
0,026876201	0,10781531	0,01788353			0,07334648
0,000544228	0,06094067				0,03837512
	0,00914926				0,00071571

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,441957329	0,438901672	0,436033224	0,433328362	0,430635172
0,482671432	0,47991384	0,476824622	0,473907172	0,471140286
0,520531694	0,517070222	0,51380824	0,510720738	0,507786758
0,555577341	0,552034505	0,548686174	0,545508022	0,542479652
0,588183022	0,584602167	0,581204313	0,57796676	0,574870471
0,618593672	0,614995819	0,611565059	0,608280995	0,605127059
0,646714975	0,643097322	0,639628443	0,636290625	0,633310309
0,673107055	0,66946506	0,665950861	0,662549805	0,659249529
0,69740388	0,693706447	0,690114615	0,686617021	0,683204046
0,719490041	0,715683632	0,711960007	0,708311299	0,704730808
0,739149318	0,735151791	0,731214261	0,727332579	0,723503145
0,755940021	0,751619327	0,747336469	0,74309133	0,738883678
0,76920426	0,7643593	0,759531398	0,75472501	0,749943708
0,777814009	0,772121945	0,766428267	0,760743073	0,755074627
0,779635988	0,772537639	0,765421371	0,758305358	0,751204603
0,770669888	0,7611229	0,751540849	0,74195616	0,732395907
0,74226775	0,728032002	0,713719076	0,699394143	0,685112983
0,672145115	0,647198877	0,621933044	0,596514505	0,571094742
0,484712543	0,42505347	0,362612313	0,292170493	0,225074853
0,424231985	0,370744181	0,310614415	0,251510388	0,190978947
0,35909542	0,304390477	0,244546998	0,201580105	0,150596209
0,268074798	0,221987424	0,171327023	0,144348621	0,105884464
0,146444838	0,117273946	0,090828948	0,078236044	0,056186606
0,108351743	0,085860204		0,001082183	0,000648915
0,07995276	0,062910421			
0,049881624	0,038929254			
0,017810942	0,013704977			

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 63 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B3-80 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,466038462	0,3596839	0,36603846	0,2854406	0,40603846	0,29516026	0,45603846	0,29426997
0,476038462	0,3569257	0,37603846	0,28493707	0,45603846	0,28961177	0,50603846	0,28674935
0,486038462	0,3541533	0,38603846	0,28439562	0,50603846	0,2822939	0,55603846	0,27733238
0,496038462	0,3512846	0,39603846	0,28380198	0,55603846	0,27339567	0,60603846	0,26663112
0,506038462	0,3481926	0,40603846	0,28312574	0,60603846	0,26315809	0,65603846	0,25506309
0,556038462	0,3328336	0,45603846	0,27880883	0,65603846	0,25200665	0,70603846	0,24275955
0,606038462	0,3165104	0,50603846	0,27262755	0,70603846	0,2402265	0,75603846	0,23016185
0,656038462	0,2991436	0,55603846	0,26475914	0,75603846	0,2279165	0,80603846	0,21701691
0,706038462	0,2811113	0,60603846	0,25549414	0,80603846	0,21518989	0,85603846	0,20348095
0,756038462	0,262474	0,65603846	0,24514715	0,85603846	0,20208632	0,90603846	0,18957642
0,806038462	0,2431687	0,70603846	0,23439211	0,90603846	0,18863017	0,95603846	0,17537878
0,856038462	0,2233681	0,75603846	0,22299921	0,95603846	0,17487119	1,00603846	0,16078066
0,906038462	0,2030156	0,80603846	0,2112069	1,00603846	0,16078066	1,05603846	0,14585897
0,956038462	0,1822327	0,85603846	0,19906024	1,05603846	0,14636078	1,10603846	0,13062676
1,006038462	0,1607806	0,90603846	0,18658675	1,10603846	0,13164986	1,15603846	0,11503149
1,056038462	0,1387946	0,95603846	0,17383498	1,15603846	0,11659823	1,20603846	0,09912
1,106038462	0,1162687	1,00603846	0,16078067	1,20603846	0,10125166	1,25603846	0,08290193
1,156038462	0,0931042	1,05603846	0,14742917	1,25603846	0,08562075	1,30603846	0,06638974
1,206038462	0,0693665	1,10603846	0,13381725	1,30603846	0,06971934	1,35603846	0,04981317
1,256038462	0,0450524	1,15603846	0,11990123	1,35603846	0,05377414	1,40603846	0,03274379
1,306038462	0,0201581	1,20603846	0,10572464	1,40603846	0,03737188	1,45603846	0,01530926
1,314135902	0,0160855	1,25603846	0,0913	1,45603846	0,0206402	1,46481946	0,01227565
1,322233343	0,0119839	1,30603846	0,07664408	1,50603846	0,0039774	1,47360046	0,00949072
1,330330784	0,007867	1,35603846	0,06197511	1,50842546	0,00324655	1,48238146	0,00616825
1,338428225	0,0037347	1,40603846	0,04691656	1,51081245	0,00245074	1,49116245	0,00308233
1,339891884	0,0030122	1,45603846	0,03174533	1,51319945	0,00165431	1,49994345	0,0004
1,341355544	0,002264	1,50603846	0,01643145	1,51558644	0,0008579		
1,342819204	0,0015149	1,55603846	0,00137489				
1,344282863	0,0007652	1,55695161	0,00136247				
1,345746523	0,00009	1,55786476	0,001117				
		1,55877792	0,00084681				
		1,55969107	0,00057442				
		1,56060422	0,00030194				
		1,56151737	0,00009				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,45603846	0,29636547	0,45603846	0,3027241	0,45603846	0,30896892	0,45603846	0,312733
0,50603846	0,28854872	0,50603846	0,29421581	0,50603846	0,29964586	0,50603846	0,3029533
0,55603846	0,27887741	0,55603846	0,28392654	0,55603846	0,28891172	0,55603846	0,2918635
0,60603846	0,26798144	0,60603846	0,27247067	0,60603846	0,27691276	0,60603846	0,2795394
0,65603846	0,25625754	0,65603846	0,26021611	0,65603846	0,26413642	0,65603846	0,266458
0,70603846	0,24392162	0,70603846	0,24735491	0,70603846	0,25075575	0,70603846	0,2527751
0,75603846	0,23106224	0,75603846	0,23396134	0,75603846	0,23683263	0,75603846	0,2385429
0,80603846	0,21776058	0,80603846	0,22011413	0,80603846	0,22244469	0,80603846	0,2238374
0,85603846	0,20405728	0,85603846	0,20584952	0,85603846	0,20762383	0,85603846	0,2086877
0,90603846	0,18997326	0,90603846	0,19118626	0,90603846	0,19238675	0,90603846	0,193109
0,95603846	0,17558507	0,95603846	0,17620404	0,95603846	0,17681651	0,95603846	0,1771864
1,00603846	0,16078066	1,00603846	0,16078066	1,00603846	0,16078065	1,00603846	0,1607807
1,05603846	0,14563905	1,05603846	0,14499918	1,05603846	0,14436557	1,05603846	0,1439817
1,10603846	0,13017191	1,10603846	0,12887017	1,10603846	0,12758154	1,10603846	0,1267978
1,15603846	0,11432526	1,15603846	0,11233549	1,15603846	0,11036589	1,15603846	0,1091643
1,20603846	0,09814645	1,20603846	0,09544389	1,20603846	0,09276884	1,20603846	0,0911322
1,25603846	0,08164454	1,25603846	0,07820313	1,25603846	0,07479685	1,25603846	0,0727071
1,30603846	0,06483128	1,30603846	0,0606231	1,30603846	0,05645808	1,30603846	0,0538963
1,35603846	0,04793649	1,35603846	0,04293683	1,35603846	0,03798815	1,35603846	0,0349362
1,40603846	0,03052667	1,40603846	0,0246922	1,40603846	0,01872988	1,40603846	0,01514
1,45603846	0,01273178	1,45603846	0,00601932	1,4157641	0,01500882	1,4136864	0,0121505
1,4631932	0,01020402	1,45926202	0,00492137	1,42548973	0,01125719	1,42133433	0,0091221
1,47034794	0,00788855	1,46248559	0,00372154	1,43521537	0,00749403	1,42898226	0,0060858
1,47750267	0,00512172	1,46570915	0,00251976	1,444941	0,00371964	1,4366302	0,0030418
1,48465741	0,0028011	1,46893271	0,00131704	1,44685791	0,00301215	1,44427813	0,0002611
1,49181215	0,00002	1,47215628	0,00011342	1,44877482	0,00226716		
				1,45069173	0,00152139		
				1,45260864	0,00077519		

b) Resultados das geometrias G2-A4 à G2-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,4560385	0,318751	0,4460385	0,3262981	0,4460385	0,3309772
0,5060385	0,3083471	0,4560385	0,3243236	0,4560385	0,328904
0,5560385	0,296721	0,5060385	0,3134479	0,5060385	0,3175931
0,6060385	0,2838752	0,5560385	0,3013216	0,5560385	0,3049084
0,6560385	0,2702853	0,6060385	0,2879855	0,6060385	0,2913329
0,7060385	0,2560932	0,6560385	0,2739142	0,6560385	0,2768733
0,7560385	0,2413413	0,7060385	0,2592387	0,7060385	0,2618069
0,8060385	0,2261062	0,7560385	0,2439925	0,7560385	0,2461955
0,8560385	0,2104129	0,8060385	0,2282542	0,8060385	0,2300137
0,9060385	0,1942749	0,8560385	0,2120449	0,8560385	0,2133841
0,9560385	0,1777807	0,9060385	0,195377	0,9060385	0,1962828
1,0060385	0,1607806	0,9560385	0,1783421	0,9560385	0,1788044
1,0560385	0,1433694	1,0060385	0,1607806	1,0060385	0,1607806
1,1060385	0,1255537	1,0560385	0,1427927	1,0560385	0,1423155
1,1560385	0,1072649	1,1060385	0,1243828	1,1060385	0,1234119
1,2060385	0,0885555	1,1560385	0,1054789	1,1560385	0,103995
1,2560385	0,0694301	1,2060385	0,0861351	1,2060385	0,0841199
1,3060385	0,0498942	1,2560385	0,0663548	1,2560385	0,0637892
1,3560385	0,0301865	1,3060385	0,0461425	1,3060385	0,0430063
1,4060385	0,0096253	1,3560385	0,0257386	1,3560385	0,022012
1,4107198	0,0078702	1,4060385	0,0044486	1,4060385	0,000104
1,4154011	0,005947	1,408128	0,0036263	1,406086	0,00008
1,4200824	0,0040186	1,4102175	0,0027379	1,4061334	0,00006
1,4247637	0,0020868	1,412307	0,0018481	1,4061809	0,00004
1,429445	0,0001519	1,4143966	0,0009576	1,4062284	0,00002
		1,4164861	0,0001	1,4062759	0,000002

c) Resultados das geometrias G2-A8 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 64 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B3-80 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,625264134	0,413792863	0,43820078	0,44803539	0,453093692	0,467360034
0,622281048	0,41392054	0,437064931	0,44560021	0,450292075	0,463599914
0,619454619	0,414050939	0,435263167	0,441251024	0,44551622	0,457758859
0,616343639	0,414166643	0,431771786	0,435217645	0,43909696	0,450286458
0,612421503	0,413936578	0,426584137	0,427564082	0,43108876	0,441218316
0,596006383	0,414342462	0,419757761	0,417976359	0,421481607	0,43052313
0,578411678	0,41408099	0,411527251	0,407490744	0,410303937	0,41822322
0,558053716	0,412247965	0,40138726	0,394821343	0,397250115	0,403991797
0,535867544	0,408756191	0,389629417	0,380434789	0,382460104	0,387977992
0,511753627	0,403278357	0,376194494	0,36427414	0,365874763	0,370119408
0,485571815	0,397169377	0,361028686	0,346407837	0,347564984	0,350493621
0,457237789	0,388884787	0,344139738	0,326574112	0,327260588	0,328810645
0,426775904	0,37906241	0,325450393	0,304869844	0,305062174	0,305178319
0,394355226	0,367650519	0,304881678	0,281279586	0,280951341	0,27957498
0,359459737	0,354600843	0,282478512	0,255673974	0,254796146	0,251859556
0,322302021	0,339920363	0,258118088	0,228143415	0,226687721	0,222124643
0,282820102	0,323537356	0,231889716	0,198720992	0,196657463	0,190396523
0,240794372	0,305385284	0,203830334	0,167471746	0,164767695	0,156729439
0,196345972	0,28550675	0,174011064	0,134990273	0,13160915	0,121711477
0,149467652	0,263793443	0,143027258	0,100427136	0,096321135	0,084433768
0,100163439	0,240332988	0,110068071	0,064296178	0,059414952	0,045384016
0,091981342	0,215170862	0,075665005	0,057959249	0,054130364	0,043077047
0,083706786	0,188391944	0,041080073	0,052157347	0,049302899	0,040543714
0,075369381	0,160588206	0,039569762	0,045165356	0,043478615	0,038003981
0,066969323	0,131047227	0,037918656	0,03868829	0,038623866	0,035460183
0,065499748	0,100673669	0,036266871	0,032317473	0,032778522	0,032912482
0,063974409	0,06985972	0,034615851			
0,062446245	0,040187131				
0,060916027	0,040190836				
0,059383768	0,039720377				
	0,039200154				
	0,038676071				
	0,038152362				
	0,037629422				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,481885669	0,490886165	0,505333399	0,520663556	0,532695182
0,476310154	0,48460624	0,49797398	0,518784355	0,530602348
0,470125856	0,477823948	0,490236113	0,511037153	0,522042604
0,46159926	0,468645566	0,480010377	0,502359999	0,511913374
0,451466301	0,457863514	0,46816708	0,491112129	0,500500781
0,439678518	0,4454134	0,454629813	0,478236248	0,486770934
0,426253803	0,431309296	0,439409413	0,46364513	0,471309023
0,410845469	0,415188618	0,422127816	0,447345937	0,454021718
0,393612204	0,397217263	0,402959193	0,428948985	0,434805754
0,374488654	0,37732781	0,381833636	0,408634921	0,413548487
0,353559652	0,355609586	0,358847801	0,386331725	0,390276538
0,330515305	0,331739325	0,333658204	0,362143064	0,365100115
0,305469735	0,305837868	0,306394564	0,335706177	0,337639546
0,278399424	0,277877558	0,27702517	0,307160396	0,308041764
0,249153798	0,247703316	0,245386783	0,276469543	0,276267399
0,217827209	0,215410721	0,21157689	0,24346317	0,242139799
0,184441146	0,181018659	0,175610202	0,208240902	0,205760545
0,149042404	0,144569903	0,137523176	0,170814118	0,167138197
0,112215591	0,10664563	0,097893556	0,131214419	0,126300157
0,072593568	0,065813675	0,055300225	0,090017418	0,083817337
0,064834274	0,059569319	0,051634294	0,045775507	0,038227242
0,056975188	0,053218515	0,047591197	0,04405141	0,038185776
0,04906034	0,046830613	0,04352859	0,042181607	0,038143792
0,041092193	0,040406729	0,039450884	0,040306988	0,038100226
0,039598351	0,034539151	0,035358326	0,038429136	0,038056504
0,038021238			0,036548084	0,038012765
0,036441387				
0,034859617				

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 65 – Resultados numéricos de η para o hélice B3-80 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,426677136	0,401864463	0,435283339	0,476711061	0,474745866	0,470128992
0,434563709	0,411987816	0,480941045	0,51827554	0,51609364	0,511124052
0,442254755	0,422007177	0,522339939	0,556211316	0,553955376	0,548901211
0,449957735	0,431914522	0,560353829	0,590914526	0,588660096	0,583648251
0,457902247	0,442010767	0,59502106	0,622867727	0,62066805	0,615786382
0,494198198	0,488392159	0,62684866	0,652639109	0,650309584	0,645613394
0,52780232	0,530259072	0,655950102	0,679641072	0,677621728	0,673131607
0,559697198	0,568352024	0,683244593	0,705129434	0,703219876	0,698958323
0,589480378	0,602888377	0,708510076	0,72871371	0,726907857	0,722863318
0,617148013	0,634704193	0,73187665	0,750451685	0,748732659	0,744871884
0,642436401	0,663156032	0,753418397	0,770344205	0,768682614	0,76494683
0,665567869	0,689995713	0,773177037	0,788291367	0,786637807	0,782929479
0,685956004	0,714781458	0,791013199	0,804115672	0,802397099	0,798567695
0,703127759	0,737671049	0,806850816	0,817493502	0,815598717	0,81141768
0,716173271	0,758765913	0,820399411	0,827794682	0,8255469	0,820636753
0,723784931	0,778135965	0,831124197	0,833939723	0,83105138	0,824769678
0,723673784	0,795690379	0,838111813	0,83395756	0,829926791	0,821085152
0,711402503	0,811400324	0,839717614	0,824015715	0,81787823	0,804014101
0,678123902	0,825061037	0,832822581	0,796404721	0,786089992	0,761360904
0,602551023	0,836280639	0,811421986	0,729617347	0,709210634	0,65442659
0,418326577	0,844392032	0,759802784	0,551774884	0,496576708	0,307353021
0,36575909	0,848223623	0,632137855	0,49377143	0,438987439	0,265334197
0,301276828	0,845653344	0,232072931	0,426759972	0,374424948	0,213653693
0,220999682	0,832905577	0,196971102	0,322208267	0,277005569	0,154666879
0,118793286	0,801153291	0,155408577	0,189079539	0,171363807	0,086832186
0,098070439	0,730730069	0,109856023	0,003432527	0,001964285	0,008074289
0,075549194	0,563774373	0,059780635			
0,051844471	0,084727047				
0,026876201	0,084003256				
0,000544228	0,069724901				
	0,053592027				
	0,036867953				
	0,019656717				
	0,001951166				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,465363572	0,46239645	0,457820466	0,444887054	0,441074274
0,506666396	0,503489373	0,498697122	0,453746549	0,449905737
0,543846061	0,540551187	0,53563374	0,493988196	0,489969218
0,578626324	0,575332412	0,570423087	0,530811269	0,527105876
0,610875041	0,60763422	0,602796785	0,565601051	0,561442264
0,640861447	0,637704583	0,632978098	0,598028067	0,593889736
0,668555235	0,66549038	0,660885753	0,628293507	0,624200115
0,694575453	0,691613009	0,687138757	0,656291785	0,652480571
0,718657648	0,715784149	0,711417728	0,682635631	0,678631853
0,740803895	0,737989834	0,73368437	0,706977928	0,702989874
0,760949113	0,758145444	0,753823927	0,729255739	0,725231403
0,778891441	0,776017552	0,771554634	0,749323164	0,745180955
0,794319678	0,791253854	0,786457729	0,766847755	0,762456667
0,806695936	0,803246268	0,797812351	0,781341286	0,776501703
0,815004056	0,810851306	0,804264631	0,791960249	0,78635361
0,817468963	0,812055378	0,803394184	0,797122163	0,790203349
0,810678372	0,802928248	0,790352808	0,793953772	0,784725719
0,787394466	0,774921021	0,754137444	0,776553713	0,762947396
0,730612405	0,707009341	0,665503344	0,730962943	0,707789403
0,577370078	0,514786959	0,38949786	0,617091849	0,566783205
0,521618428	0,458928033	0,342223964	0,217473915	0,006090453
0,448258334	0,38774523	0,281495304	0,184485092	0,004940825
0,34891712	0,295551672	0,208654863	0,145681	0,003774185
0,208166885	0,172124702	0,119947687	0,103063012	0,002562529
0,175164091	0,017376335	0,009771018	0,056096475	0,001343869
0,137491945			0,004099001	0,000121882
0,096391761				
0,051410584				

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 66 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-45 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3		Alteração 4		Alteração 5	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,402288	0,006038	0,35309	0,006038	0,36597	0,006038	0,372357	0,006038	0,391974	0,006038	0,403564
0,026038462	0,401885	0,016038	0,352912	0,016038	0,365732	0,016038	0,372061	0,016038	0,391523	0,016038	0,403046
0,036038462	0,401455	0,026038	0,352717	0,026038	0,365489	0,026038	0,371759	0,026038	0,390918	0,026038	0,402355
0,046038462	0,401114	0,036038	0,352379	0,036038	0,365088	0,036038	0,371294	0,036038	0,390414	0,036038	0,401776
0,056038462	0,400499	0,046038	0,352121	0,046038	0,364912	0,046038	0,371065	0,046038	0,38991	0,046038	0,401202
0,106038462	0,397502	0,056038	0,351999	0,056038	0,364598	0,056038	0,370692	0,056038	0,389367	0,056038	0,400714
0,156038462	0,393449	0,106038	0,350266	0,106038	0,362497	0,106038	0,368411	0,106038	0,386355	0,106038	0,3972
0,206038462	0,388238	0,156038	0,348137	0,156038	0,359905	0,156038	0,365438	0,156038	0,382646	0,156038	0,393003
0,256038462	0,381977	0,206038	0,345193	0,206038	0,356478	0,206038	0,361719	0,206038	0,37815	0,206038	0,387885
0,306038462	0,374145	0,256038	0,341369	0,256038	0,352196	0,256038	0,357159	0,256038	0,372536	0,256038	0,381764
0,356038462	0,365251	0,306038	0,336722	0,306038	0,346694	0,306038	0,351335	0,306038	0,365983	0,306038	0,374655
0,406038462	0,354535	0,356038	0,330768	0,356038	0,340223	0,356038	0,344564	0,356038	0,357862	0,356038	0,365832
0,456038462	0,342673	0,406038	0,323286	0,406038	0,33216	0,406038	0,336159	0,406038	0,348608	0,406038	0,355713
0,506038462	0,328974	0,456038	0,314499	0,456038	0,322341	0,456038	0,325962	0,456038	0,337471	0,456038	0,344045
0,556038462	0,313631	0,506038	0,303991	0,506038	0,310975	0,506038	0,314223	0,506038	0,32428	0,506038	0,330304
0,606038462	0,297532	0,556038	0,291847	0,556038	0,298032	0,556038	0,300936	0,556038	0,30969	0,556038	0,314826
0,656038462	0,280281	0,606038	0,277974	0,606038	0,283426	0,606038	0,286004	0,606038	0,294009	0,606038	0,298604
0,706038462	0,262317	0,656038	0,263056	0,656038	0,267852	0,656038	0,270124	0,656038	0,277186	0,656038	0,281245
0,756038462	0,243716	0,706038	0,24738	0,706038	0,251543	0,706038	0,253514	0,706038	0,259643	0,706038	0,263172
0,806038462	0,224444	0,756038	0,231063	0,756038	0,234586	0,756038	0,236277	0,756038	0,241462	0,756038	0,244452
0,856038462	0,204638	0,806038	0,214193	0,806038	0,217061	0,806038	0,218412	0,806038	0,22262	0,806038	0,225052
0,906038462	0,184275	0,856038	0,196826	0,856038	0,199016	0,856038	0,200045	0,856038	0,203252	0,856038	0,205109
0,956038462	0,163469	0,906038	0,178983	0,906038	0,180469	0,906038	0,181167	0,906038	0,183338	0,906038	0,184599
1,006038	0,142012	0,956038	0,160726	0,956038	0,161523	0,956038	0,16188	0,956038	0,16299	0,956038	0,163636
1,056038	0,120026	1,006038	0,142012	1,006038	0,142012	1,006038	0,142012	1,006038	0,142012	1,006038	0,142012
1,106038	0,097519	1,056038	0,12283	1,056038	0,122038	1,056038	0,121669	1,056038	0,12052	1,056038	0,119848
1,156038	0,074404	1,106038	0,103236	1,106038	0,101618	1,106038	0,100868	1,106038	0,098525	1,106038	0,097152
1,206038	0,050748	1,156038	0,08316	1,156038	0,080679	1,156038	0,07953	1,156038	0,075945	1,156038	0,073838
1,256038	0,026556	1,206038	0,062662	1,206038	0,059281	1,206038	0,05772	1,206038	0,052843	1,206038	0,049971
1,306038	0,002068	1,256038	0,041755	1,256038	0,037436	1,256038	0,035445	1,256038	0,029228	1,256038	0,025557
1,306883	0,00143	1,306038	0,020691	1,306038	0,015392	1,306038	0,012957	1,306038	0,005108	1,306038	0,000604
1,307727	0,001006	1,31586	0,016247	1,31302	0,012289	1,311800	0,010304	1,30816	0,004149	1,306280	0,000578
1,308571	0,000584	1,32568	0,012003	1,32000	0,009139	1,317561	0,007653	1,31027	0,003117	1,306523	0,000466
1,309416	0,000162	1,33551	0,007745	1,32699	0,00598	1,323323	0,004996	1,31239	0,002083	1,306765	0,000345
		1,34533	0,003474	1,33397	0,002502	1,329084	0,002334	1,31451	0,001049	1,307007	0,000223
		1,34693	0,002801	1,33497	0,002087	1,330094	0,001652			1,307249	0,000101
		1,34852	0,002106	1,33598	0,001631	1,331105	0,001181				
		1,35012	0,001409	1,33698	0,001174	1,332115	0,000713				
		1,35172	0,000713	1,33799	0,000717	1,333125	0,000245				
				1,33899	0,00026						

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6		Alteração 7		Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,0060385	0,41128154	0,0060385	0,4179323	0,0060385	0,4300068	0,0260385	0,4347769	0,2260385	0,4176839
0,0160385	0,41071776	0,0160385	0,4173255	0,0160385	0,4293336	0,0360385	0,4340083	0,2360385	0,4160756
0,0260385	0,40996176	0,0260385	0,4165052	0,0260385	0,4287493	0,0460385	0,4332001	0,2460385	0,4143614
0,0360385	0,40933263	0,0360385	0,4160009	0,0360385	0,4279375	0,0560385	0,4323008	0,2560385	0,412638
0,0460385	0,40883358	0,0460385	0,4152923	0,0460385	0,4271489	0,0660385	0,4313697	0,3060385	0,4033455
0,0560385	0,4080438	0,0560385	0,4144379	0,0560385	0,4262686	0,0760385	0,4305121	0,3560385	0,3924656
0,1060385	0,40438136	0,1060385	0,410493	0,1060385	0,4217428	0,0860385	0,429572	0,4060385	0,3799446
0,1560385	0,39983826	0,1560385	0,4057059	0,1560385	0,4163524	0,0960385	0,4286234	0,4560385	0,3653188
0,2060385	0,39435596	0,2060385	0,3998904	0,2060385	0,4101285	0,1060385	0,4276049	0,5060385	0,3495162
0,2560385	0,38801195	0,2560385	0,3932367	0,2560385	0,4026477	0,1560385	0,4219626	0,5560385	0,3321687
0,3060385	0,38017377	0,3060385	0,3849996	0,3060385	0,3940057	0,2060385	0,4153055	0,6060385	0,3137308
0,3560385	0,37114243	0,3560385	0,3756468	0,3560385	0,3838605	0,2560385	0,4074738	0,6560385	0,2948579
0,4060385	0,36046984	0,4060385	0,3645211	0,4060385	0,3722314	0,3060385	0,3985273	0,7060385	0,2750163
0,4560385	0,34832871	0,4560385	0,3519759	0,4560385	0,3584811	0,3560385	0,3880174	0,7560385	0,2544928
0,5060385	0,33409261	0,5060385	0,3373252	0,5060385	0,3433755	0,4060385	0,3760188	0,8060385	0,2333035
0,5560385	0,31817709	0,5560385	0,3210445	0,5560385	0,3264463	0,4560385	0,3618588	0,8560385	0,211342
0,6060385	0,30160897	0,6060385	0,3041851	0,6060385	0,3088199	0,5060385	0,3464153	0,9060385	0,1888276
0,6560385	0,28390122	0,6560385	0,2861801	0,6560385	0,2904818	0,5560385	0,3293902	0,9560385	0,1658051
0,7060385	0,26548238	0,7060385	0,2674651	0,7060385	0,2712053	0,6060385	0,311253	1,006038	0,1420118
0,7560385	0,24641141	0,7560385	0,2480925	0,7560385	0,2512597	0,6560385	0,2926475	1,056038	0,1175927
0,8060385	0,22664594	0,8060385	0,2280133	0,8060385	0,2305851	0,7060385	0,2730896	1,106038	0,0925464
0,8560385	0,20632675	0,8560385	0,2073712	0,8560385	0,2093324	0,7560385	0,2528565	1,156038	0,0667702
0,9060385	0,1854253	0,9060385	0,1861342	0,9060385	0,1874633	0,8060385	0,2319677	1,206038	0,0403369
0,9560385	0,16406047	0,9560385	0,1644241	0,9560385	0,1651047	0,8560385	0,2103228	1,256038	0,0132475
1,00604	0,1420118	1,006038	0,1420118	1,006038	0,1420118	0,9060385	0,1881349	1,260929	0,0107845
1,05604	0,11940594	1,056038	0,1190275	1,056038	0,1183218	0,9560385	0,165449	1,265819	0,0081
1,10604	0,09624969	1,106038	0,0954765	1,106038	0,0940369	1,006038	0,1420118	1,270709	0,0054057
1,15604	0,072452073	1,156038	0,0712651	1,156038	0,0690592	1,056038	0,1179643	1,275600	0,0027051
1,20604	0,04808103	1,206038	0,0464624	1,206038	0,0434594	1,106038	0,0933069	1,276579	0,0019519
1,25604	0,02314116	1,256038	0,0210721	1,256038	0,0172401	1,156038	0,0679395	1,277559	0,001407
1,26532	0,0184735	1,264338	0,0168173	1,262614	0,0137509	1,206038	0,0419339	1,278539	0,0008647
1,27460	0,01376356	1,272637	0,0125305	1,269189	0,0102469	1,256038	0,0152918	1,279518	0,000322
1,28387	0,00903437	1,280936	0,0082277	1,275764	0,0067324	1,261778	0,0121919		
1,29315	0,00428601	1,289235	0,003909	1,282340	0,0032073	1,267518	0,0090854		
1,29483	0,00345883	1,290738	0,0031548	1,283536	0,0025888	1,273258	0,0059706		
1,29650	0,00260004	1,292240	0,0023717	1,284733	0,0019466	1,278997	0,0028476		
1,29818	0,00174021	1,293743	0,0015877	1,285929	0,0013036	1,280044	0,0022986		
1,29985	0,00087975	1,295245	0,0008032	1,287126	0,0006604	1,281091	0,0017285		
						1,282137	0,0011578		
						1,283184	0,0005869		

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 67 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-45 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,605866559	0,511657901	0,537588574	0,550299916	0,591712184	0,61626756
0,604266325	0,510650736	0,536441254	0,549052004	0,590091317	0,61437684
0,602659529	0,509643099	0,53518026	0,54768538	0,589863972	0,614246036
0,599380841	0,509696124	0,535175282	0,54770175	0,588504983	0,612727567
0,599474062	0,509017182	0,532879043	0,545196201	0,586959033	0,610935441
0,591373331	0,506832139	0,531670366	0,543884137	0,585639866	0,607190487
0,581766929	0,504076068	0,528407791	0,537986644	0,578358309	0,598709136
0,574213689	0,498002379	0,523043963	0,534541973	0,569002924	0,59261349
0,568139672	0,496011316	0,516531842	0,527306203	0,563813678	0,582819151
0,559223361	0,490593271	0,512977237	0,523419715	0,555364943	0,574578772
0,552075066	0,488261543	0,506789292	0,516547433	0,549367838	0,567957289
0,542175624	0,48368266	0,502820882	0,512198679	0,540559613	0,557809431
0,533181028	0,477592785	0,496629204	0,505425024	0,533599436	0,548804835
0,521497272	0,472045722	0,488670713	0,496794411	0,524024729	0,539416327
0,507472686	0,46508396	0,480537689	0,488083719	0,512198346	0,527239995
0,492866677	0,456844041	0,471173057	0,478172048	0,499619114	0,512630546
0,475233495	0,445632109	0,458679815	0,465062491	0,485521981	0,497547353
0,455593884	0,432472225	0,444266855	0,450039135	0,468570803	0,479487662
0,433862205	0,417391069	0,427917604	0,433070498	0,449650119	0,459443621
0,409935933	0,400449204	0,40968086	0,414088252	0,428671752	0,437314946
0,383656867	0,38126848	0,389135429	0,39300169	0,405531591	0,412990402
0,355077302	0,360036925	0,366488245	0,369678062	0,380087047	0,386317946
0,324321629	0,336679583	0,341659674	0,344151941	0,352379227	0,357345039
0,290936183	0,311205645	0,314746176	0,316524359	0,32252457	0,326197987
0,255072361	0,283500215	0,28536976	0,286404498	0,290090637	0,292418153
0,216687205	0,253436396	0,253649596	0,253916809	0,255219544	0,256158766
0,175568645	0,22107278	0,21955994	0,219033229	0,217875661	0,217378813
0,131818612	0,186233958	0,182914355	0,181562523	0,177853215	0,175864069
0,085433014	0,149014671	0,143809123	0,141602121	0,135253779	0,131718561
0,03690553	0,109433641	0,102255978	0,099161259	0,090079313	0,084939637
0,035611546	0,068041734	0,058793754	0,054773386	0,042354496	0,035544787
0,034756344	0,059095229	0,052555307	0,049435293	0,040428819	0,035498049
0,033905594	0,050515501	0,046189748	0,044081879	0,038350739	0,035272385
0,033054169	0,041853292	0,039777532	0,038697055	0,036266274	0,035029154
	0,033109063	0,032671732	0,033281148	0,034177322	0,034783945
	0,031729094	0,031825176	0,0318797	0,032083914	0,034538471
	0,030298448	0,030892143	0,030920504		
	0,028865093	0,029957191	0,029965586		
	0,027429614	0,029021317	0,029009783		
	0,025992024	0,028084533			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,632730655	0,6471684	0,67791602	0,687144619	0,651767131
0,630651398	0,64492793	0,67511039	0,683841373	0,64988397
0,630679669	0,645135286	0,670959822	0,681554553	0,64767065
0,62901875	0,640750698	0,668891792	0,679096611	0,644183687
0,624910326	0,638744795	0,666716123	0,677455248	0,633163756
0,625044086	0,639206816	0,665257366	0,674999583	0,620883142
0,614170508	0,628303186	0,654377305	0,672559499	0,608437268
0,60506337	0,617460353	0,642582478	0,669195357	0,593178754
0,596293088	0,608078598	0,632587559	0,667900831	0,57842662
0,589047861	0,600521508	0,621397165	0,655740666	0,560515731
0,57890428	0,589546478	0,611302617	0,644806249	0,540271459
0,569848204	0,580201656	0,600284045	0,632748793	0,519300555
0,559643064	0,569113257	0,58889324	0,622169011	0,495371358
0,549689427	0,558676419	0,575091368	0,610522295	0,469282841
0,536740394	0,545056362	0,561392489	0,59857019	0,440924302
0,521327308	0,52894869	0,543960848	0,584054203	0,410056547
0,505603133	0,512672315	0,525780323	0,569819241	0,376809286
0,486811844	0,49324673	0,505946956	0,552533731	0,34132749
0,466026286	0,471818672	0,483278803	0,532939389	0,303059024
0,443138916	0,448274984	0,458474478	0,512534295	0,262199761
0,418034152	0,422496504	0,431408004	0,48923905	0,21868939
0,390553523	0,39431965	0,401909905	0,463796846	0,172288406
0,36074916	0,363800586	0,370042432	0,436099726	0,123111995
0,328754233	0,3310786	0,335956667	0,405914658	0,07114561
0,294092341	0,295661827	0,299132007	0,373366143	0,066363345
0,256924424	0,257718081	0,259749592	0,338592236	0,061117004
0,217205733	0,217199382	0,217755932	0,301057268	0,055836505
0,174716667	0,173881683	0,172919206	0,260949445	0,050529193
0,129563041	0,127872491	0,125350628	0,218212228	0,049034475
0,081739344	0,079164056	0,075039159	0,172609998	0,047961232
0,072618252	0,070851765	0,068228516	0,124255937	0,046892495
0,06335842	0,062432313	0,061362224	0,073137389	0,045822759
0,054007516	0,053939038	0,054448714	0,067090535	
0,044565853	0,045372129	0,047488039	0,061010846	
0,042917482	0,043873288	0,046265372	0,054894863	
0,041202613	0,042314086	0,044993546	0,048742592	
0,039483937	0,040751693	0,043719514	0,04766021	
0,037762299	0,03918688	0,042443913	0,04653438	
0,036037712	0,037619658	0,041166751	0,045406771	
			0,044277948	
			0,043147917	

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 68 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-45 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,016948962	0,006632119	0,006542465	0,006502885	0,006366394	0,00629346
0,027561891	0,017641102	0,01740299	0,01729751	0,016936382	0,016745687
0,038207704	0,028681111	0,028301501	0,028129772	0,027464312	0,027145814
0,04903499	0,039653877	0,039128026	0,038883004	0,038050648	0,037609995
0,059585014	0,050687459	0,050176519	0,049869789	0,048674025	0,048118167
0,113438614	0,061941704	0,061161426	0,060787288	0,059297249	0,058859454
0,16795417	0,117269669	0,115775971	0,115569896	0,112738791	0,111963579
0,221714031	0,173608316	0,170884209	0,169778668	0,167006805	0,16469344
0,273973021	0,22821192	0,226309965	0,224945553	0,219936202	0,218241643
0,325875213	0,283548754	0,279776974	0,27805923	0,273347569	0,270751708
0,37489564	0,33590383	0,333207834	0,331289455	0,324484073	0,321300682
0,422577249	0,387507415	0,383412948	0,38119581	0,375135773	0,37163208
0,46647318	0,437438526	0,43221689	0,429808555	0,422191517	0,418859639
0,50805738	0,483567632	0,478763997	0,476225092	0,46741905	0,462927326
0,546928946	0,52642041	0,521196323	0,518498042	0,509900422	0,504556218
0,582269494	0,565343238	0,55976726	0,556948572	0,548545632	0,543489928
0,615793892	0,601655198	0,596006236	0,593172039	0,584078655	0,578870831
0,646990381	0,635096028	0,629507477	0,626704111	0,617654904	0,612430138
0,675921307	0,665993779	0,660542239	0,657795754	0,648859569	0,643658011
0,702374567	0,694298595	0,689000839	0,686583274	0,677778505	0,672610097
0,726703861	0,720693481	0,715576293	0,712949693	0,704232168	0,699066832
0,748358542	0,744815108	0,739844231	0,737256131	0,728559629	0,723357848
0,766927611	0,766587051	0,7616864	0,759092308	0,750255936	0,744915881
0,781558345	0,785840035	0,780855183	0,778181479	0,768942711	0,763297561
0,790879673	0,802057973	0,796803438	0,793924701	0,783836408	0,777597421
0,792217758	0,814584086	0,808650934	0,805359292	0,79367719	0,786356875
0,779724546	0,822024658	0,814722499	0,810646848	0,796028291	0,786729599
0,738962908	0,821574363	0,811530812	0,805930543	0,785646314	0,772490175
0,621387214	0,807159422	0,79124846	0,782409513	0,749930167	0,728200354
0,116450328	0,762755716	0,731844048	0,71455773	0,648633783	0,60149023
0,08352755	0,63209401	0,54418524	0,49169793	0,250691837	0,035318732
0,06022783	0,575781773	0,488648099	0,435161023	0,213649679	0,033877844
0,035859791	0,501334824	0,415665667	0,364054102	0,169484051	0,02747097
0,010195826	0,393345548	0,317494656	0,271937665	0,119983047	0,020483065
	0,224647091	0,162615413	0,148353075	0,064194592	0,013338995
	0,18927166	0,13934694	0,10966952	0,000867702	0,006084064
	0,149159794	0,112258239	0,080941174		
	0,104912188	0,083393066	0,050480655		
	0,055887618	0,052606988	0,017952929		
	0,001282851	0,019705333			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,006246932	0,006206333	0,006096013	0,026221271	0,230546092
0,016624055	0,016517587	0,016233155	0,036402319	0,240513421
0,026938286	0,026755009	0,026481487	0,046572429	0,250523373
0,037324943	0,037238444	0,036695333	0,056775482	0,261026661
0,047936883	0,047639529	0,046943916	0,066924649	0,310282507
0,058224057	0,057826169	0,057147867	0,077185419	0,358186115
0,111118335	0,11026053	0,108768465	0,087461716	0,403544772
0,16411009	0,163175168	0,160910355	0,097901271	0,447000519
0,216868792	0,215650099	0,212602208	0,108047378	0,486656657
0,268423083	0,266839961	0,264047004	0,159806202	0,524440071
0,319868538	0,318081449	0,313936956	0,21120629	0,560099901
0,369061271	0,36687471	0,362354535	0,262418069	0,592847989
0,416241247	0,413915066	0,408473362	0,311993722	0,623844114
0,459931862	0,457271619	0,452429606	0,36013618	0,652536443
0,501309866	0,498437816	0,492613623	0,40595864	0,678786282
0,540111147	0,537126531	0,531091231	0,44968415	0,702191503
0,575380066	0,572292906	0,56652784	0,489625062	0,722621007
0,608913433	0,605793461	0,599464305	0,527566059	0,739132288
0,640138241	0,637001661	0,630592557	0,563321058	0,750294748
0,669090623	0,665937145	0,659434588	0,596171553	0,75378593
0,695523918	0,692329671	0,685676048	0,627238319	0,74494161
0,719761125	0,716495348	0,70961244	0,656009866	0,71304874
0,741191501	0,737784638	0,730518788	0,682366391	0,628902847
0,759325681	0,755666131	0,747776423	0,705935563	0,37222749
0,773170767	0,769066477	0,760144657	0,726609587	0,326122533
0,78112479	0,776251393	0,765613916	0,743503035	0,267003692
0,780042808	0,773798811	0,760184206	0,755283527	0,195795012
0,762972518	0,754076642	0,734802842	0,759790581	0,108685833
0,712317939	0,697437875	0,665486011	0,75270537	0,080878608
0,565948656	0,532110908	0,459277446	0,72418395	0,059651227
0,512298233	0,477628085	0,404999897	0,647782192	0,037520732
0,440675758	0,406521907	0,337318161	0,417965972	0,014311778
0,341811315	0,310973753	0,251057882	0,364932428	
0,197934211	0,176778899	0,137840845	0,300408345	
0,166083922	0,147716252	0,114306238	0,22040742	
0,130211599	0,11527609	0,088460278	0,118920212	
0,091061876	0,080222497	0,061026559	0,098253005	
0,048196648	0,042253113	0,031872298	0,075733469	
0,001073016	0,000996927	0,00083437	0,052032394	
			0,02706905	
			0,000742397	

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 69 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-45 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3		Alteração 4		Alteração 5	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,40228817	0,00603846	0,30475573	0,00603846	0,31891275	0,00603846	0,32597661	0,00603846	0,34733573	0,00603846	0,3612637
0,026038462	0,40188514	0,05603846	0,30563389	0,05603846	0,31971001	0,05603846	0,32671378	0,05603846	0,34790865	0,05603846	0,36151122
0,036038462	0,40145474	0,10603846	0,30649811	0,10603846	0,32039854	0,10603846	0,32713383	0,10603846	0,3479349	0,10603846	0,36144613
0,046038462	0,40111418	0,15603846	0,30704939	0,15603846	0,32061454	0,15603846	0,32744008	0,15603846	0,34736884	0,15603846	0,36034092
0,056038462	0,4004987	0,20603846	0,30744948	0,20603846	0,32058201	0,20603846	0,32696908	0,20603846	0,34600362	0,20603846	0,35828283
0,106038462	0,3975018	0,25603846	0,30695971	0,25603846	0,31950285	0,25603846	0,32552654	0,25603846	0,34343695	0,25603846	0,35492433
0,156038462	0,39344862	0,30603846	0,3054267	0,30603846	0,31725214	0,30603846	0,32286651	0,30603846	0,33937282	0,30603846	0,35001519
0,206038462	0,38823822	0,35603846	0,30231739	0,35603846	0,31336643	0,35603846	0,31850996	0,35603846	0,3336088	0,35603846	0,34325
0,256038462	0,38197732	0,40603846	0,29752945	0,40603846	0,30753252	0,40603846	0,31232563	0,40603846	0,32614795	0,40603846	0,33487336
0,306038462	0,37414547	0,45603846	0,29089239	0,45603846	0,29992371	0,45603846	0,30412426	0,45603846	0,31669848	0,45603846	0,32449828
0,356038462	0,36525105	0,50603846	0,28250423	0,50603846	0,29038297	0,50603846	0,29413877	0,50603846	0,30517891	0,50603846	0,31226681
0,406038462	0,35453474	0,55603846	0,27208704	0,55603846	0,27922321	0,55603846	0,2825831	0,55603846	0,29227327	0,55603846	0,29843268
0,456038462	0,3426729	0,60603846	0,26022919	0,60603846	0,26654552	0,60603846	0,26953235	0,60603846	0,27833314	0,60603846	0,2838517
0,506038462	0,32897368	0,65603846	0,24738673	0,65603846	0,25295063	0,65603846	0,25558458	0,65603846	0,26335203	0,65603846	0,26822859
0,556038462	0,31363074	0,70603846	0,23382677	0,70603846	0,23865515	0,70603846	0,24093999	0,70603846	0,24768244	0,70603846	0,25192054
0,606038462	0,29753165	0,75603846	0,2196719	0,75603846	0,22375529	0,75603846	0,2256854	0,75603846	0,23140464	0,75603846	0,23499373
0,656038462	0,28028057	0,80603846	0,2049968	0,80603846	0,20831643	0,80603846	0,20988353	0,80603846	0,21451391	0,80603846	0,2174309
0,706038462	0,26231747	0,85603846	0,18986415	0,85603846	0,19239586	0,85603846	0,19358939	0,85603846	0,1971182	0,85603846	0,19934386
0,756038462	0,24371594	0,90603846	0,17429971	0,90603846	0,17601589	0,90603846	0,17682379	0,90603846	0,17921397	0,90603846	0,18072319
0,806038462	0,22444445	0,95603846	0,1583595	0,95603846	0,15926427	0,95603846	0,15967669	0,95603846	0,160898	0,95603846	0,16167054
0,856038462	0,20463835	1,006038	0,1420118	1,0060385	0,1420118	1,00603846	0,1420118	1,00603846	0,1420118	1,00603846	0,1420118
0,906038462	0,18427477	1,056038	0,12525591	1,0560385	0,12434706	1,05603846	0,12392059	1,05603846	0,12265591	1,05603846	0,12185375
0,956038462	0,16346877	1,106038	0,10813921	1,1060385	0,10628763	1,10603846	0,10541981	1,10603846	0,10284402	1,10603846	0,10120775
1,006038	0,1420118	1,156038	0,09060801	1,1560385	0,0877744	1,15603846	0,08644763	1,15603846	0,08250625	1,15603846	0,07999854
1,056038	0,12002562	1,206038	0,0727161	1,2060385	0,06886304	1,20603846	0,06706069	1,20603846	0,06170203	1,20603846	0,05828742
1,106038	0,0975186	1,256038	0,05447867	1,2560385	0,04956699	1,25603846	0,04727159	1,25603846	0,04044145	1,25603846	0,03608273
1,156038	0,07440391	1,306038	0,03613703	1,3060385	0,03013062	1,30603846	0,02732576	1,30603846	0,01897045	1,30603846	0,01336781
1,206038	0,0507479	1,356038	0,01705436	1,3560385	0,00989627	1,35603846	0,00655688	1,31487385	0,01487422	1,3119235	0,01092914
1,256038	0,02655614	1,364976	0,01367007	1,3609293	0,00809486	1,35919553	0,00524057	1,32370924	0,01098041	1,31780853	0,008227
1,306038	0,00206755	1,373913	0,01026233	1,3658201	0,00594459	1,3623526	0,00404761	1,33254462	0,00707388	1,32369356	0,00551476
1,306883	0,00143009	1,382850	0,00684691	1,3707109	0,00413994	1,36550967	0,00273855	1,34138001	0,0031544	1,3295786	0,00255396
1,307727	0,00100576	1,391787	0,00342415	1,3756018	0,00216002	1,36866674	0,00142691	1,34280215	0,0025456	1,33059387	0,00210284
1,308571	0,0005838	1,393575	0,0027733	1,3804926	0,00017538	1,37182381	0,00011396	1,3442243	0,00191378	1,33160914	0,00163308
1,309416	0,00016172	1,395363	0,00208796					1,34564644	0,00128137	1,33262442	0,00116292
		1,397151	0,001402					1,34706858	0,00064862	1,33363969	0,00069258
		1,398939	0,00071576					1,34849073	0,00009	1,33465496	0,00022204

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6		Alteração 7		Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,006038462	0,36683892	0,00603846	0,37362785	0,12603846	0,38639241	0,25603846	0,37873822	0,27603846	0,38344123
0,056038462	0,36699911	0,05603846	0,3739007	0,13603846	0,38583517	0,26603846	0,37742177	0,28603846	0,38187606
0,106038462	0,36662206	0,10603846	0,3735403	0,14603846	0,38530604	0,27603846	0,37599878	0,29603846	0,38027333
0,156038462	0,3654679	0,15603846	0,37230223	0,15603846	0,38499501	0,28603846	0,37485792	0,30603846	0,37861674
0,206038462	0,36328751	0,20603846	0,36964555	0,20603846	0,3814992	0,29603846	0,37336391	0,31603846	0,37678481
0,256038462	0,35968023	0,25603846	0,36547644	0,25603846	0,37651996	0,30603846	0,37166878	0,32603846	0,37506664
0,306038462	0,35443294	0,30603846	0,35966372	0,30603846	0,36976998	0,31603846	0,37008502	0,33603846	0,37323561
0,356038462	0,3474484	0,35603846	0,35221733	0,35603846	0,36132208	0,32603846	0,36838743	0,34603846	0,37127504
0,406038462	0,33848533	0,40603846	0,34265396	0,40603846	0,35096339	0,33603846	0,36666752	0,35603846	0,36920654
0,456038462	0,32785239	0,45603846	0,33156777	0,45603846	0,3388488	0,34603846	0,365043	0,40603846	0,35815368
0,506038462	0,31521034	0,50603846	0,31850302	0,50603846	0,32521954	0,35603846	0,36304617	0,45603846	0,34501931
0,556038462	0,30103599	0,55603846	0,30396282	0,55603846	0,30997765	0,40603846	0,35262451	0,50603846	0,33076313
0,606038462	0,28618759	0,60603846	0,28882016	0,60603846	0,29404529	0,45603846	0,34008201	0,55603846	0,31513205
0,656038462	0,27029841	0,65603846	0,27262951	0,65603846	0,27741889	0,50603846	0,32629155	0,60603846	0,29849677
0,706038462	0,25372576	0,70603846	0,25575629	0,70603846	0,25991973	0,55603846	0,31110146	0,65603846	0,28139132
0,756038462	0,23652832	0,75603846	0,2382522	0,75603846	0,24177689	0,60603846	0,29489411	0,70603846	0,26338567
0,806038462	0,21868303	0,80603846	0,22008745	0,80603846	0,22294977	0,65603846	0,27818565	0,75603846	0,24472276
0,856038462	0,20030287	0,85603846	0,20137718	0,85603846	0,20355946	0,70603846	0,26059724	0,80603846	0,22542138
0,906038462	0,18137595	0,90603846	0,18210624	0,90603846	0,1835848	0,75603846	0,24236095	0,85603846	0,20539815
0,956038462	0,16200591	0,95603846	0,16238106	0,95603846	0,16313746	0,80603846	0,22343295	0,90603846	0,18483548
1,006038462	0,1420118	1,00603846	0,1420118	1,00603846	0,1420118	0,85603846	0,20393459	0,95603846	0,16378038
1,056038462	0,12150368	1,05603846	0,12111197	1,05603846	0,12032811	0,90603846	0,18384347	1,00603846	0,1420118
1,106038462	0,10049119	1,10603846	0,09968963	1,10603846	0,09809178	0,95603846	0,16327234	1,05603846	0,11965638
1,156038462	0,07889708	1,15603846	0,07766476	1,15603846	0,07521782	1,00603846	0,1420118	1,10603846	0,09671658
1,206038462	0,05678342	1,20603846	0,05510034	1,20603846	0,05177114	1,05603846	0,12018362	1,15603846	0,07310292
1,256038462	0,0341579	1,25603846	0,03200309	1,25603846	0,02775702	1,10603846	0,09779225	1,20603846	0,04888204
1,306038462	0,01102989	1,30603846	0,00838113	1,30603846	0,00318171	1,15603846	0,07475169	1,25603846	0,02405775
1,310807525	0,00898964	1,30958648	0,00682511	1,30733314	0,00257567	1,20603846	0,0511272	1,26572968	0,01920206
1,315576589	0,0067578	1,31313451	0,00512976	1,30862782	0,00193248	1,25603846	0,02692367	1,2754209	0,0142983
1,320345653	0,00451898	1,31668253	0,0032782	1,3099225	0,0012885	1,30603846	0,00214689	1,28511212	0,00932099
1,325114717	0,0022757	1,32023055	0,00172607	1,31121717	0,00064415	1,30690496	0,00173019	1,29480334	0,00442376
1,326082319	0,00164431	1,32377858	0,00009			1,30777145	0,00129614	1,29655418	0,0035636
1,32704992	0,00118644					1,30863794	0,00086174	1,29830503	0,00266769
1,328017521	0,0007303					1,30950444	0,00042717	1,30005588	0,00177063
1,328985123	0,000274							1,30180673	0,00087284

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 70 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-45 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,605866559	0,436187644	0,464255603	0,477682034	0,519810538	0,547376342
0,604266325	0,433836512	0,460799205	0,473636918	0,513004807	0,540603051
0,602659529	0,431686579	0,457477695	0,471112157	0,507927701	0,532562782
0,599380841	0,431234981	0,456388451	0,466594325	0,503123962	0,526590488
0,599474062	0,4284208	0,452098746	0,463326177	0,498450845	0,521281285
0,591373331	0,428506815	0,450211613	0,460992224	0,495302142	0,517125371
0,581766929	0,42723318	0,449250677	0,459727694	0,489870451	0,511500059
0,574213689	0,425043041	0,446832653	0,456743496	0,485679139	0,505256849
0,568139672	0,423663194	0,443092776	0,453314153	0,481627174	0,500003039
0,559223361	0,421431324	0,439686723	0,448326164	0,475459537	0,492597635
0,552075066	0,418596783	0,434857779	0,44289296	0,467214033	0,483693867
0,542175624	0,413025169	0,428722287	0,436178447	0,458015916	0,472537348
0,533181028	0,405565264	0,419873609	0,426680177	0,447315996	0,460709328
0,521497272	0,396302296	0,409231769	0,415384279	0,434048941	0,446179267
0,507472686	0,385254627	0,396773281	0,402253849	0,418897059	0,429734548
0,492866677	0,372476462	0,382540746	0,387328827	0,401773162	0,411276334
0,475233495	0,357622862	0,366149549	0,370207548	0,382590447	0,390710668
0,455593884	0,340854931	0,347777043	0,35107555	0,361191621	0,367869497
0,433862205	0,322104368	0,327349708	0,329857138	0,337618289	0,34280111
0,409935933	0,301372035	0,304936846	0,306625858	0,311957857	0,315603086
0,383656867	0,278559542	0,280230839	0,281060929	0,28384845	0,285885209
0,355077302	0,25356816	0,253324889	0,253260222	0,253403259	0,253771647
0,324321629	0,226444001	0,224198969	0,223201429	0,220592543	0,219227378
0,290936183	0,197044746	0,192698431	0,190723999	0,185238571	0,182063895
0,255072361	0,165458066	0,158912302	0,155917729	0,147433972	0,142376091
0,216687205	0,131716471	0,12286578	0,118804437	0,107190954	0,100170235
0,175568645	0,096366842	0,085102795	0,079925983	0,065039907	0,055420136
0,131818612	0,058108565	0,04427901	0,03792011	0,05680606	0,050547677
0,085433014	0,051197654	0,040594902	0,035213314	0,048953918	0,045104691
0,03690553	0,044199253	0,036156999	0,032762676	0,041031246	0,03962073
0,035611546	0,037148408	0,032441925	0,030061017	0,033037982	0,033598825
0,034756344	0,030047113	0,028342819	0,027348886	0,031793637	0,03268234
0,033905594	0,028694734	0,024222263	0,024629026	0,030499916	0,031726463
0,033054169	0,027267402			0,029203862	0,030769178
	0,025837413			0,027906001	0,029810908
	0,024405532			0,026606341	0,028851659
	0,022971785				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,560235188	0,574691726	0,579136106	0,564093451	0,575976002
0,552563743	0,565765019	0,578146725	0,562457802	0,574202791
0,545042992	0,557550879	0,576428773	0,560184453	0,572428169
0,537548418	0,549730421	0,574825788	0,559268601	0,57062419
0,532042534	0,543253408	0,566778051	0,557631244	0,567928682
0,525593394	0,535990472	0,558657692	0,554738922	0,567101688
0,519973893	0,529911174	0,551605689	0,553213996	0,565297611
0,514249491	0,52385861	0,543899019	0,551699074	0,563088107
0,507256034	0,516130742	0,534898296	0,550149946	0,561593996
0,500405207	0,508834528	0,525613494	0,549333986	0,552357688
0,490887204	0,498688124	0,515148391	0,547606699	0,540860378
0,479115648	0,486264656	0,501381347	0,539366427	0,529490996
0,466788668	0,47341806	0,486718604	0,528822185	0,51527541
0,451698995	0,457719351	0,470404944	0,51817688	0,498876657
0,434684959	0,44008165	0,451451493	0,504806637	0,481570544
0,415641154	0,420393964	0,430413757	0,489292186	0,461510588
0,394470048	0,398555985	0,407185016	0,472792722	0,439336657
0,370997885	0,374386057	0,381576349	0,453621117	0,414940438
0,345276152	0,347941066	0,353650756	0,432358025	0,388115106
0,317406707	0,319328814	0,323527106	0,408895781	0,358937698
0,286986817	0,288130951	0,290758299	0,383039479	0,327536519
0,254146352	0,254483688	0,255492817	0,3548558	0,29343714
0,218847126	0,218345417	0,217683769	0,324466041	0,256799988
0,180896625	0,179518554	0,177123961	0,291416629	0,217572351
0,140390996	0,138100555	0,133913967	0,255858887	0,175539357
0,09733448	0,094092643	0,088050534	0,217744075	0,13080474
0,051754017	0,047516999	0,039549149	0,176863574	0,083361541
0,04767515	0,044405614	0,038336124	0,133318709	0,07390518
0,0431842	0,040997871	0,03704564	0,087105424	0,064294645
0,03866562	0,037259172	0,035752541	0,038237869	0,054477939
0,03412471	0,034133569	0,034457691	0,037404086	0,044770892
0,032835633	0,030687809		0,036534275	0,043061603
0,03190656			0,035663295	0,041277316
0,030980563			0,034791525	0,039488868
0,0300537				0,03769713

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 71 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-45 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,016948962	0,006714674	0,006601782	0,006558341	0,006421712	0,006342854
0,027561891	0,062832125	0,061880078	0,061521688	0,06048534	0,059641647
0,038207704	0,11982372	0,118196373	0,117188419	0,115605807	0,114539772
0,04903499	0,176825966	0,174461805	0,174278647	0,171461908	0,169938726
0,059585014	0,235326935	0,232527472	0,231413278	0,227628554	0,225383592
0,113438614	0,291910003	0,289190076	0,287751864	0,282554454	0,279682486
0,16795417	0,348207534	0,343963186	0,342072747	0,337436425	0,333301559
0,221714031	0,403039176	0,397397026	0,395155193	0,38922891	0,384959801
0,273973021	0,453833482	0,448521936	0,445241518	0,437613765	0,432807982
0,325875213	0,500987793	0,495095585	0,49235527	0,483452732	0,478125257
0,37489564	0,543541528	0,537808377	0,534880977	0,526068495	0,519946791
0,422577249	0,582983545	0,576368732	0,573333012	0,564720418	0,558901411
0,46647318	0,618893017	0,612312507	0,609296591	0,600165196	0,594271383
0,50805738	0,651777322	0,645380522	0,642442145	0,633501152	0,62768985
0,546928946	0,682016453	0,675891342	0,673065246	0,66441036	0,65873661
0,582269494	0,709642612	0,70381681	0,701112419	0,693034991	0,687521952
0,615793892	0,735356091	0,729862275	0,727292308	0,719278747	0,713907401
0,646990381	0,758903935	0,753716848	0,7512671	0,743536799	0,738282365
0,675921307	0,780309345	0,775365856	0,773003723	0,765442649	0,76021849
0,702374567	0,799533529	0,794701357	0,792370387	0,784784125	0,779444387
0,726703861	0,81628369	0,811415369	0,809018921	0,801073978	0,795366809
0,748358542	0,830239453	0,825006765	0,82238724	0,81353481	0,807041161
0,766927611	0,840645158	0,834525248	0,831410683	0,820688898	0,812660835
0,781558345	0,846046346	0,838073492	0,833950323	0,819497849	0,808445318
0,790879673	0,843575386	0,831782835	0,825569848	0,803310066	0,785812718
0,792217758	0,826817226	0,806463496	0,795409175	0,754208826	0,720085022
0,779724546	0,779472837	0,735936618	0,71065752	0,606280917	0,501382002
0,738962908	0,633413562	0,482353704	0,373181313	0,547953661	0,45145381
0,621387214	0,580050288	0,431910309	0,321939267	0,472545735	0,382553409
0,116450328	0,507703772	0,357390643	0,267873293	0,365632688	0,293232467
0,08352755	0,405648151	0,27838961	0,19798517	0,20383323	0,160851021
0,06022783	0,25243139	0,166850876	0,113651529	0,171112775	0,136256656
0,035859791	0,214360709	0,015908216	0,010102309	0,134240774	0,109089216
0,010195826	0,170053874			0,093969007	0,080161021
	0,120659729			0,049831703	0,049311975
	0,06529772			0,001254361	0,016347663
	0,002838742				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,006292909	0,00624814	0,133835451	0,273598314	0,292471903
0,059236442	0,058942224	0,144492593	0,28411984	0,302762236
0,113519738	0,113067165	0,15536298	0,294879858	0,312999134
0,16884315	0,168189028	0,166330022	0,305134153	0,323180966
0,223909513	0,223126655	0,220723737	0,315466686	0,333702651
0,278863716	0,277861039	0,274642386	0,326334943	0,343191451
0,332008102	0,330589992	0,326511933	0,336487102	0,353114082
0,382854264	0,380990091	0,376437845	0,346490647	0,363131483
0,431221027	0,429025726	0,424011762	0,356451537	0,37253234
0,475530242	0,472952299	0,467908624	0,365975545	0,419021511
0,517156989	0,514384877	0,508449642	0,375673145	0,462998774
0,556036155	0,553187969	0,547125772	0,422489474	0,503109106
0,59135845	0,588441114	0,582715531	0,466762109	0,541225336
0,624804001	0,621903529	0,615762987	0,507144182	0,577120863
0,655901219	0,653042667	0,646958821	0,545383453	0,610098855
0,684744608	0,681937339	0,675915915	0,581323846	0,64129665
0,711175756	0,708405352	0,702410718	0,614346481	0,670256357
0,735578709	0,73283127	0,726813942	0,645542803	0,696923695
0,757495179	0,754720064	0,748563943	0,674501836	0,721023439
0,776622998	0,773735902	0,767252861	0,700987833	0,742562523
0,792313766	0,789167577	0,782036502	0,725371974	0,760847532
0,803536159	0,799883977	0,791568046	0,747073055	0,774897141
0,808309181	0,80370428	0,793226002	0,765665112	0,783142384
0,802459022	0,795988983	0,781332363	0,780269826	0,78250584
0,776360749	0,765843679	0,74206708	0,789486387	0,766218521
0,701532027	0,679922383	0,630178894	0,790584776	0,71731034
0,442999621	0,366631297	0,167224432	0,777633597	0,576915777
0,393377124	0,320351115	0,13979378	0,736109177	0,523400425
0,327654744	0,261496202	0,108646241	0,617891362	0,451422679
0,245596996	0,184375773	0,075135371	0,116705881	0,349947341
0,140643727	0,106254553	0,039011753	0,096214022	0,203619564
0,105688927	0,001573447		0,073842186	0,170769204
0,078536764			0,050326411	0,133543093
0,049823746			0,025589124	0,092775977
0,019283963				0,047972332

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 72 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-60 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3		Alteração 4		Alteração 5	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,435036	0,00604	0,39647	0,00604	0,40578	0,00604	0,40578	0,00604	0,41581	0,00604	0,42331
0,026038462	0,434148	0,01604	0,39597	0,01604	0,4052	0,01604	0,4052	0,01604	0,41518	0,01604	0,42263
0,036038462	0,433435	0,02604	0,39528	0,02604	0,40442	0,02604	0,40442	0,02604	0,41464	0,02604	0,42205
0,046038462	0,432586	0,03604	0,39472	0,03604	0,40378	0,03604	0,40378	0,03604	0,41393	0,03604	0,42124
0,056038462	0,431637	0,04604	0,39427	0,04604	0,40328	0,04604	0,40328	0,04604	0,41318	0,04604	0,42033
0,106038462	0,426585	0,05604	0,39368	0,05604	0,40247	0,05604	0,40247	0,05604	0,41239	0,05604	0,41959
0,156038462	0,420404	0,10604	0,39021	0,10604	0,39872	0,10604	0,39872	0,10604	0,40814	0,10604	0,41507
0,206038462	0,413199	0,15604	0,38604	0,15604	0,39415	0,15604	0,39415	0,15604	0,40308	0,15604	0,40965
0,256038462	0,40463	0,20604	0,38104	0,20604	0,38862	0,20604	0,38862	0,20604	0,39714	0,20604	0,40337
0,306038462	0,394786	0,25604	0,37481	0,25604	0,38221	0,25604	0,38221	0,25604	0,39021	0,25604	0,39592
0,356038462	0,383341	0,30604	0,3677	0,30604	0,37431	0,30604	0,37431	0,30604	0,38172	0,30604	0,38718
0,406038462	0,370814	0,35604	0,35887	0,35604	0,36522	0,35604	0,36522	0,35604	0,37212	0,35604	0,37727
0,456038462	0,35628	0,40604	0,34874	0,40604	0,35448	0,40604	0,35448	0,40604	0,36072	0,40604	0,36533
0,506038462	0,340687	0,45604	0,33705	0,45604	0,34226	0,45604	0,34226	0,45604	0,3479	0,45604	0,35182
0,556038462	0,323523	0,50604	0,32329	0,50604	0,32794	0,50604	0,32794	0,50604	0,33296	0,50604	0,3367
0,606038462	0,30523	0,55604	0,3078	0,55604	0,31194	0,55604	0,31194	0,55604	0,3164	0,55604	0,31974
0,656038462	0,286466	0,60604	0,29155	0,60604	0,29527	0,60604	0,29527	0,60604	0,29928	0,60604	0,30207
0,706038462	0,266747	0,65604	0,27417	0,65604	0,27746	0,65604	0,27746	0,65604	0,281	0,65604	0,28366
0,756038462	0,246352	0,70604	0,25608	0,70604	0,25893	0,70604	0,25893	0,70604	0,26201	0,70604	0,26432
0,806038462	0,225209	0,75604	0,23733	0,75604	0,23974	0,75604	0,23974	0,75604	0,24235	0,75604	0,24431
0,856038462	0,203483	0,80604	0,21789	0,80604	0,21985	0,80604	0,21985	0,80604	0,22197	0,80604	0,22356
0,906038462	0,181126	0,85604	0,19791	0,85604	0,1994	0,85604	0,1994	0,85604	0,20102	0,85604	0,20223
0,956038462	0,15827	0,90604	0,17735	0,90604	0,17836	0,90604	0,17836	0,90604	0,17946	0,90604	0,18028
1,006038462	0,134655	0,95604	0,15634	0,95604	0,15685	0,95604	0,15685	0,95604	0,15742	0,95604	0,15784
1,056038462	0,110424	1,00604	0,13465	1,00604	0,13465	1,00604	0,13465	1,00604	0,13465	1,00604	0,13465
1,106038462	0,085581	1,05604	0,11243	1,05604	0,11189	1,05604	0,11189	1,05604	0,11131	1,05604	0,11087
1,156038462	0,060022	1,10604	0,08966	1,10604	0,08857	1,10604	0,08857	1,10604	0,08738	1,10604	0,08649
1,206038462	0,033821	1,15604	0,06627	1,15604	0,0646	1,15604	0,0646	1,15604	0,06277	1,15604	0,06141
1,256038462	0,006978	1,20604	0,04233	1,20604	0,04005	1,20604	0,04005	1,20604	0,03756	1,20604	0,03571
1,258638156	0,005669	1,25604	0,01783	1,25604	0,01493	1,25604	0,01493	1,25604	0,01175	1,25604	0,00939
1,261237851	0,004257	1,26332	0,01423	1,26198	0,0119	1,26198	0,0119	1,26059	0,00956	1,2596	0,00764
1,263837546	0,002841	1,2706	0,01061	1,26792	0,00887	1,26792	0,00887	1,26514	0,00719	1,26317	0,00574
1,266437241	0,001424	1,27788	0,00697	1,27386	0,00584	1,27386	0,00584	1,26969	0,0048	1,26674	0,00383
1,269036936	0,00058	1,28515	0,00333	1,2798	0,00279	1,2798	0,00279	1,27424	0,00241	1,2703	0,00192
		1,28648	0,00269	1,28089	0,00225	1,28089	0,00225				
		1,28781	0,00202	1,28198	0,00169	1,28198	0,00169				
		1,28914	0,00135	1,28306	0,00113	1,28306	0,00113				
		1,29047	0,00069	1,28415	0,00058	1,28415	0,00058				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6		Alteração 7		Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,42897046	0,02603846	0,43606029	0,15603846	0,4261235	0,25603846	0,41321503	0,31603846	0,40518519
0,026038462	0,42831712	0,03603846	0,43515039	0,20603846	0,41888513	0,26603846	0,41125915	0,32603846	0,40291123
0,036038462	0,42748795	0,04603846	0,43418707	0,25603846	0,41031154	0,27603846	0,40941551	0,33603846	0,40069286
0,046038462	0,42665235	0,05603846	0,43318606	0,30603846	0,40078678	0,28603846	0,40736827	0,34603846	0,39823304
0,056038462	0,42571434	0,06603846	0,43230179	0,35603846	0,38951464	0,29603846	0,4052638	0,35603846	0,39574019
0,106038462	0,42091499	0,07603846	0,43131129	0,40603846	0,37675899	0,30603846	0,40332764	0,40603846	0,38230408
0,156038462	0,41522568	0,08603846	0,43024039	0,45603846	0,36178768	0,31603846	0,40103587	0,45603846	0,36668249
0,206038462	0,40870089	0,09603846	0,42924318	0,50603846	0,34566798	0,32603846	0,39878495	0,50603846	0,35008455
0,256038462	0,40089918	0,10603846	0,42810872	0,55603846	0,32800617	0,33603846	0,39664933	0,55603846	0,33197921
0,306038462	0,39189215	0,11603846	0,42693926	0,60603846	0,30925467	0,34603846	0,39427111	0,60603846	0,31280336
0,356038462	0,38153545	0,12603846	0,42588693	0,65603846	0,29006334	0,35603846	0,39177421	0,65603846	0,29323107
0,406038462	0,36942771	0,13603846	0,42471368	0,70603846	0,26989421	0,40603846	0,37878412	0,70603846	0,27265534
0,456038462	0,35527156	0,14603846	0,42335596	0,75603846	0,2490318	0,45603846	0,36356502	0,75603846	0,251376
0,506038462	0,33979726	0,15603846	0,42220125	0,80603846	0,22749115	0,50603846	0,34726466	0,80603846	0,22940402
0,556038462	0,32250999	0,20603846	0,41516268	0,85603846	0,20515898	0,55603846	0,32943926	0,85603846	0,20661752
0,606038462	0,30454738	0,25603846	0,40692672	0,90603846	0,18226706	0,60603846	0,31053369	0,90603846	0,18325779
0,656038462	0,28587012	0,30603846	0,39760927	0,95603846	0,15885624	0,65603846	0,29120563	0,95603846	0,15936537
0,706038462	0,26624403	0,35603846	0,38661028	1,00603846	0,13465478	0,70603846	0,27089054	1,00603846	0,13465478
0,756038462	0,2459372	0,40603846	0,37413212	1,05603846	0,10981049	0,75603846	0,24987846	1,05603846	0,10927976
0,806038462	0,22488047	0,45603846	0,35946082	1,10603846	0,08432559	0,80603846	0,22818276	1,10603846	0,08323988
0,856038462	0,20323845	0,50603846	0,34357223	1,15603846	0,05809286	0,85603846	0,2056869	1,15603846	0,05642438
0,906038462	0,18096419	0,55603846	0,32612304	1,20603846	0,0311869	0,90603846	0,18262605	1,20603846	0,02890936
0,956038462	0,1581879	0,60603846	0,30757359	1,25603846	0,00360841	0,95603846	0,15904095	1,25603846	0,00069447
1,006038462	0,13465478	0,65603846	0,28856467	1,25734688	0,00291473	1,00603846	0,13465478	1,2562846	0,00066288
1,056038462	0,11050532	0,70603846	0,26858892	1,25865529	0,00218476	1,05603846	0,1096175	1,25653074	0,00053288
1,106038462	0,08574478	0,75603846	0,24792465	1,2599637	0,00145382	1,10603846	0,08393033	1,25677687	0,00039356
1,156038462	0,06027056	0,80603846	0,22649539	1,26127212	0,00072243	1,15603846	0,05748472	1,25702301	0,00025314
1,206038462	0,0341553	0,85603846	0,20447099			1,20603846	0,03035581	1,25726915	0,00011259
1,256038462	0,00740104	0,90603846	0,18180006			1,25603846	0,00254389		
1,258804766	0,00601366	0,95603846	0,15861649			1,25695314	0,00204485		
1,26157107	0,00451594	1,00603846	0,13465478			1,25786782	0,00153018		
1,264337374	0,00288242	1,05603846	0,11006005			1,2587825	0,00101507		
1,267103678	0,00150969	1,10603846	0,08483568			1,25969717	0,00049973		
		1,15603846	0,05887612						
		1,20603846	0,03225525						
		1,25603846	0,00497428						
		1,25786181	0,00403081						
		1,25968516	0,00302446						
		1,26150851	0,00201636						
		1,26333186	0,00100737						

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 73 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-60 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,671812799	0,580492943	0,600998017	0,62137106	0,645958192	0,66402289
0,671576654	0,577674151	0,599093564	0,61926711	0,643588888	0,66141241
0,666784517	0,577567259	0,599132763	0,61952045	0,639499769	0,65671168
0,664026758	0,576168249	0,597562886	0,6178079	0,637138125	0,65465846
0,664435623	0,574543446	0,593847219	0,61345944	0,635078639	0,65482994
0,650226711	0,57133553	0,591827373	0,61377517	0,633504081	0,65084052
0,639039468	0,565748925	0,58330828	0,60432517	0,624379565	0,64026916
0,629677437	0,5560943	0,577263758	0,59317559	0,613101133	0,62826816
0,618529442	0,550791253	0,569104117	0,58419985	0,603230851	0,61766139
0,607337548	0,54213586	0,559082228	0,57675145	0,59464397	0,60689355
0,594296149	0,535974742	0,55241393	0,56637494	0,582977044	0,595867
0,58301069	0,527001353	0,542249742	0,55709649	0,57309687	0,58559027
0,568471417	0,519853442	0,533205632	0,54667509	0,561431925	0,57288741
0,554304998	0,510115077	0,523748111	0,53647372	0,550459275	0,56016214
0,537057668	0,498154023	0,511538296	0,52331631	0,536265612	0,54632518
0,517418423	0,485408984	0,496926088	0,50772528	0,51960581	0,52885744
0,496903749	0,471121796	0,48176947	0,49175157	0,50276356	0,51057474
0,473487546	0,454017236	0,463683626	0,47275536	0,482782007	0,4906092
0,447903462	0,434935879	0,443606773	0,45175772	0,460787699	0,46785464
0,420007898	0,413787938	0,421437719	0,4286505	0,436664812	0,44295977
0,389665333	0,390453039	0,397049049	0,40330024	0,410273598	0,41578015
0,356920468	0,364824647	0,370326266	0,37558987	0,381492744	0,38619257
0,321934078	0,336921196	0,341293161	0,34554611	0,350353298	0,3542309
0,284158468	0,306860187	0,310076272	0,3133037	0,316999473	0,32004663
0,243785292	0,274202734	0,276212392	0,2783786	0,280923494	0,28311426
0,200765114	0,239091845	0,239854588	0,24093307	0,242298208	0,24361478
0,154855644	0,201499458	0,200970316	0,20093131	0,201083798	0,20150556
0,106170735	0,161215163	0,159341027	0,15814821	0,157048142	0,1565495
0,054695125	0,118341285	0,11507126	0,11269083	0,110301155	0,10885893
0,052150683	0,072879188	0,068157928	0,06455324	0,060833795	0,05842287
0,049395933	0,064543914	0,061127565	0,05865825	0,056594343	0,05502377
0,046630668	0,056087766	0,054023454	0,05272476	0,051945545	0,05131555
0,043857813	0,047550632	0,046863909	0,04675375	0,047268139	0,04758887
0,041077409	0,038932872	0,039649075	0,04074525	0,042568196	0,04384818
	0,037420731	0,038379672	0,03968551	0,037845822	0,04009356
	0,035844936	0,037057008	0,03858128		
	0,034265702	0,035731845	0,03747525		
	0,032683807	0,034404838	0,03636795		
	0,031099263	0,033075995	0,0352594		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,67605981	0,690186421	0,66615196	0,648152681	0,642274019
0,672003451	0,687366498	0,65492398	0,64548655	0,639521684
0,669455434	0,684774021	0,640927314	0,642830376	0,637459937
0,666671293	0,683811471	0,628746663	0,640139532	0,633962314
0,665242006	0,681338667	0,615824381	0,636431296	0,631678666
0,653703347	0,678063956	0,602677038	0,635313371	0,617323173
0,640902152	0,675600298	0,586712346	0,631343353	0,60026989
0,630290051	0,673638767	0,57131501	0,628741591	0,584146105
0,618287689	0,670399449	0,552750759	0,62719191	0,564683952
0,607216459	0,667411096	0,531860611	0,62390434	0,542854747
0,595887049	0,664767996	0,51022306	0,621247886	0,52040244
0,583736982	0,663704674	0,485631974	0,607834667	0,494899575
0,569168649	0,660359176	0,458871385	0,591481831	0,467212926
0,554784346	0,65730362	0,429829383	0,575829457	0,4372272
0,536637534	0,645626829	0,398249413	0,55694621	0,404676578
0,517764089	0,632463841	0,364298978	0,535721816	0,369738169
0,497221725	0,62115487	0,328107565	0,513796123	0,332550802
0,473836368	0,608639624	0,289104049	0,488879916	0,292519181
0,448300437	0,595865912	0,247490645	0,461788122	0,249856952
0,420465763	0,580405562	0,203216696	0,43240749	0,20450876
0,390206534	0,565364036	0,156033441	0,4004781	0,156220333
0,357559704	0,547225446	0,106059377	0,366170673	0,105113508
0,32268314	0,526777149	0,05327887	0,329618272	0,051170436
0,285035912	0,505528148	0,051934071	0,290240877	0,051115554
0,24480612	0,481367684	0,050515599	0,248244836	0,050864112
0,201948475	0,455045097	0,049094207	0,203577689	0,050594046
0,156221767	0,426407777	0,047670878	0,15598859	0,050321761
0,10774035	0,395326731		0,10559719	0,050049168
0,056491567	0,361842909		0,052386928	
0,053799539	0,326122201		0,051419391	
0,050880883	0,287604538		0,050420129	
0,047684699	0,246486956		0,049419498	
0,045008166	0,202720843		0,048417918	
0,042064304	0,156060122			
	0,106621783			
	0,054391275			
	0,052561795			
	0,050604211			
	0,048641145			
	0,046674341			

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 74 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-60 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,016529487	0,006386361	0,006339931	0,00627607	0,006186342	0,00612657
0,026790314	0,017031251	0,016871245	0,01670235	0,016466868	0,01631077
0,037284235	0,027611156	0,027340983	0,02705275	0,026869596	0,02663335
0,047733987	0,038258165	0,037886757	0,03748693	0,037263045	0,03690677
0,057939117	0,048948493	0,048647994	0,04816835	0,047670522	0,04703283
0,110719542	0,059849768	0,059327524	0,05848379	0,058057896	0,05749811
0,163377025	0,11343066	0,112896314	0,11134737	0,110317779	0,10940641
0,215183592	0,168145603	0,16607597	0,16501772	0,163271816	0,16192738
0,266577424	0,221470052	0,219557257	0,21813644	0,215889965	0,21415379
0,316611988	0,275356767	0,273185957	0,27004976	0,26740344	0,26583862
0,365509686	0,326923513	0,324210447	0,3219055	0,318924575	0,31649184
0,411023856	0,378024104	0,375019793	0,37148653	0,367932222	0,36506484
0,454888217	0,425476884	0,422664705	0,41903641	0,415200936	0,41209655
0,495005564	0,471056919	0,467088138	0,46305683	0,458720063	0,45585599
0,533100922	0,513821831	0,509003743	0,50470714	0,500049695	0,49635136
0,568991883	0,552688686	0,548152901	0,54371348	0,538877998	0,53503951
0,601936096	0,58839725	0,583709355	0,57915224	0,57415675	0,57064019
0,633052287	0,62208663	0,617378858	0,61278826	0,607728661	0,60369102
0,661813217	0,653349044	0,648660853	0,6440566	0,638952406	0,63485153
0,687865876	0,682263023	0,677604477	0,67298248	0,667826611	0,66365036
0,711457858	0,708644221	0,703986802	0,69931033	0,694058022	0,68976551
0,731771473	0,732786466	0,728092165	0,72330831	0,717897837	0,71343194
0,74804203	0,754154477	0,749324181	0,74432491	0,738629952	0,73388278
0,758745093	0,772294865	0,767163942	0,761776	0,755594553	0,75039642
0,761299377	0,786293579	0,780572684	0,77449865	0,76748243	0,76154358
0,750374548	0,794614905	0,787802539	0,78053344	0,772083937	0,76490962
0,713141448	0,794215177	0,785355572	0,77592806	0,764903726	0,75555347
0,61144567	0,778271649	0,765252624	0,75154297	0,73539279	0,72176549
0,255045812	0,729051351	0,706062227	0,68217224	0,653622116	0,62967765
0,217738383	0,581036345	0,522985803	0,46221409	0,385999286	0,32122133
0,172975402	0,527498212	0,468018703	0,40759605	0,339042089	0,27824128
0,122564065	0,455627904	0,397001812	0,33961599	0,278516241	0,22474444
0,065461095	0,35558872	0,302551358	0,25302755	0,205147098	0,16229572
0,000280173	0,208211294	0,171568097	0,13940528	0,114674606	0,08862424
	0,175114972	0,143261266	0,11567941	0,00056477	0,00051192
	0,1376232	0,111688748	0,08956599		
	0,096519388	0,077665176	0,06183569		
	0,05128954	0,040918158	0,03235146		
	0,001292623	0,001113931	0,00094506		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,016196647	0,02618277	0,158859782	0,259791016	0,317316957
0,026413708	0,036310932	0,20973576	0,269769557	0,326921187
0,036625923	0,046459074	0,260873699	0,27980639	0,336176871
0,046892493	0,056499477	0,310480144	0,28970575	0,345954
0,057074872	0,066686984	0,358413168	0,300023006	0,355002164
0,108666889	0,07697924	0,403985969	0,309218971	0,400206054
0,160895638	0,087203539	0,447558852	0,319505011	0,443368889
0,212634417	0,09739612	0,487289633	0,329120953	0,482675345
0,264222566	0,107771512	0,525143053	0,338232549	0,520271945
0,31435413	0,1181394	0,560839708	0,348033828	0,555786613
0,362817308	0,12851311	0,593584007	0,357345214	0,588328778
0,408977637	0,138548943	0,624503361	0,402711098	0,619078059
0,453044727	0,149009118	0,653022048	0,446130882	0,647400418
0,49328661	0,159516378	0,678960183	0,485702537	0,673084748
0,531847465	0,210865323	0,701857246	0,5234643	0,695620666
0,567339811	0,262183799	0,721467879	0,559100282	0,714718337
0,600299668	0,31178323	0,736687898	0,591777394	0,729174444
0,631393307	0,359940092	0,745765554	0,622644472	0,737058809
0,660114206	0,405754888	0,745735664	0,651103584	0,735102966
0,686115131	0,449512317	0,73044979	0,676963903	0,716489594
0,7096182	0,48943332	0,685010926	0,69974736	0,664540752
0,729811746	0,527400041	0,564422578	0,7191938	0,527911588
0,745920396	0,563173783	0,135389112	0,73416415	0,027130647
0,7564094	0,596001364	0,112310739	0,742844506	0,025929367
0,758683728	0,626988622	0,086637161	0,742163408	0,020951395
0,747407562	0,655585414	0,059382649	0,725736717	0,01555926
0,709832867	0,681412585	0,030420701	0,678034824	0,010063992
0,608500545	0,704675102		0,551786086	0,004501298
0,261898048	0,724503895		0,097073169	
0,223943659	0,740054114		0,079556195	
0,178207288	0,749653826		0,060756697	
0,121635865	0,750473981		0,041149964	
0,067644137	0,736665811		0,020692724	
0,000299701	0,694128097			
	0,580678438			
	0,182820006			
	0,15352371			
	0,119823953			
	0,083228862			
	0,043395702			

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 75 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-60 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,435035624	0,006038462	0,317254526	0,006038462	0,337513909	0,006038462	0,348137743
0,026038462	0,434148134	0,056038462	0,318190493	0,056038462	0,338228715	0,056038462	0,348919688
0,036038462	0,433435388	0,106038462	0,319395631	0,106038462	0,339023859	0,106038462	0,349424388
0,046038462	0,432585897	0,156038462	0,320224019	0,156038462	0,339065195	0,156038462	0,34905651
0,056038462	0,431636785	0,206038462	0,320393423	0,206038462	0,338320593	0,206038462	0,347732572
0,106038462	0,426584958	0,256038462	0,319518178	0,256038462	0,336252188	0,256038462	0,345024273
0,156038462	0,420404034	0,306038462	0,317183305	0,306038462	0,332489163	0,306038462	0,340509919
0,206038462	0,413198612	0,356038462	0,312884004	0,356038462	0,326851871	0,356038462	0,33413042
0,256038462	0,404630302	0,406038462	0,306636983	0,406038462	0,319291731	0,406038462	0,325726077
0,306038462	0,394785638	0,456038462	0,298261135	0,456038462	0,309628656	0,456038462	0,315539242
0,356038462	0,383340548	0,506038462	0,287751576	0,506038462	0,29789833	0,506038462	0,303343005
0,406038462	0,370814102	0,556038462	0,275808712	0,556038462	0,284914227	0,556038462	0,289629032
0,456038462	0,356280224	0,606038462	0,262819686	0,606038462	0,270977243	0,606038462	0,275208047
0,506038462	0,340686729	0,656038462	0,24882348	0,656038462	0,256026187	0,656038462	0,259766317
0,556038462	0,323523171	0,706038462	0,234142646	0,706038462	0,240390497	0,706038462	0,243639675
0,606038462	0,305230298	0,756038462	0,21884105	0,756038462	0,224138987	0,756038462	0,22688844
0,656038462	0,286466095	0,806038462	0,202979682	0,806038462	0,207258956	0,806038462	0,209491362
0,706038462	0,266747065	0,856038462	0,186606125	0,856038462	0,189862506	0,856038462	0,19156413
0,756038462	0,246351854	0,906038462	0,169739089	0,906038462	0,17194142	0,906038462	0,173094153
0,806038462	0,225208784	0,956038462	0,152469415	0,956038462	0,153592814	0,956038462	0,154182151
0,856038462	0,203482723	1,006038462	0,134654789	1,006038462	0,134654788	1,006038462	0,134654788
0,906038462	0,181125736	1,056038462	0,116388619	1,056038462	0,115228814	1,056038462	0,114618366
0,956038462	0,158269582	1,106038462	0,09768811	1,106038462	0,095329982	1,106038462	0,09408631
1,006038462	0,134654782	1,156038462	0,078489078	1,156038462	0,074886759	1,156038462	0,072983126
1,056038462	0,110423906	1,206038462	0,058848898	1,206038462	0,05395918	1,206038462	0,051370293
1,106038462	0,085580729	1,256038462	0,038779701	1,256038462	0,032557219	1,256038462	0,029256585
1,156038462	0,060021978	1,306038462	0,018296935	1,306038462	0,010693319	1,306038462	0,006652841
1,206038462	0,033820608	1,314971306	0,014612357	1,310929318	0,008718833	1,308981709	0,005416577
1,256038462	0,006978205	1,32390415	0,010898681	1,315820174	0,00655577	1,311924956	0,00407165
1,258638156	0,005668576	1,332836994	0,007172773	1,32071103	0,004386151	1,314868203	0,002723827
1,261237851	0,004256557	1,341769838	0,003434822	1,325601886	0,002212293	1,31781145	0,00137435
1,263837546	0,002841341	1,343411525	0,002779517				
1,266437241	0,001424382	1,345053212	0,002091531				
		1,346694899	0,001402827				
		1,348336586	0,000713722				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteracao 6		Alteracao 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,006038462	0,363557854	0,076038462	0,364082088	0,256038462	0,364918259	0,286038462	0,360028998
0,056038462	0,36418333	0,086038462	0,364038149	0,306038462	0,358585708	0,296038462	0,35867721
0,106038462	0,364220886	0,096038462	0,364179265	0,356038462	0,350484206	0,306038462	0,35726989
0,156038462	0,363383176	0,106038462	0,364165379	0,406038462	0,340320966	0,316038462	0,355663086
0,206038462	0,36107422	0,156038462	0,363365639	0,456038462	0,328390789	0,326038462	0,35413829
0,256038462	0,357173131	0,206038462	0,361499776	0,506038462	0,31498855	0,336038462	0,352492587
0,306038462	0,351540498	0,256038462	0,357673043	0,556038462	0,300033668	0,346038462	0,35078939
0,356038462	0,344191403	0,306038462	0,352147551	0,606038462	0,284395182	0,356038462	0,349255875
0,406038462	0,334683201	0,356038462	0,34466516	0,656038462	0,26805925	0,406038462	0,339083155
0,456038462	0,32361509	0,406038462	0,335012547	0,706038462	0,250858708	0,456038462	0,326948073
0,506038462	0,310583926	0,456038462	0,323618895	0,756038462	0,233010268	0,506038462	0,313617121
0,556038462	0,296109232	0,506038462	0,31067572	0,806038462	0,214471911	0,556038462	0,298945857
0,606038462	0,281031371	0,556038462	0,296163161	0,856038462	0,195368473	0,606038462	0,28328295
0,656038462	0,264914515	0,606038462	0,281089025	0,906038462	0,175676534	0,656038462	0,267101182
0,706038462	0,248111075	0,656038462	0,264978591	0,956038462	0,155505895	0,706038462	0,250051568
0,756038462	0,230670993	0,706038462	0,248182392	1,006038462	0,134654786	0,756038462	0,232350961
0,806038462	0,212561091	0,756038462	0,230746256	1,056038462	0,113240836	0,806038462	0,213956432
0,856038462	0,193903143	0,806038462	0,212634892	1,106038462	0,091273341	0,856038462	0,194990662
0,906038462	0,174678021	0,856038462	0,193969005	1,156038462	0,068667368	0,906038462	0,175430666
0,956038462	0,154991951	0,906038462	0,174729091	1,206038462	0,045487767	0,956038462	0,155385912
1,006038462	0,134654787	0,956038462	0,155021624	1,256038462	0,021740435	1,006038462	0,134654786
1,056038462	0,11377918	1,006038462	0,134654787	1,265193357	0,017352068	1,056038462	0,113354788
1,106038462	0,092376722	1,056038462	0,113742248	1,274348253	0,01292428	1,106038462	0,091494445
1,156038462	0,070365997	1,106038462	0,092294488	1,283503149	0,008477852	1,156038462	0,068989399
1,206038462	0,047810536	1,156038462	0,070229974	1,292658045	0,004012874	1,206038462	0,045904248
1,256038462	0,024717345	1,206038462	0,047612297	1,294303628	0,003242417	1,256038462	0,02224491
1,306038462	0,001301914	1,256038462	0,024448311	1,29594921	0,002438255	1,265440631	0,017754458
1,306594468	0,0010935	1,306038462	0,000725904	1,297594793	0,001633119	1,2748428	0,013221839
1,307150475	0,000833834	1,306344461	0,000722877	1,299240375	0,00082738	1,284244969	0,008669343
1,307706482	0,000568823	1,30665046	0,000591654			1,293647138	0,004097067
1,308262489	0,000303223	1,306956459	0,000446564			1,295332133	0,003311308
		1,307262458	0,000300066			1,297017128	0,002490182
		1,307568457	0,000153408			1,298702122	0,00166805
						1,300387117	0,00084528

b) Resultados das geometrias G2-A4 à G2-A7

Alteracao 8		Alteracao 9		Alteracao 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,296038462	0,363717169	0,326038462	0,370164155	0,336038462	0,369941519
0,306038462	0,362287162	0,336038462	0,368351113	0,346038462	0,367999061
0,316038462	0,360732289	0,346038462	0,366206838	0,356038462	0,365743808
0,326038462	0,358947621	0,356038462	0,364175456	0,406038462	0,354257313
0,336038462	0,357237232	0,406038462	0,35291347	0,456038462	0,340617191
0,346038462	0,355451817	0,456038462	0,339493461	0,506038462	0,326059363
0,356038462	0,35360636	0,506038462	0,325055052	0,556038462	0,310185521
0,406038462	0,343196338	0,556038462	0,309279712	0,606038462	0,293333418
0,456038462	0,330636875	0,606038462	0,292516234	0,656038462	0,276026306
0,506038462	0,316965299	0,656038462	0,275281729	0,706038462	0,257801145
0,556038462	0,301967478	0,706038462	0,257139759	0,756038462	0,238901398
0,606038462	0,285985011	0,756038462	0,238328912	0,806038462	0,219342074
0,656038462	0,269501163	0,806038462	0,218790988	0,856038462	0,199031944
0,706038462	0,252136589	0,856038462	0,198661717	0,906038462	0,17816399
0,756038462	0,234114517	0,906038462	0,177907953	0,956038462	0,156781914
0,806038462	0,215387068	0,956038462	0,156647864	1,006038462	0,134654784
0,856038462	0,196080261	1,006038462	0,134654785	1,056038462	0,1119128
0,906038	0,176168134	1,056038462	0,112056967	1,106038462	0,08856005
0,956038	0,155762731	1,106038462	0,088859769	1,156038462	0,064502947
1,006038462	0,134654786	1,156038462	0,064970517	1,206038462	0,03980979
1,056038462	0,112965063	1,206038462	0,04045712	1,256038462	0,01448392
1,106038462	0,090700983	1,256038462	0,015323272	1,261757483	0,011547651
1,156038462	0,067775692	1,262135129	0,012219116	1,267476505	0,008603395
1,206038462	0,044254764	1,268231796	0,009103896	1,273195527	0,005650963
1,256038462	0,020143413	1,274328464	0,005979571	1,278914549	0,00269036
1,26439279	0,016073705	1,280425131	0,002846152	1,279953947	0,002174808
1,272747118	0,011971894	1,281532678	0,002300233	1,280993345	0,001636135
1,281101446	0,007853895	1,282640225	0,001730316	1,282032743	0,001096933
1,289455774	0,003719767	1,283747773	0,001159826	1,283072141	0,000557459
1,29095917	0,003006464	1,28485532	0,000589032		
1,292462566	0,002261152				
1,293965963	0,001514975				
1,295469359	0,000768273				

c) Resultados das geometrias G2-A8 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 76 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-60 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,671812799	0,471679072	0,508568178	0,53011885	0,559282046	0,548929465
0,671576654	0,468289419	0,503432743	0,522793571	0,550018975	0,547113283
0,666784517	0,462865925	0,496472174	0,514887952	0,541494068	0,545482138
0,664026758	0,458415759	0,491004569	0,508955858	0,533382474	0,543793666
0,664435623	0,45503352	0,486099038	0,503120772	0,526676276	0,535653262
0,650226711	0,452345656	0,482202521	0,498515818	0,519254938	0,528294816
0,639039468	0,448296677	0,476268002	0,491960858	0,513094779	0,521264484
0,629677437	0,445193473	0,472128179	0,486902363	0,507017566	0,514798634
0,618529442	0,442214041	0,467641551	0,480386275	0,499290894	0,508119862
0,607337548	0,437453875	0,461225771	0,474079383	0,491979664	0,5002564
0,594296149	0,430769366	0,452688976	0,465249007	0,481852729	0,492061496
0,58301069	0,423052037	0,443325889	0,454255159	0,46950542	0,482665529
0,568471417	0,41385235	0,432518108	0,44259877	0,456686519	0,470230569
0,554304998	0,402276668	0,419167808	0,428300173	0,441069341	0,457396334
0,537057668	0,388877241	0,403938737	0,412097499	0,423514072	0,441741475
0,517418423	0,373664772	0,386732495	0,393885581	0,403907591	0,424150779
0,496903749	0,356249881	0,367445576	0,373555384	0,382133969	0,404507174
0,473487546	0,336802483	0,345943308	0,350967339	0,358046506	0,382693984
0,447903462	0,315244033	0,32225087	0,326150019	0,331679739	0,358559162
0,420007898	0,291650752	0,296456957	0,299199587	0,303141391	0,332139901
0,389665333	0,265689483	0,268191766	0,269725227	0,272010162	0,303544657
0,356920468	0,237462423	0,237571003	0,237851016	0,238421798	0,272349421
0,321934078	0,206949658	0,204569367	0,203548141	0,202343144	0,238691742
0,284158468	0,173986227	0,169005974	0,166627543	0,163573591	0,20254
0,243785292	0,138663252	0,130974627	0,127184839	0,122211543	0,163684279
0,200765114	0,1010011	0,090487278	0,085227771	0,07825884	0,122232977
0,154855644	0,061051229	0,047582567	0,04078858	0,032162948	0,078184867
0,106170735	0,053714893	0,04364904	0,03832191	0,03174851	0,031521181
0,054695125	0,046274209	0,039310837	0,035626117	0,031228824	0,031521978
0,052150683	0,038765043	0,034945539	0,032919381	0,030698081	0,03126043
0,049395933	0,031188341	0,030558024	0,030204284	0,030165954	0,030970436
0,046630668	0,029857218	0,02614846	0,027480876	0,029633417	0,030677497
0,043857813	0,028456643				0,030384176
0,041077409	0,027053165				0,030090731
	0,025647449				
	0,024239507				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,534739455	0,528776201	0,536663336	0,556335367	0,558443349
0,527886912	0,527274933	0,536107798	0,55498522	0,55705995
0,520692376	0,525744147	0,534464158	0,551939937	0,554050096
0,511888884	0,523099908	0,531683716	0,55025908	0,545250809
0,502981273	0,521680147	0,53016846	0,541570585	0,532993682
0,492899178	0,520263979	0,52863105	0,52964157	0,521146673
0,479642302	0,518800288	0,527198906	0,517948044	0,506387555
0,465468023	0,518572592	0,51963039	0,503405141	0,48944868
0,449636309	0,510385086	0,509175257	0,486693982	0,471634976
0,431222153	0,500586441	0,498752003	0,469059159	0,451033704
0,410731841	0,490685317	0,485652598	0,44867379	0,428300328
0,388044493	0,478187406	0,470458919	0,426163017	0,403322555
0,363005063	0,463623957	0,454272036	0,401396153	0,375877199
0,33565382	0,448028051	0,435442499	0,374210205	0,346070506
0,306106236	0,429841954	0,414524396	0,344654132	0,314021081
0,273920117	0,409584985	0,391394464	0,31286122	0,279234403
0,239240263	0,387136984	0,365888085	0,278344187	0,241878471
0,202029383	0,362335416	0,338051741	0,241267368	0,20190654
0,162080444	0,335224427	0,308005906	0,201586113	0,159096026
0,11949426	0,305919091	0,275295431	0,159078928	0,113554194
0,074269712	0,273978285	0,24007108	0,113851942	0,065273227
0,06574691	0,239546892	0,202292468	0,065897733	0,059577801
0,057093969	0,20258671	0,161749859	0,059869777	0,053847112
0,048353681	0,162892895	0,118546	0,053797502	0,048080808
0,039526375	0,12056668	0,072678778	0,047684942	0,042278916
0,037999869	0,075608159	0,064789096	0,041532142	0,04126783
0,03640313	0,066906531	0,05679322	0,040459163	0,040209471
0,034802822	0,058067201	0,048723811	0,039336959	0,039149415
0,033199704	0,049136056	0,040581098	0,038212874	0,038088178
0,031593785	0,040113468	0,039173633	0,037087456	0,037025765
	0,03855949	0,037699937	0,03596071	
	0,036931987	0,036223175		
	0,035300797	0,034744038		
	0,033666672	0,033262534		
	0,032029624			

b) Resultados das geometrias G2-A5 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 77 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-60 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,016529487	0,006464094	0,006378065	0,00631138	0,006247253	0,080266851
0,026790314	0,060600916	0,05992049	0,059525297	0,059053919	0,091113432
0,037284235	0,116454778	0,115244153	0,114531259	0,113515376	0,102046945
0,047733987	0,173478699	0,171494213	0,170320693	0,169191237	0,113018115
0,057939117	0,230891865	0,22822967	0,226642606	0,224812863	0,168465856
0,110719542	0,287839563	0,284158717	0,282030481	0,280300251	0,224388251
0,163377025	0,344620368	0,340033912	0,337128415	0,333713603	0,27961046
0,215183592	0,39824618	0,39229078	0,388858128	0,384675086	0,333183456
0,266577424	0,448104506	0,441226801	0,438176663	0,433179179	0,384368918
0,316611988	0,494864159	0,487247014	0,483085399	0,477422867	0,432768582
0,365509686	0,537992917	0,529995043	0,525112297	0,519120656	0,477349083
0,411023856	0,576951297	0,568742925	0,564244311	0,558131203	0,518399636
0,454888217	0,612537645	0,604294782	0,599751364	0,59354948	0,557371994
0,495005564	0,645826631	0,637743293	0,633262863	0,627116628	0,592749953
0,533100922	0,676575844	0,668729195	0,664349363	0,658304458	0,626313888
0,568991883	0,70471036	0,697382043	0,693116611	0,687187088	0,657505195
0,601936096	0,730926548	0,72359604	0,719427473	0,713582224	0,686392384
0,633052287	0,754855839	0,747734955	0,743636843	0,737834259	0,712785397
0,661813217	0,776429016	0,769401764	0,765300073	0,759427091	0,73702959
0,687865876	0,795454107	0,788323997	0,784094861	0,777963824	0,758596668
0,711457858	0,811488101	0,80391675	0,799346263	0,792631603	0,777079024
0,731771473	0,823788053	0,815206304	0,809932952	0,80207819	0,791644239
0,74804203	0,830935575	0,820312393	0,813672536	0,803645307	0,800911038
0,758745093	0,830016589	0,815258614	0,805875745	0,791483879	0,802162041
0,761299377	0,814625953	0,790786894	0,775278937	0,750918276	0,789419686
0,750374548	0,767540716	0,719254937	0,686223475	0,631380976	0,74767358
0,713141448	0,622959824	0,467133227	0,33903507	0,084140017	0,625099614
0,61144567	0,569327239	0,416757165	0,294463517	0,071623655	0,047868801
0,255045812	0,496262659	0,349243305	0,23863333	0,055548133	0,047679177
0,217738383	0,392503921	0,263827347	0,173153067	0,038565274	0,039359766
0,172975402	0,235185278	0,15273924	0,095433787	0,020929574	0,029992867
0,122564065	0,199044083	0,002773016	0,00177744	0,002636753	0,020350728
0,065461095	0,15734039				0,010507169
0,000280173	0,111141312				0,000464601
	0,059717731				
	0,002146698				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,278085732	0,309963208	0,319322959	0,345260312	0,354293408
0,330863015	0,320505088	0,329152351	0,354968396	0,363822227
0,381420719	0,330992468	0,339489621	0,365408912	0,374063208
0,429635652	0,34199064	0,350321415	0,375025244	0,419865133
0,473871681	0,352255306	0,360372753	0,421114768	0,463837765
0,514683602	0,362355911	0,370316083	0,465233472	0,503895366
0,553576286	0,372383771	0,380069146	0,505445554	0,542080097
0,589322067	0,381637647	0,426810808	0,543699271	0,578062371
0,622470618	0,42933426	0,471308855	0,579714705	0,611074135
0,653697178	0,474046893	0,511835877	0,612772405	0,642279909
0,682622671	0,514754747	0,550249201	0,644001715	0,671172734
0,709030297	0,553247385	0,586329688	0,672922414	0,697662424
0,733255298	0,589352168	0,619432623	0,69924943	0,72142338
0,75472533	0,622472308	0,650659166	0,72328918	0,742372897
0,772983414	0,653686132	0,679582632	0,744352477	0,75968343
0,78710484	0,682597145	0,705961217	0,761847838	0,772124941
0,795552167	0,70898424	0,730128025	0,774594395	0,777646846
0,795279467	0,733189839	0,75146878	0,780620848	0,772107604
0,779492962	0,75463444	0,769484728	0,77595213	0,745955023
0,730682769	0,772859513	0,783172639	0,751443071	0,672927067
0,585166649	0,78693773	0,7908683	0,682080786	0,443582206
0,531438399	0,795333354	0,789264628	0,464840649	0,389229011
0,45911805	0,795012828	0,77094335	0,409975729	0,322305337
0,358156929	0,77924251	0,716563021	0,341573327	0,238158435
0,208868203	0,730814008	0,554049444	0,254325739	0,129523389
0,175769337	0,588145871	0,499247852	0,139652315	0,107355361
0,138149236	0,534442273	0,427000743	0,115959086	0,082957892
0,096908665	0,46199549	0,328660473	0,089794487	0,057170797
0,05153243	0,360623393	0,18811288	0,062013015	0,029887802
0,001379016	0,21029007	0,157686613	0,032477749	0,000977793
	0,177039262	0,123375005	0,00102088	
	0,139185611	0,086131492		
	0,097668453	0,045591341		
	0,051962848	0,001306207		
	0,001415284			

b) Resultados das geometrias G2-A5 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 78 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-80 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,046038462	0,457957921	0,00603846	0,37251808	0,006038462	0,385612241	0,016038462	0,40045022
0,056038462	0,456659344	0,01603846	0,37196585	0,016038462	0,384959564	0,026038462	0,39995871
0,066038462	0,455332236	0,02603846	0,37165335	0,026038462	0,384569749	0,036038462	0,39930156
0,076038462	0,453949116	0,03603846	0,37119589	0,036038462	0,384020781	0,046038462	0,39860278
0,086038462	0,452636754	0,04603846	0,3705839	0,046038462	0,383302925	0,056038462	0,39775711
0,096038462	0,451131645	0,05603846	0,37007142	0,056038462	0,38284028	0,106038462	0,39388254
0,106038462	0,449627428	0,10603846	0,36722986	0,106038462	0,379415115	0,156038462	0,38910409
0,156038462	0,441417713	0,15603846	0,36368614	0,156038462	0,375317829	0,206038462	0,38338005
0,206038462	0,432330377	0,20603846	0,35935629	0,206038462	0,370411485	0,256038462	0,37679029
0,256038462	0,42172001	0,25603846	0,35405682	0,256038462	0,364324805	0,306038462	0,36865689
0,306038462	0,41005179	0,30603846	0,34758223	0,306038462	0,35734466	0,356038462	0,35933748
0,356038462	0,396850561	0,35603846	0,33969122	0,356038462	0,348694194	0,406038462	0,34834406
0,406038462	0,381966378	0,40603846	0,3306526	0,406038462	0,338742098	0,456038462	0,33586515
0,456038462	0,365934661	0,45603846	0,31974771	0,456038462	0,327221992	0,506038462	0,32127427
0,506038462	0,348114019	0,50603846	0,3068117	0,506038462	0,313415488	0,556038462	0,3050251
0,556038462	0,329549012	0,55603846	0,29239394	0,556038462	0,298267047	0,606038462	0,28811759
0,606038462	0,309649619	0,60603846	0,27681204	0,606038462	0,282061591	0,656038462	0,27007409
0,656038462	0,289393741	0,65603846	0,26008802	0,656038462	0,264721695	0,706038462	0,25130588
0,706038462	0,268099993	0,70603846	0,24262594	0,706038462	0,246650763	0,756038462	0,23186818
0,756038462	0,246086753	0,75603846	0,2244728	0,756038462	0,227921955	0,806038462	0,21170621
0,806038462	0,223360225	0,80603846	0,20572868	0,806038462	0,208496911	0,856038462	0,1909833
0,856038462	0,199781907	0,85603846	0,18642001	0,856038462	0,188531889	0,906038462	0,16965739
0,906038462	0,175618422	0,90603846	0,16656132	0,906038462	0,167993249	0,956038462	0,14784961
0,956038462	0,150904379	0,95603846	0,14626262	0,956038462	0,146995923	1,006038462	0,12533052
1,006038462	0,125330516	1,00603846	0,12533052	1,006038462	0,125330522	1,056038462	0,10222848
1,056038462	0,099059375	1,05603846	0,10387894	1,056038462	0,103117405	1,106038462	0,07855773
1,106038462	0,0720922	1,10603846	0,08192715	1,106038462	0,080373722	1,156038462	0,05422173
1,156038462	0,044310725	1,15603846	0,05939031	1,156038462	0,057009312	1,206038462	0,02929046
1,206038462	0,015794251	1,20603846	0,0363343	1,206038462	0,033091923	1,256038462	0,00376843
1,211577103	0,01258608	1,25603846	0,01276722	1,256038462	0,008628042	1,257515	0,00305035
1,217115744	0,009374072	1,26145586	0,01040416	1,259565311	0,00702187	1,258991539	0,00228843
1,222654385	0,006153097	1,26687325	0,0078202	1,26309216	0,005276623	1,260468078	0,00152544
1,228193026	0,002923135	1,27229064	0,00522711	1,266619009	0,003526752	1,261944616	0,00076193
		1,27770804	0,00239847	1,270145858	0,001774185		
				1,270859929	0,00128169		
				1,271573999	0,000924717		
				1,27228807	0,00056927		
				1,27300214	0,000213734		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,016038462	0,41520778	0,026038462	0,426887647	0,076038462	0,4292079	0,3060385	0,4031533
0,026038462	0,41433129	0,036038462	0,425995173	0,086038462	0,4281099	0,3160385	0,4009305
0,036038462	0,41367863	0,046038462	0,425049299	0,096038462	0,4269308	0,3260385	0,3986219
0,046038462	0,41275189	0,056038462	0,424080475	0,106038462	0,4257986	0,3360385	0,3962995
0,056038462	0,41202231	0,106038462	0,418951548	0,116038462	0,424596	0,3460385	0,3937652
0,106038462	0,40741682	0,156038462	0,413059907	0,126038462	0,4233235	0,3560385	0,3912265
0,156038462	0,401967	0,206038462	0,406018706	0,136038462	0,4221619	0,4060385	0,377186
0,206038462	0,39561752	0,256038462	0,397813142	0,146038462	0,4207359	0,4560385	0,3616643
0,256038462	0,38809412	0,306038462	0,388469797	0,156038462	0,4195499	0,5060385	0,3444967
0,306038462	0,37929145	0,356038462	0,377641623	0,206038462	0,4122256	0,5560385	0,3260623
0,356038462	0,36923931	0,406038462	0,365074277	0,256038462	0,4035136	0,6060385	0,3065576
0,406038462	0,35727041	0,456038462	0,35042126	0,306038462	0,3938339	0,6560385	0,2866463
0,456038462	0,34367041	0,506038462	0,334526691	0,356038462	0,3825204	0,7060385	0,2657231
0,506038462	0,32845075	0,556038462	0,317076077	0,406038462	0,3695014	0,7560385	0,2440834
0,556038462	0,31141809	0,606038462	0,298526495	0,456038462	0,3543619	0,8060385	0,2217367
0,606038462	0,29386682	0,656038462	0,279491389	0,506038462	0,3380854	0,8560385	0,1985533
0,656038462	0,27516046	0,706038462	0,259496652	0,556038462	0,3202783	0,9060385	0,1747896
0,706038462	0,25572888	0,756038462	0,238807402	0,606038462	0,3013867	0,9560385	0,1504802
0,756038462	0,23561488	0,806038462	0,217343088	0,656038462	0,2820386	1,0060385	0,1253305
0,806038462	0,2147497	0,856038462	0,195284308	0,706038462	0,2617134	1,0560385	0,0994965
0,856038462	0,19330542	0,906038462	0,172573633	0,756038462	0,240686	1,1060385	0,0729825
0,906038462	0,17123185	0,956038462	0,149344226	0,806038462	0,2188692	1,1560385	0,0456732
0,956038462	0,14865641	1,006038462	0,125330519	0,856038462	0,1964489	1,2060385	0,0176466
1,006038462	0,12533052	1,056038462	0,100675975	0,906038462	0,1733633	1,2123348	0,0140682
1,056038462	0,10139048	1,106038462	0,075389458	0,956038462	0,1497491	1,2186311	0,0104776
1,106038462	0,07684773	1,156038462	0,04936371	1,006038462	0,1253305	1,2249275	0,0068756
1,156038462	0,05159992	1,206038462	0,022672981	1,056038462	0,1002554	1,2312238	0,0032623
1,206038462	0,0257193	1,214533164	0,018091006	1,106038462	0,0745309	1,2323608	0,0026311
1,215976128	0,02052946	1,223027867	0,013471311	1,156038462	0,048047	1,2334977	0,0019779
1,225913795	0,01528488	1,231522569	0,008832576	1,206038462	0,0208791	1,2346346	0,0013239
1,235851462	0,01001558	1,240017272	0,004174839	1,213723682	0,0166552	1,2357716	0,0006696
1,245789128	0,00472163	1,241540072	0,003367042	1,221408901	0,0124031		
1,247561792	0,00380785	1,243062872	0,002530599	1,229094121	0,0081348		
1,249334457	0,00286153	1,244585672	0,001693138	1,236779341	0,0038506		
1,251107121	0,00191396	1,246108472	0,000855059	1,238160805	0,0031056		
1,252879785	0,0009656			1,239542268	0,0023343		
				1,240923731	0,001562		
				1,242305194	0,0007893		

b) Resultados das geometrias G1-A4 à G1-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,286038462	0,4120507	0,3060385	0,4110208	0,3260385	0,4083555
0,296038462	0,4097497	0,3160385	0,4087771	0,3360385	0,4059046
0,306038462	0,407421	0,3260385	0,4063642	0,3460385	0,4031898
0,316038462	0,4050547	0,3360385	0,4036589	0,3560385	0,4005936
0,326038462	0,4027643	0,3460385	0,4010299	0,4060385	0,3855641
0,336038462	0,400327	0,3560385	0,3984778	0,4560385	0,3692414
0,346038462	0,3977176	0,4060385	0,3836886	0,5060385	0,3510911
0,356038462	0,3951367	0,4560385	0,3675519	0,5560385	0,3322633
0,406038462	0,3807017	0,5060385	0,3495739	0,6060385	0,3121059
0,456038462	0,3648501	0,5560385	0,3308834	0,6560385	0,2915982
0,506038462	0,3471415	0,6060385	0,3108711	0,7060385	0,270036
0,556038462	0,3286719	0,6560385	0,290494	0,7560385	0,2477404
0,606038462	0,3088924	0,7060385	0,2690729	0,8060385	0,2247163
0,656038462	0,2887277	0,7560385	0,2469225	0,8560385	0,200821
0,706038462	0,2675345	0,8060385	0,2240487	0,9060385	0,1763274
0,756038462	0,2456179	0,8560385	0,2003122	0,9560385	0,1512692
0,806038462	0,2229857	0,9060385	0,1759818	1,0060385	0,1253305
0,856038462	0,1995031	0,9560385	0,1510915	1,0560385	0,0986767
0,906038462	0,1754331	1,0060385	0,1253305	1,1060385	0,0713085
0,956038462	0,15081	1,0560385	0,098862	1,1560385	0,0431053
1,006038462	0,1253305	1,1060385	0,0716875	1,2060385	0,0141473
1,056038462	0,0991545	1,1560385	0,0436878	1,2109239	0,0112681
1,106038462	0,072285	1,2060385	0,0149425	1,2158094	0,0083921
1,156038462	0,0446044	1,2112367	0,0119044	1,2206949	0,005509
1,206038462	0,0161915	1,2164349	0,0088662	1,2255803	0,0026187
1,211737133	0,0129039	1,2216331	0,00582		
1,217435804	0,0096106	1,2268314	0,0027657		
1,223134475	0,0063079				
1,228833146	0,0029957				

c) Resultados das geometrias G1-A8 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 79 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-80 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,722928895	0,553111265	0,580009228	0,611615119	0,642011785	0,667947532
0,719724007	0,552756289	0,57967048	0,607666309	0,641700948	0,665231307
0,716936451	0,549993287	0,576373664	0,605457387	0,63700255	0,662744673
0,715445128	0,548375665	0,574489018	0,603485422	0,637524614	0,660923452
0,712324767	0,548434976	0,57475091	0,604222785	0,632959625	0,648724416
0,709285949	0,547149204	0,570865503	0,591976598	0,622819901	0,635580444
0,706264274	0,539802302	0,562466076	0,582205254	0,610467626	0,623919152
0,689577081	0,530587054	0,556265937	0,572793838	0,599775078	0,611020054
0,676550664	0,525277404	0,548091456	0,565037704	0,588915452	0,599722795
0,660711207	0,518474876	0,538247613	0,554097663	0,577781954	0,587401979
0,646837537	0,510897438	0,531398559	0,544380145	0,567575613	0,574585262
0,632604855	0,502305574	0,521376295	0,533499942	0,554590921	0,559244209
0,615769002	0,495236532	0,512310858	0,52284833	0,541738105	0,544193684
0,599896203	0,48579631	0,50276939	0,509212889	0,527738726	0,526122887
0,580664668	0,474256377	0,489823027	0,493173457	0,51018694	0,505771591
0,561023897	0,4617975	0,47616724	0,476717838	0,492498046	0,484519652
0,537904287	0,447726449	0,460978651	0,457264199	0,4716448	0,460414947
0,51423668	0,430936184	0,44295674	0,435796584	0,448762064	0,434140445
0,487414682	0,412168339	0,422940448	0,412203622	0,423728457	0,405521635
0,458376202	0,391409732	0,400832164	0,386328789	0,396377596	0,374485028
0,427004153	0,36830464	0,376486292	0,358103116	0,366637957	0,341036845
0,393005392	0,34301515	0,349839808	0,327523778	0,334511288	0,305341463
0,356611169	0,315455813	0,320884409	0,294728733	0,300149394	0,266836297
0,317950434	0,285740019	0,289744284	0,259220325	0,263020112	0,225716339
0,276384383	0,253435264	0,255957838	0,221164382	0,223304566	0,181945175
0,2321448	0,218680161	0,219675706	0,180533442	0,180970559	0,135273085
0,185181781	0,181456554	0,180875727	0,137096346	0,135776682	0,085816463
0,135228271	0,141555196	0,139338488	0,090960969	0,087835168	0,077173183
0,082411221	0,099077253	0,095168067	0,042119824	0,078036419	0,068411919
0,076375413	0,054025959	0,04836271	0,040725405	0,06806866	0,059569956
0,070314373	0,049437483	0,04524336	0,039242052	0,057992065	0,050647338
0,064218021	0,044383992	0,041836594	0,037755217	0,047806765	0,049097023
0,058086296	0,039294013	0,038412894	0,036266017	0,046044339	0,047488647
	0,033710305	0,034976146		0,044215337	0,045876869
	0,029019019	0,034002907		0,042381966	0,044262482
		0,033301571		0,040545116	0,042645496
		0,032602991		0,038704801	
		0,031903918			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,673058403	0,636486947	0,654827534	0,658040656	0,657065825
0,671127496	0,633316911	0,650427872	0,655418286	0,654562104
0,667806806	0,631029285	0,647527693	0,652251884	0,651532908
0,665663345	0,628850927	0,644557621	0,648645697	0,648874755
0,662742549	0,62523135	0,642203069	0,645436503	0,630948401
0,658732185	0,622794437	0,639989945	0,6430519	0,614193411
0,656657309	0,606601073	0,636190241	0,625514835	0,593926456
0,653927249	0,591047924	0,633690318	0,60900671	0,573462033
0,650511365	0,573239353	0,61677443	0,589082968	0,549500882
0,639272967	0,553129529	0,600692529	0,568890627	0,525071421
0,624954823	0,530665764	0,581322505	0,545261981	0,497470888
0,612584869	0,507537358	0,561582218	0,521115236	0,467664702
0,5995401	0,481377131	0,538488564	0,493833412	0,435532393
0,586061754	0,453022958	0,51480579	0,464349202	0,400772846
0,569880148	0,422358597	0,488038053	0,432543149	0,36362845
0,55421628	0,389098017	0,459071983	0,398117562	0,324229113
0,535426822	0,353464433	0,427789637	0,361310717	0,281922694
0,514332583	0,315575051	0,393898711	0,322249229	0,23694704
0,492417866	0,274815396	0,357630644	0,28028983	0,189252779
0,467587389	0,231404972	0,319107465	0,235666069	0,138569542
0,440577325	0,185300096	0,277699397	0,188330052	0,085027647
0,411208489	0,136238398	0,233633405	0,138013218	0,079623827
0,379406261	0,084344103	0,186863651	0,084844491	0,074213098
0,345179768	0,077611136	0,137124406	0,079139048	0,068774984
0,308701118	0,070830913	0,084542407	0,073418118	0,063309408
0,269389392	0,064005562	0,078362586	0,067666244	
0,227448107	0,057135048	0,072153116	0,061883359	
0,182838273	0,055933837	0,065906558		
0,135305478	0,054688489	0,05962286		
0,084968766	0,053441031			
0,077006912	0,052192088			
0,068954156	0,050941668			
0,060834857				
0,052649025				
0,05122343				
0,049744765				
0,048263201				
0,046779471				
0,045293586				

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 80 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-80 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,046416344	0,006472638	0,006389433	0,016712952	0,016508413	0,026485409
0,056589088	0,017177194	0,016951837	0,027272763	0,026757807	0,036729784
0,066752082	0,028003745	0,02765072	0,037827165	0,037248457	0,046993089
0,076786398	0,03882499	0,038340641	0,048396558	0,047438729	0,057227326
0,087013079	0,049511073	0,048865618	0,058712043	0,058056528	0,108990114
0,09721813	0,060323441	0,059812253	0,112291205	0,110397701	0,161396573
0,107440769	0,114811873	0,113841824	0,165974538	0,163523267	0,213395942
0,158971301	0,170224433	0,167559293	0,219482349	0,21629951	0,26530718
0,209548162	0,224339092	0,221615352	0,271736275	0,268540293	0,315502529
0,260098516	0,278272691	0,275823947	0,324065041	0,319746077	0,364301951
0,308773229	0,33137518	0,327539035	0,374039341	0,368638978	0,410595378
0,355477016	0,383206942	0,37897493	0,421950341	0,416304969	0,454789631
0,400861751	0,431466	0,427290186	0,466241392	0,460441389	0,495086331
0,442740282	0,477721546	0,472384086	0,508136292	0,501250648	0,533336426
0,482836142	0,521029602	0,515329395	0,547344616	0,540181195	0,569309943
0,519832727	0,560327255	0,554332991	0,582946492	0,575527872	0,602291133
0,555246542	0,596338085	0,590178599	0,616687523	0,609144617	0,633331132
0,587591515	0,630168683	0,623990035	0,647988535	0,640342207	0,661883505
0,618082842	0,661471424	0,65531745	0,676851453	0,669081632	0,687555407
0,645996545	0,690074736	0,684207168	0,702995288	0,695023288	0,710470905
0,671041897	0,71657813	0,710438278	0,726608891	0,718323404	0,72969254
0,69258177	0,740444701	0,734224722	0,746958906	0,738143041	0,744214541
0,710136596	0,761381615	0,754935729	0,763296369	0,753601368	0,752049886
0,722167462	0,778857085	0,771944202	0,774145351	0,762961458	0,749657194
0,726069252	0,791816453	0,784012761	0,776884751	0,763131591	0,729391062
0,717193743	0,798395307	0,788950602	0,765987442	0,7475039	0,671411556
0,685299447	0,794777439	0,782211413	0,727679072	0,699223843	0,507129991
0,602884017	0,771937615	0,752778355	0,618090888	0,56204612	0,453133117
0,367869676	0,703921322	0,667439726	0,178853137	0,509126219	0,383296266
0,317766489	0,47240756	0,356635598	0,1499056	0,438121874	0,290618073
0,258247537	0,422515592	0,311127771	0,116850276	0,339698577	0,162678803
0,186449283	0,355258857	0,253544934	0,081053256	0,195824501	0,135510885
0,098369824	0,269365139	0,185081913	0,042196487	0,16420478	0,105425768
	0,144684962	0,102541715		0,128683715	0,073104408
	0,001445871	0,076240346		0,089922111	0,038312135
		0,056196061		0,047488596	0,000762088
		0,035356301		0,000849081	
		0,013573115			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,077173547	0,308515397	0,286462855	0,304233616	0,322491633
0,087350018	0,318425705	0,296816297	0,313709821	0,331651716
0,097717426	0,327793744	0,306465197	0,323287652	0,340814192
0,107952601	0,337042742	0,316090881	0,332825151	0,349832555
0,118318641	0,346849493	0,325437486	0,342190336	0,39490264
0,128910036	0,355959543	0,334542162	0,351135798	0,43634182
0,13919451	0,401827543	0,344296266	0,396395403	0,476091946
0,149543506	0,444124321	0,35333557	0,438044461	0,512746509
0,160169764	0,484008248	0,398883226	0,477932088	0,547840207
0,21145456	0,521673342	0,440842895	0,514720072	0,5798503
0,263108503	0,557200254	0,480942322	0,549914862	0,609961542
0,313143204	0,589695382	0,517933748	0,58203999	0,637420796
0,361537583	0,620286638	0,553287689	0,612263	0,661896281
0,407436602	0,648309045	0,585591116	0,639852599	0,682691179
0,451320567	0,673491564	0,615991275	0,664490774	0,699243982
0,491304566	0,695234949	0,643788525	0,685503153	0,709894878
0,529361546	0,71307747	0,668686757	0,70235013	0,71180577
0,565197609	0,725558269	0,690046817	0,713417419	0,699943942
0,598031682	0,73021456	0,70736508	0,715952487	0,663268366
0,628943437	0,722661642	0,719098921	0,705069804	0,572341127
0,657344084	0,693319263	0,722631034	0,670060732	0,31937055
0,682807741	0,616814798	0,713308753	0,58241376	0,272736714
0,705437349	0,401593457	0,680947191	0,338049182	0,218814323
0,724233394	0,349750785	0,598487349	0,289978383	0,155620713
0,738110745	0,286899837	0,367616256	0,233798707	0,080681214
0,744922448	0,209422138	0,317571492	0,167227694	
0,740841217	0,111886006	0,258085421	0,087263965	
0,717562184	0,092262085	0,186316304		
0,65334589	0,071000535	0,098264758		
0,471665318	0,048680334			
0,41779245	0,025234456			
0,349662749	0,000578178			
0,261578267				
0,143962524				
0,119473611				
0,092572929				
0,063920911				
0,033360862				
0,000701026				

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 81 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B4-80 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,046038462	0,457957921	0,006038462	0,28794606	0,006038462	0,320945077	0,006038462	0,336408279
0,056038462	0,456659344	0,056038462	0,288986582	0,056038462	0,321915421	0,056038462	0,337265542
0,066038462	0,455332236	0,106038462	0,290292817	0,106038462	0,322711075	0,106038462	0,338287119
0,076038462	0,453949116	0,156038462	0,291676635	0,156038462	0,323089465	0,156038462	0,338354567
0,086038462	0,452636754	0,206038462	0,292636916	0,206038462	0,322779403	0,206038462	0,33737814
0,096038462	0,451131645	0,256038462	0,292857537	0,256038462	0,32121677	0,256038462	0,334848233
0,106038462	0,449627428	0,306038462	0,291841029	0,306038462	0,318048646	0,306038462	0,330485119
0,156038462	0,441417713	0,356038462	0,289022157	0,356038462	0,312917556	0,356038462	0,324182275
0,206038462	0,432330377	0,406038462	0,284148681	0,406038462	0,305900077	0,406038462	0,315817166
0,256038462	0,42172001	0,456038462	0,276988743	0,456038462	0,296727097	0,456038462	0,305666121
0,306038462	0,41005179	0,506038462	0,267864329	0,506038462	0,285451214	0,506038462	0,293512755
0,356038462	0,396850561	0,556038462	0,257168217	0,556038462	0,272826343	0,556038462	0,279865096
0,406038462	0,381966378	0,606038462	0,24506659	0,606038462	0,259194229	0,606038462	0,26551468
0,456038462	0,365934661	0,656038462	0,232094783	0,656038462	0,244551505	0,656038462	0,250147422
0,506038462	0,348114019	0,706038462	0,218430728	0,706038462	0,22921596	0,706038462	0,23408965
0,556038462	0,329549012	0,756038462	0,204149701	0,756038462	0,21323499	0,756038462	0,217399402
0,606038462	0,309649619	0,806038462	0,189326147	0,806038462	0,196680394	0,806038462	0,20005023
0,656038462	0,289393741	0,856038462	0,174006517	0,856038462	0,179589591	0,856038462	0,182166916
0,706038462	0,268099993	0,906038462	0,158212405	0,906038462	0,161979421	0,906038462	0,163731209
0,756038462	0,246086753	0,956038462	0,142029687	0,956038462	0,143944935	0,956038462	0,144844277
0,806038462	0,223360225	1,006038462	0,125330525	1,006038462	0,125330524	1,006038462	0,125330523
0,856038462	0,199781907	1,056038462	0,10820113	1,056038462	0,106234488	1,056038462	0,105295438
0,906038462	0,175618422	1,106038462	0,090662553	1,106038462	0,086676123	1,106038462	0,084756237
0,956038462	0,150904379	1,156038462	0,072656043	1,156038462	0,066585454	1,156038462	0,063635775
1,006038462	0,125330516	1,206038462	0,054236904	1,206038462	0,046022123	1,206038462	0,041996013
1,056038462	0,099059375	1,256038462	0,035419414	1,256038462	0,02499727	1,256038462	0,019845858
1,106038462	0,0720922	1,306038462	0,016222382	1,306038462	0,003524945	1,264998154	0,015841752
1,156038462	0,044310725	1,314488925	0,012956271	1,307680084	0,002863342	1,273957847	0,011803618
1,206038462	0,015794251	1,322939388	0,009666373	1,309321706	0,002151481	1,28291754	0,007749636
1,211577103	0,01258608	1,331389851	0,006366703	1,310963329	0,001438648	1,291877233	0,003679913
1,217115744	0,009374072	1,339840314	0,003352193	1,312604951	0,000725349	1,293497534	0,002975321
1,222654385	0,006153097	1,34171973	0,002366848			1,295117836	0,002237966
1,228193026	0,002923135	1,343599145	0,001627395			1,296738137	0,001499766
		1,345478561	0,000889526			1,298358439	0,000761051
		1,347357976	0,000151217				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,036038462	0,346453777	0,146038462	0,369338974	0,276038462	0,367523522	0,326038462	0,362185338
0,046038462	0,346649482	0,156038462	0,368751923	0,286038462	0,366066645	0,336038462	0,360252854
0,056038462	0,346747249	0,206038462	0,365820547	0,296038462	0,364457855	0,346038462	0,358325233
0,106038462	0,347525509	0,256038462	0,361268279	0,306038462	0,362673932	0,356038462	0,356232435
0,156038462	0,347642101	0,306038462	0,354534774	0,316038462	0,361036823	0,406038462	0,344563611
0,206038462	0,346340534	0,356038462	0,346185527	0,326038462	0,359257197	0,456038462	0,330940546
0,256038462	0,343215256	0,406038462	0,335590327	0,336038462	0,357230541	0,506038462	0,316429931
0,306038462	0,338273916	0,456038462	0,323042746	0,346038462	0,355298532	0,556038462	0,300617475
0,356038462	0,331255066	0,506038462	0,309281776	0,356038462	0,35331221	0,606038462	0,283830607
0,406038462	0,322084009	0,556038462	0,293995583	0,406038462	0,34224469	0,656038462	0,266572148
0,456038462	0,311187169	0,606038462	0,278045864	0,456038462	0,329020477	0,706038462	0,248395017
0,506038462	0,298376754	0,656038462	0,261393352	0,506038462	0,31471336	0,756038462	0,229533987
0,556038462	0,284192704	0,706038462	0,24386549	0,556038462	0,299066949	0,806038462	0,209922666
0,606038462	0,269407774	0,756038462	0,225675036	0,606038462	0,282428594	0,856038462	0,189708558
0,656038462	0,253601945	0,806038462	0,206770583	0,656038462	0,265286092	0,906038462	0,168850797
0,706038462	0,237104727	0,856038462	0,187290599	0,706038462	0,247246744	0,956038462	0,147469083
0,756038462	0,219963577	0,906038462	0,167202862	0,756038462	0,228534492	1,006038462	0,125330521
0,806038462	0,202142907	0,956038462	0,146619696	0,806038462	0,209089396	1,056038462	0,102564382
0,856038462	0,183770122	1,006038462	0,125330522	0,856038462	0,18905638	1,106038462	0,079179562
0,906038462	0,16482272	1,056038462	0,103455695	0,906038462	0,168397809	1,156038462	0,055080559
0,956038462	0,145405084	1,106038462	0,081007623	0,956038462	0,147230448	1,206038462	0,03033629
1,006038462	0,125330523	1,156038462	0,057897363	1,006038462	0,125330522	1,256038462	0,004950338
1,056038462	0,104709585	1,206038462	0,034191309	1,056038462	0,10282376	1,257988492	0,004019061
1,106038462	0,083557288	1,256038462	0,009894972	1,106038462	0,079720986	1,259938523	0,003016854
1,156038462	0,061792968	1,260111081	0,008058097	1,156038462	0,055928933	1,261888553	0,002012862
1,206038462	0,039479918	1,2641837	0,006053605	1,206038462	0,031515641	1,263838584	0,001007893
1,256038462	0,016625937	1,268256319	0,004043035	1,256038462	0,006485438		
1,263313315	0,013265942	1,272328938	0,002028581	1,258629506	0,005272497		
1,270588168	0,00988554			1,261220551	0,003959532		
1,277863022	0,006493988			1,263811596	0,002643677		
1,285137875	0,003091333			1,26640264	0,001326169		
1,286459725	0,00250029						
1,287781575	0,001881107						
1,289103425	0,001261274						
1,290425275	0,000641073						

b) Resultados das geometrias G2-A4 à G2-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,326038462	0,366674617	0,306038462	0,38315182	0,316038462	0,386026344
0,336038462	0,364730899	0,316038462	0,380997018	0,326038462	0,383739171
0,346038462	0,36263399	0,326038462	0,378801578	0,336038462	0,381386732
0,356038462	0,360455333	0,336038462	0,376534448	0,346038462	0,378973212
0,406038462	0,348168169	0,346038462	0,374207049	0,356038462	0,376699142
0,456038462	0,334533123	0,356038462	0,372000504	0,406038462	0,363011663
0,506038462	0,319349637	0,406038462	0,358733684	0,456038462	0,348160767
0,556038462	0,303419139	0,456038462	0,344237386	0,506038462	0,331742355
0,606038462	0,286340193	0,506038462	0,328177456	0,556038462	0,314670766
0,656038462	0,268801775	0,556038462	0,311430496	0,606038462	0,2963958
0,706038462	0,250332963	0,606038462	0,293498428	0,656038462	0,277718736
0,756038462	0,231173495	0,656038462	0,275144651	0,706038462	0,25805934
0,806038462	0,211252853	0,706038462	0,255825889	0,756038462	0,237688907
0,856038462	0,190721723	0,756038462	0,235802739	0,806038462	0,216614645
0,906038462	0,169536591	0,806038462	0,215084204	0,856038462	0,19471995
0,956038462	0,147819238	0,856038462	0,193559353	0,906038462	0,172233918
1,006038462	0,125330521	0,906038462	0,17144989	0,956038462	0,149193987
1,056038462	0,102202327	0,956038462	0,148793665	1,006038462	0,125330519
1,106038462	0,078442903	1,006038462	0,12533052	1,056038462	0,100788525
1,156038462	0,053954535	1,056038462	0,101201605	1,106038462	0,075572388
1,206038462	0,028806986	1,106038462	0,076412394	1,156038462	0,049575106
1,256038462	0,003003272	1,156038462	0,050858733	1,206038462	0,022870346
1,257202353	0,002427902	1,206038462	0,024613106	1,214602608	0,018244467
1,258366245	0,001820029	1,215416445	0,019638554	1,223166754	0,013578807
1,259530136	0,001211446	1,224794428	0,014614337	1,2317309	0,008892524
1,260694028	0,000602505	1,234172412	0,009565963	1,240295046	0,004185653
		1,243550395	0,004493489	1,241818204	0,003377262
		1,245211907	0,003625812	1,243341362	0,002538508
		1,246873418	0,002725167	1,24486452	0,001698701
		1,24853493	0,001823337	1,246387678	0,000858235
		1,250196442	0,000920742		

c) Resultados das geometrias G2-A8 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 82 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B4-80 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,722928895	0,422584094	0,479810004	0,511989296	0,528393244	0,546010057
0,719724007	0,420154319	0,473891503	0,505847357	0,5266183	0,544600875
0,716936451	0,416688806	0,468483013	0,497074302	0,525075468	0,536515431
0,715445128	0,41267827	0,463276268	0,490636201	0,516320263	0,52756954
0,712324767	0,409536789	0,458245499	0,484328868	0,508300834	0,519550368
0,709285949	0,407189952	0,454661948	0,47793494	0,500923652	0,512120331
0,706264274	0,405891246	0,449217544	0,472470295	0,4933054	0,503145601
0,689577081	0,403297988	0,445001643	0,467236106	0,487626257	0,492558234
0,676550664	0,400448232	0,440963964	0,460577911	0,48129389	0,481806865
0,660711207	0,396271297	0,434953253	0,454173841	0,473679673	0,467869694
0,646837537	0,391625674	0,426950271	0,445276747	0,466575351	0,453021233
0,632604855	0,385765282	0,417987641	0,43427341	0,456730327	0,436490327
0,615769002	0,377418884	0,407535446	0,422588356	0,444785253	0,417369347
0,599896203	0,367392677	0,394652943	0,40830412	0,432319433	0,396150266
0,580664668	0,355615744	0,379905413	0,392118511	0,41715177	0,372688406
0,561023897	0,342077217	0,363275762	0,373923058	0,400061613	0,346875195
0,537904287	0,32646354	0,344410002	0,353590848	0,380931807	0,318722731
0,51423668	0,308899916	0,32345463	0,331020075	0,359628981	0,288351856
0,487414682	0,289312692	0,300327938	0,306215645	0,336045798	0,255301727
0,458376202	0,267769547	0,275114206	0,279274952	0,310190341	0,219723053
0,427004153	0,243964129	0,24745293	0,249801642	0,282166862	0,181586239
0,393005392	0,217988822	0,217455014	0,217920028	0,251558501	0,140676369
0,356611169	0,189834378	0,185104606	0,183609648	0,218498285	0,097096254
0,317950434	0,159349695	0,150224082	0,146679247	0,182961989	0,05084301
0,276384383	0,126625005	0,112906514	0,10722518	0,144751279	0,047295539
0,2321448	0,091690027	0,07316711	0,065255606	0,103964603	0,043401295
0,185181781	0,054611038	0,031049758	0,057508258	0,060606784	0,039484972
0,135228271	0,04816946	0,029731299	0,049644547	0,054105112	0,035550992
0,082411221	0,04164201	0,028308513	0,041701728	0,047531018	0,031599431
0,076375413	0,035058286	0,026882208	0,033680221	0,040903373	
0,070314373	0,029027673	0,025453426	0,032288177	0,034222364	
0,064218021	0,027031432	0,024022184	0,030828245	0,033059963	
0,058086296	0,025541172		0,029365079	0,031839822	
	0,024052518		0,027899348	0,03061735	
	0,022561251		0,026431063	0,029393116	
				0,028167128	

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,541536519	0,539863458	0,549164681	0,581923662	0,590501495
0,540531916	0,538013737	0,547639965	0,578687702	0,588223447
0,538671449	0,536635047	0,546226794	0,576527305	0,585903418
0,535845256	0,534616938	0,544110795	0,574325998	0,583523512
0,535065311	0,524747365	0,532753999	0,572069017	0,582239924
0,533200448	0,512483159	0,521639633	0,570798205	0,568485418
0,530204358	0,500627723	0,507740761	0,557783874	0,555419923
0,528453454	0,485914815	0,49317491	0,545286272	0,5391718
0,526799152	0,469052882	0,475716556	0,529741276	0,522466235
0,518166113	0,451263415	0,457362666	0,513658421	0,502581522
0,506511932	0,430727216	0,43622022	0,494491328	0,481972393
0,494917199	0,408056831	0,412929817	0,474536507	0,458389305
0,480586417	0,383099492	0,387335116	0,45166772	0,432614213
0,464128411	0,355735496	0,359317231	0,42661837	0,40452884
0,446641957	0,325987558	0,328899235	0,39927147	0,373869377
0,426481469	0,293992591	0,296222462	0,369370031	0,340812173
0,404196874	0,259250422	0,26077483	0,337080961	0,305472383
0,379637661	0,221929217	0,222729182	0,302514487	0,267282715
0,352694217	0,181993321	0,182048778	0,265120377	0,226440694
0,323381604	0,139217235	0,138503621	0,225088463	0,182902844
0,291830148	0,093709297	0,092203396	0,18237737	0,136422074
0,257555039	0,045462577	0,043139408	0,136744849	0,087115058
0,220717036	0,043668366	0,042030043	0,088305241	0,078422881
0,181283573	0,041730627	0,040855369	0,078955933	0,069609234
0,139031596	0,039787102	0,039678488	0,069456553	0,060712332
0,094066666	0,037839409	0,038500106	0,059858087	0,051732211
0,046382377	0,035887568		0,050160615	0,050187365
0,044039059			0,048498513	0,048581197
0,041491637			0,046769561	0,046971598
0,038934436			0,045036648	0,045359348
0,036369936			0,043300609	0,043744458
0,03379817			0,041561453	

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 83 – Resultados numéricos de η para o hélice B4-80 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,046416344	0,006548539	0,006428473	0,006314693	0,037607496	0,157221479
0,056589088	0,061344437	0,06058557	0,059464644	0,04823203	0,168154212
0,066752082	0,11757311	0,11625284	0,114854417	0,058897605	0,223590994
0,076786398	0,175526152	0,173194675	0,171263275	0,113592869	0,27904578
0,087013079	0,234317443	0,230980883	0,228425726	0,169849133	0,332374214
0,09721813	0,293078995	0,287895544	0,285498987	0,22672542	0,383048651
0,107440769	0,350213436	0,344852186	0,340701105	0,28351501	0,431025594
0,158971301	0,406089846	0,39846058	0,393160535	0,337891736	0,4760187
0,209548162	0,458549864	0,448294893	0,443118551	0,39000415	0,516993407
0,260098516	0,507330657	0,495149366	0,488480006	0,439411805	0,556084585
0,308773229	0,550867798	0,538465967	0,530885204	0,484084853	0,591995219
0,355477016	0,589955315	0,577627453	0,570309314	0,526149053	0,625272528
0,400861751	0,626297676	0,613451536	0,606026102	0,565441278	0,656565848
0,442740282	0,659605572	0,647000218	0,639678425	0,601070873	0,685468637
0,482836142	0,690209997	0,677981532	0,670831364	0,634757618	0,71173573
0,519832727	0,718106107	0,706294897	0,699584406	0,665980973	0,73562443
0,555246542	0,743963804	0,732590379	0,72579494	0,694812397	0,756479973
0,587591515	0,767469516	0,756451695	0,749770902	0,72107381	0,773686574
0,618082842	0,7885692	0,777733621	0,77102926	0,745057594	0,78602763
0,645996545	0,807074161	0,79612061	0,789159614	0,766223683	0,79136829
0,671041897	0,822556237	0,810959136	0,803334244	0,784095713	0,785295877
0,69258177	0,834252353	0,821099851	0,812105178	0,797723839	0,757233907
0,710136596	0,840704636	0,824275916	0,812580747	0,805449422	0,675918821
0,722167462	0,838905261	0,815515502	0,79822455	0,803921835	0,389050874
0,726069252	0,822160678	0,782400173	0,751783108	0,785432849	0,341697069
0,717193743	0,772222301	0,682967047	0,607960168	0,728906856	0,280634904
0,685299447	0,617462068	0,235977309	0,554604031	0,548388014	0,206682098
0,602884017	0,562710875	0,200438393	0,482079646	0,492981932	0,115547381
0,367869676	0,488755819	0,158375087	0,379442623	0,420579629	0,000660451
0,317766489	0,384812622	0,111660647	0,224648737	0,322891612	
0,258247537	0,246257801	0,059532605	0,189703829	0,184759002	
0,186449283	0,18697487	0,001009255	0,149635324	0,154847526	
0,098369824	0,136251696		0,105405892	0,121089113	
	0,079194529		0,056368237	0,084518102	
	0,014372815		0,001708326	0,044793473	
				0,001496721	

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,298158449	0,34812555	0,34647126	0,32070152	0,328818325
0,308306998	0,358115555	0,356193953	0,331159635	0,338518781
0,318780412	0,367741687	0,365628477	0,340942283	0,348135786
0,32966519	0,377578966	0,37538867	0,350635075	0,35768
0,33939448	0,42433265	0,42232778	0,360253361	0,36661455
0,349626174	0,468696795	0,46546834	0,369298869	0,412656371
0,360341604	0,50905689	0,50655669	0,415617197	0,454967086
0,370280785	0,5474936	0,544461234	0,45819999	0,495538512
0,380041153	0,58365705	0,5805697	0,498940306	0,532994998
0,426830078	0,616785393	0,613650165	0,536551841	0,568834393
0,471470855	0,648020964	0,644853021	0,572489357	0,60163411
0,512137163	0,676846782	0,67363682	0,605397856	0,632606424
0,550708643	0,702948734	0,699667351	0,636464126	0,661107601
0,58693611	0,726562753	0,723161884	0,665079122	0,68693275
0,620160922	0,746910999	0,743305504	0,691060603	0,709584244
0,651446729	0,763238183	0,759291378	0,713946906	0,72873621
0,680335019	0,774055479	0,769530592	0,733448717	0,74314723
0,70654303	0,776751241	0,771229316	0,74839997	0,750793805
0,73030859	0,765857563	0,758501159	0,756917328	0,748094534
0,750910007	0,727943633	0,716736038	0,75567322	0,727332589
0,767649508	0,621385442	0,599697435	0,737535995	0,668607767
0,779150783	0,217672659	0,139169357	0,684300683	0,503919076
0,782992304	0,18426991	0,115583703	0,535009167	0,449720535
0,774113374	0,144966898	0,089218801	0,481138367	0,37975243
0,740142666	0,101604463	0,061203677	0,41015614	0,287133653
0,6430899	0,053577437	0,031399941	0,313907598	0,159715583
0,279517727	0,000109909		0,177298231	0,132999023
0,239826064			0,148163167	0,103400087
0,191555437			0,115630495	0,071651265
0,136576821			0,080449207	0,037532952
0,073493364			0,042309954	0,000777075
0,000419635			0,000833571	

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 84 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-45 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,194025641	0,329141249	0,154025641	0,306011408	0,174025641	0,316583048	0,184025641	0,323458703
0,204025641	0,326375135	0,164025641	0,304069762	0,184025641	0,314270015	0,194025641	0,320719511
0,214025641	0,323554633	0,174025641	0,301898153	0,194025641	0,311722702	0,204025641	0,318117012
0,224025641	0,320522799	0,184025641	0,300044578	0,204025641	0,30949793	0,214025641	0,315476876
0,234025641	0,317622639	0,194025641	0,297960023	0,254025641	0,296731527	0,224025641	0,312962326
0,244025641	0,314849903	0,204025641	0,295843365	0,304025641	0,282813722	0,234025641	0,310214778
0,254025641	0,311689197	0,254025641	0,284327359	0,354025641	0,267754967	0,244025641	0,307256985
0,304025641	0,296107448	0,304025641	0,271834404	0,404025641	0,252043345	0,254025641	0,304597544
0,354025641	0,279771685	0,354025641	0,258396301	0,454025641	0,235535222	0,304025641	0,28977187
0,404025641	0,262439997	0,404025641	0,243923865	0,504025641	0,218439372	0,354025641	0,274057133
0,454025641	0,244348071	0,454025641	0,228566702	0,554025641	0,200468396	0,404025641	0,257376431
0,504025641	0,225383743	0,504025641	0,212730122	0,604025641	0,181764669	0,454025641	0,240192402
0,554025641	0,20584947	0,554025641	0,196031062	0,654025641	0,162445663	0,504025641	0,222142792
0,604025641	0,185458276	0,604025641	0,178809121	0,704025641	0,142438236	0,554025641	0,203296962
0,654025641	0,164322777	0,654025641	0,160961059	0,754025641	0,121717826	0,604025641	0,18367881
0,704025641	0,142438235	0,704025641	0,142438237	0,804025641	0,100389261	0,654025641	0,16342308
0,754025641	0,119795307	0,754025641	0,123300325	0,854025641	0,078314355	0,704025641	0,142438235
0,804025641	0,096483519	0,804025641	0,103616251	0,904025641	0,055555996	0,754025641	0,120693063
0,854025641	0,072328937	0,854025641	0,083274958	0,954025641	0,032131348	0,804025641	0,098300373
0,904025641	0,047400415	0,904025641	0,062335571	1,004025641	0,008062416	0,854025641	0,075103178
0,954025641	0,021708653	0,954025641	0,040821283	1,00737536	0,006554982	0,904025641	0,051167331
0,962475296	0,017312757	1,004025641	0,019036306	1,010725079	0,0049216	0,954025641	0,026506345
0,970924952	0,012874471	1,012763914	0,014874686	1,014074798	0,003283562	1,004025641	0,001111972
0,979374607	0,008415219	1,021502186	0,010951181	1,017424517	0,001642783	1,004463522	0,001108654
0,987824262	0,0039351	1,030240459	0,007013769	1,018095279	0,001497599	1,004901404	0,000905522
0,989308608	0,003172571	1,038978732	0,003062249	1,018766041	0,000858306	1,005339285	0,000682871
0,990792954	0,002384266	1,040333085	0,002412549	1,019436804	0,00082507	1,005777166	0,000457994
0,9922773	0,001594941	1,041687438	0,001852753	1,020107566	0,00052475	1,006215047	0,000232828
0,993761645	0,000804964	1,043041791	0,001239631				
		1,044396144	0,000625536				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,194025641	0,32732388	0,204025641	0,332896872	0,214025641	0,336140756	0,214025641	0,341246929
0,204025641	0,32459378	0,214025641	0,330120428	0,224025641	0,332998683	0,224025641	0,337827733
0,214025641	0,321625262	0,224025641	0,326932617	0,234025641	0,329820401	0,234025641	0,334718508
0,224025641	0,31898032	0,234025641	0,324060238	0,244025641	0,32642026	0,244025641	0,331212953
0,234025641	0,316099193	0,244025641	0,320960336	0,254025641	0,323345036	0,254025641	0,328038308
0,244025641	0,313178014	0,254025641	0,317826619	0,304025641	0,306539102	0,304025641	0,310573434
0,254025641	0,310211893	0,304025641	0,301419963	0,354025641	0,288709378	0,354025641	0,292601247
0,304025641	0,294799081	0,354025641	0,284353735	0,404025641	0,270393527	0,404025641	0,273501587
0,354025641	0,278496243	0,404025641	0,266584761	0,454025641	0,251093809	0,454025641	0,253724241
0,404025641	0,261356868	0,454025641	0,247870816	0,504025641	0,230860361	0,504025641	0,233102165
0,454025641	0,243452348	0,504025641	0,228253362	0,554025641	0,210056918	0,554025641	0,211783513
0,504025641	0,224679897	0,554025641	0,208057123	0,604025641	0,188320652	0,604025641	0,189494726
0,554025641	0,205322209	0,604025641	0,186963964	0,654025641	0,165784592	0,654025641	0,166383993
0,604025641	0,185110665	0,654025641	0,1650936	0,704025641	0,142438234	0,704025641	0,142438233
0,654025641	0,16412077	0,704025641	0,142438234	0,754025641	0,118267744	0,754025641	0,117641388
0,704025641	0,142438235	0,754025641	0,118986081	0,804025641	0,093368228	0,804025641	0,092091516
0,754025641	0,119963569	0,804025641	0,094829316	0,854025641	0,067536741	0,854025641	0,065572108
0,804025641	0,096815411	0,854025641	0,069779262	0,904025641	0,040848552	0,904025641	0,038161045
0,854025641	0,072823202	0,904025641	0,043908208	0,954025641	0,013310148	0,954025641	0,009820142
0,904025641	0,048055304	0,954025641	0,017224676	0,958858945	0,010816336	0,957490648	0,008015907
0,954025641	0,022522917	0,960480812	0,013725347	0,963692249	0,008111284	0,960955654	0,006025279
0,962846953	0,017963668	0,966935984	0,010209112	0,968525553	0,005394031	0,964420661	0,004026885
0,971668266	0,013356405	0,973391155	0,006679772	0,973358857	0,002668918	0,967885668	0,001849961
0,980489578	0,008726287	0,979846326	0,003137338	0,974305585	0,001921638		
0,989310891	0,004073436	0,980989724	0,002529458	0,975252313	0,001383425		
0,990855451	0,003283016	0,982133121	0,001901255	0,97619904	0,000847919		
0,992400012	0,002466878	0,983276519	0,001272338	0,977145768	0,000312157		
0,993944573	0,00164966	0,984419916	0,000643005				
0,995489134	0,000831739						

b) Resultados das geometrias G1-A4 à G1-A7

Alteracao 8		Alteracao 9		Alteracao 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,224025641	0,342516037	0,224025641	0,347674668	0,234025641	0,346824283
0,234025641	0,339310742	0,234025641	0,34419884	0,244025641	0,343253554
0,244025641	0,335725266	0,244025641	0,340512794	0,254025641	0,339492177
0,254025641	0,332443455	0,254025641	0,337135107	0,304025641	0,321004547
0,304025641	0,314695187	0,304025641	0,318747599	0,354025641	0,301678701
0,354025641	0,296102951	0,354025641	0,299678944	0,404025641	0,281629819
0,404025641	0,276522169	0,404025641	0,279751776	0,454025641	0,260475976
0,454025641	0,256272711	0,454025641	0,25900557	0,504025641	0,238708541
0,504025641	0,235276139	0,504025641	0,237507654	0,554025641	0,215891118
0,554025641	0,213360795	0,554025641	0,214979242	0,604025641	0,192335179
0,604025641	0,190560613	0,604025641	0,191714586	0,654025641	0,167827295
0,654025641	0,166924736	0,654025641	0,16751173	0,704025641	0,142438231
0,704025641	0,142438232	0,704025641	0,142438232	0,754025641	0,116148392
0,754025641	0,11708399	0,754025641	0,116475351	0,804025641	0,089062144
0,804025641	0,090962164	0,804025641	0,089725959	0,854025641	0,060932749
0,854025641	0,063845634	0,854025641	0,061950219	0,904025641	0,031845715
0,904025641	0,035815122	0,904025641	0,033231919	0,954025641	0,001802371
0,954025641	0,006874068	0,954025641	0,003573096	0,954625564	0,001432576
0,956400837	0,005569211	0,955230374	0,002877002	0,955225488	0,001066806
0,958776033	0,004174041	0,956435107	0,002152109	0,955825411	0,00070096
0,961151229	0,002775225	0,95763984	0,001426209	0,956425335	0,00033498
0,963526426	0,001374361	0,958844573	0,000699764		

c) Resultados das geometrias G1-A8 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 85 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-45 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,379328656	0,327417807	0,350899796	0,366470937	0,377377213	0,392258054
0,377874085	0,326837973	0,349943582	0,364461648	0,375954726	0,391282295
0,376331043	0,325411794	0,348167366	0,363193982	0,373721723	0,388790692
0,374092115	0,325548724	0,347889232	0,361920901	0,372922231	0,387664329
0,372500906	0,324838179	0,341977709	0,361275013	0,371317575	0,385762681
0,371498328	0,324150227	0,334835867	0,359843278	0,369684735	0,383834984
0,369161321	0,319266777	0,325707049	0,357754228	0,367997366	0,372688251
0,359835256	0,314056774	0,315573706	0,356900612	0,358746835	0,360694612
0,349456758	0,307833761	0,303694289	0,348465033	0,347912795	0,347369397
0,336777728	0,299547322	0,290394983	0,338577509	0,335403776	0,331826887
0,322410925	0,289346655	0,274804592	0,326674002	0,3212264	0,314120526
0,305925523	0,278034807	0,257179824	0,313837965	0,304958919	0,294931579
0,287933927	0,264471733	0,23763993	0,298868341	0,287164662	0,273370335
0,267619643	0,249306599	0,215914036	0,281831471	0,267070735	0,249631945
0,245151713	0,232176264	0,19186579	0,262697523	0,244771394	0,223600241
0,220415535	0,21284635	0,165567805	0,241626897	0,220325869	0,195167039
0,193304569	0,191366191	0,136757817	0,218313329	0,193454012	0,164383496
0,163862639	0,167730042	0,105440583	0,192612532	0,164256325	0,130914081
0,131775336	0,14171732	0,071602044	0,164613033	0,132423061	0,094775566
0,097053293	0,113331817	0,035262117	0,134024755	0,097964965	0,055936134
0,059667825	0,082575941	0,032942277	0,100855208	0,060854732	0,05073083
0,05311802	0,049942253	0,030415415	0,065081795	0,05406889	0,045474572
0,046458633	0,043520307	0,027874633	0,026669216	0,047161181	0,040173391
0,039723534	0,037442114	0,025322998	0,02667107	0,040171433	0,034827274
0,032912843	0,031300141	0,025102924	0,026358272	0,033099823	0,033908067
0,031750255	0,025094809	0,024097038	0,026014644	0,031894752	0,032956624
0,03054604	0,024069428	0,024054069	0,025667396	0,030648092	0,0320033
0,0293389	0,023187966	0,023586368	0,02531958	0,029398321	0,031048554
0,028129414	0,022219623		0,024971528	0,028146029	0,030092395
0,026917591	0,021248764			0,026891224	
	0,020276425				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,40391889	0,414868935	0,423011729	0,435648632	0,439732354
0,401938512	0,412072978	0,421388732	0,433168526	0,437066414
0,399930704	0,410612558	0,418349622	0,429940731	0,433735988
0,397178419	0,407687116	0,416559588	0,427992943	0,4194312
0,395748676	0,406110042	0,403490044	0,413532275	0,403544479
0,384271068	0,393231831	0,388832495	0,398095812	0,386268089
0,370670997	0,379932418	0,372016332	0,380871252	0,366371619
0,356456232	0,363981794	0,353870077	0,361856386	0,345154861
0,339909572	0,346656973	0,333979077	0,341104087	0,321381477
0,321137978	0,327334028	0,311814144	0,317830832	0,295742366
0,30093182	0,306262135	0,287386471	0,292679607	0,267661721
0,278293652	0,282694878	0,260739599	0,265099943	0,237230425
0,253458744	0,256912853	0,23175268	0,235172359	0,204339365
0,226309066	0,228796285	0,200316415	0,202787623	0,169069767
0,196735769	0,198235624	0,166501422	0,168023181	0,131007982
0,164797014	0,165296128	0,129919765	0,130474349	0,09019503
0,13013751	0,129604182	0,090603178	0,090178771	0,046592596
0,092779031	0,09118625	0,048514061	0,047098221	0,046046967
0,052686889	0,04993956	0,046586619	0,046071305	0,045507302
0,048994773	0,047274017	0,044517868	0,04499984	0,044967326
0,044962314	0,044314898	0,042440329	0,043926033	0,044426947
0,04089731	0,041336908	0,040356449	0,042850588	
0,036806469	0,03807829			
0,035674585	0,035336849			
0,034864399				
0,034057865				
0,033250411				

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 86 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-45 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,267945161	0,229112339	0,249883692	0,258510254	0,267843601	0,275576847
0,280462524	0,242869289	0,263028849	0,271739521	0,280355788	0,287387677
0,292862332	0,256957052	0,276477395	0,284415417	0,293148549	0,29981976
0,305490868	0,26994063	0,288882773	0,296920241	0,304974463	0,311353305
0,317590638	0,283250177	0,350803229	0,308867345	0,317074603	0,323137044
0,329156393	0,296360546	0,408694554	0,321094349	0,329014729	0,334767586
0,341352624	0,36004983	0,463196455	0,333558939	0,340809287	0,391342176
0,398176811	0,418819216	0,513574538	0,345045837	0,397620156	0,444195476
0,451092041	0,472960524	0,560427901	0,402371639	0,451028296	0,493483714
0,501089982	0,523622032	0,603412876	0,456076666	0,501066109	0,539776951
0,547645695	0,570814514	0,643238346	0,506621084	0,547650198	0,582899428
0,590989326	0,613765656	0,679435261	0,553037141	0,591011102	0,622029971
0,630386508	0,653575297	0,711547031	0,596245447	0,630456215	0,657479217
0,666198635	0,689495446	0,739186998	0,636050205	0,666316619	0,688406532
0,697714486	0,721635529	0,76131237	0,672169164	0,697939523	0,713777612
0,724090737	0,749840668	0,775892221	0,7040168	0,72438542	0,731637458
0,743710536	0,773223873	0,778359554	0,731063231	0,744179809	0,738200671
0,75346524	0,79050942	0,758095671	0,75197606	0,754244972	0,724487763
0,746051815	0,798697878	0,681371096	0,76415416	0,747475898	0,666576812
0,702704518	0,79137982	0,365360631	0,761665589	0,705783377	0,46756157
0,552424391	0,750608181	0,319028391	0,729953706	0,561966534	0,413580629
0,49926841	0,609087229	0,260294937	0,618401461	0,509125622	0,345491373
0,428221806	0,550914502	0,190119304	0,066626741	0,437968693	0,257590999
0,330207202	0,475510389	0,105047937	0,06645227	0,338980925	0,140481754
0,187970704	0,367420911	0,096667356	0,054944669	0,193770721	0,116468662
0,157331618	0,201782426	0,057752825	0,042000394	0,162324556	0,090175423
0,12308437	0,165959775	0,055652246	0,028562737	0,127130912	0,062216213
0,085852701	0,132468416	0,036120837	0,014726182	0,088767567	0,032446896
0,045260397	0,092614185		0,000486613	0,04681947	0,00069111
0,000843975	0,048933207			0,000774146	
	0,000911603				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,283473814	0,280184286	0,28869972	0,284547356	0,293768112
0,295393378	0,292306871	0,299915055	0,295962088	0,305016407
0,307168264	0,303620488	0,31167376	0,307595825	0,316447741
0,319188369	0,315526558	0,322654956	0,318467456	0,370323094
0,33032726	0,326571682	0,377387597	0,372964808	0,421219133
0,385992207	0,382160664	0,4290768	0,424153906	0,468833747
0,438861147	0,43393499	0,477966004	0,472306277	0,513743526
0,487774552	0,483180332	0,52331	0,517217695	0,554787575
0,533793304	0,528886562	0,565107909	0,558551792	0,592330273
0,576674124	0,571252237	0,603349291	0,596417668	0,625202478
0,615486987	0,609745828	0,637444425	0,629706533	0,652666369
0,650534234	0,644398758	0,666390217	0,657734309	0,672767174
0,680850551	0,674125285	0,688668817	0,678654771	0,682130408
0,705233991	0,697567466	0,701434656	0,689285002	0,674088972
0,721421752	0,712171655	0,699089641	0,683343293	0,632184815
0,725003008	0,712930136	0,667954714	0,645369964	0,508006503
0,705388943	0,687687563	0,568753233	0,530214978	0,058736405
0,633472434	0,6021321	0,215142574	0,115191494	0,047268282
0,383584025	0,29857485	0,18196698	0,094937531	0,035639387
0,33690331	0,258395443	0,143073654	0,072799603	0,02371346
0,276693829	0,207946133	0,100030223	0,049486142	0,011477403
0,203305858	0,149526397	0,052224163	0,024920881	
0,112332201	0,074839231			
0,083527217	0,000654526			
0,061590048				
0,038680813				
0,014600111				

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 87 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-45 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,194025641	0,329141249	0,134025641	0,28364451	0,154025641	0,291503582	0,174025641	0,301699116
0,204025641	0,326375135	0,144025641	0,282082984	0,164025641	0,289933157	0,184025641	0,299606584
0,214025641	0,323554633	0,154025641	0,280615318	0,174025641	0,288005521	0,194025641	0,297475598
0,224025641	0,320522799	0,164025641	0,27910799	0,184025641	0,286335979	0,204025641	0,295284074
0,234025641	0,317622639	0,174025641	0,277693256	0,194025641	0,284457155	0,254025641	0,283664491
0,244025641	0,314849903	0,184025641	0,276087747	0,204025641	0,28240041	0,304025641	0,2709971
0,254025641	0,311689197	0,194025641	0,274434706	0,254025641	0,272222194	0,354025641	0,257334815
0,304025641	0,296107448	0,204025641	0,272591821	0,304025641	0,260644572	0,404025641	0,243042215
0,354025641	0,279771685	0,254025641	0,263511097	0,354025641	0,248436494	0,454025641	0,227988286
0,404025641	0,262439997	0,304025641	0,253115909	0,404025641	0,235306282	0,504025641	0,212347036
0,454025641	0,244348071	0,354025641	0,241550036	0,454025641	0,22135293	0,554025641	0,195873254
0,504025641	0,225383743	0,404025641	0,229428351	0,504025641	0,206919207	0,604025641	0,178689647
0,554025641	0,20584947	0,454025641	0,216484548	0,554025641	0,191663087	0,654025641	0,160898332
0,604025641	0,185458276	0,504025641	0,202837255	0,604025641	0,175882929	0,704025641	0,142438237
0,654025641	0,164322777	0,554025641	0,188543567	0,654025641	0,159489449	0,754025641	0,123292774
0,704025641	0,142438235	0,604025641	0,173796354	0,704025641	0,142438238	0,804025641	0,103553329
0,754025641	0,119795307	0,654025641	0,158392591	0,754025641	0,12478841	0,854025641	0,083104463
0,804025641	0,096483519	0,704025641	0,142438238	0,804025641	0,106598547	0,904025641	0,062002071
0,854025641	0,072328937	0,754025641	0,125940764	0,854025641	0,087775974	0,954025641	0,040264928
0,904025641	0,047400415	0,804025641	0,108956635	0,904025641	0,068372967	1,004025641	0,017883113
0,954025641	0,021708653	0,854025641	0,091409965	0,954025641	0,04841278	1,01201566	0,014306073
0,962475296	0,017312757	0,904025641	0,073351039	1,004025641	0,027926126	1,02000568	0,010666073
0,970924952	0,012874471	0,954025641	0,054807439	1,054025641	0,006940115	1,027995699	0,007011685
0,979374607	0,008415219	1,004025641	0,035816768	1,057332661	0,005675567	1,035985718	0,003343183
0,987824262	0,0039351	1,054025641	0,016434679	1,06063968	0,00427423	1,037442013	0,00270537
0,989308608	0,003172571	1,062504954	0,013130168	1,0639467	0,002869748	1,038898307	0,002035692
0,990792954	0,002384266	1,070984267	0,009801961	1,067253719	0,001463488	1,040354602	0,001365272
0,9922773	0,001594941	1,07946358	0,006754913			1,041810896	0,000694388
0,993761645	0,000804964	1,087942892	0,003418739				
		1,089680725	0,002479402				
		1,091418558	0,001791495				
		1,09315639	0,001105516				
		1,094894223	0,000419313				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,18402564	0,3088187	0,1940256	0,3168637	0,2040256	0,3179426	0,2140256	0,3236567
0,19402564	0,3066567	0,2040256	0,3142901	0,2140256	0,3152299	0,2240256	0,3207359
0,20402564	0,304283	0,2140256	0,3116568	0,2240256	0,3124815	0,2340256	0,3177896
0,25402564	0,2917441	0,2240256	0,3091535	0,2340256	0,3095356	0,2440256	0,3147962
0,30402564	0,2780742	0,2340256	0,3064359	0,2440256	0,30671	0,2540256	0,3117823
0,35402564	0,2638531	0,2440256	0,3036829	0,2540256	0,3040023	0,3040256	0,2962038
0,40402564	0,2485913	0,2540256	0,3008903	0,3040256	0,2890733	0,3540256	0,2796519
0,45402564	0,2328004	0,3040256	0,286423	0,3540256	0,2734844	0,4040256	0,2625856
0,50402564	0,216185	0,3540256	0,2711197	0,4040256	0,257196	0,4540256	0,2445685
0,55402564	0,1988001	0,4040256	0,2550063	0,4540256	0,2400071	0,5040256	0,2256401
0,60402564	0,1806688	0,4540256	0,2381395	0,5040256	0,2219476	0,5540256	0,2061197
0,65402564	0,1619067	0,5040256	0,2204244	0,5540256	0,2032903	0,6040256	0,1856883
0,70402564	0,1424382	0,5540256	0,2021121	0,6040256	0,1837693	0,6540256	0,1644641
0,75402564	0,1222414	0,6040256	0,1829633	0,6540256	0,1634872	0,7040256	0,1424382
0,80402564	0,1014148	0,6540256	0,1630463	0,7040256	0,1424382	0,7540256	0,1196015
0,85402564	0,0798263	0,7040256	0,1424382	0,7540256	0,1206163	0,8040256	0,0960403
0,90402564	0,0575348	0,7540256	0,1210532	0,8040256	0,0981035	0,8540256	0,0715749
0,95402564	0,0345562	0,8040256	0,0989989	0,8540256	0,0747387	0,9040256	0,0462734
1,00402564	0,0109101	0,8540256	0,0761229	0,9040256	0,0505862	0,9540256	0,0201441
1,00863955	0,0088821	0,9040256	0,052488	0,9540256	0,025657	0,9617351	0,0160573
1,01325345	0,006668	0,9540256	0,0281067	0,9640256	0,0206124	0,9694445	0,0119361
1,01786736	0,0044458	1,0040256	0,0029943	0,9740256	0,0155021	0,9771539	0,0077958
1,02248126	0,0022182	1,005218	0,0024227	0,9840256	0,0103619	0,9848633	0,0036365
1,02340017	0,0016	1,0064103	0,0018159	0,9940256	0,005192	0,9862114	0,0029353
1,02431908	0,0011536	1,0076027	0,0012083	0,9960342	0,0041978	0,9875594	0,0022068
1,02523799	0,0007087	1,0087951	0,0006003	0,9980427	0,003157	0,9889075	0,0014774
1,0261569	0,0002637			1,0000513	0,0021143	0,9902556	0,0007474
				1,0020598	0,0010705		

b) Resultados das geometrias G2-A4 à G2-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,214025641	0,324697394	0,224025641	0,324479028	0,224025641	0,328615699
0,224025641	0,321759022	0,234025641	0,321456154	0,234025641	0,325510348
0,234025641	0,318933917	0,244025641	0,318406491	0,244025641	0,322378515
0,244025641	0,315934537	0,254025641	0,31517842	0,254025641	0,319083326
0,254025641	0,312744401	0,304025641	0,299399781	0,304025641	0,30291253
0,304025641	0,297070412	0,354025641	0,282664821	0,354025641	0,285649434
0,354025641	0,280688178	0,404025641	0,264987899	0,404025641	0,267676297
0,404025641	0,263265938	0,454025641	0,246621798	0,454025641	0,248894817
0,454025641	0,245148709	0,504025641	0,227506206	0,504025641	0,2293588
0,504025641	0,226207113	0,554025641	0,20750313	0,554025641	0,208846501
0,554025641	0,206563229	0,604025641	0,186637687	0,604025641	0,187593939
0,604025641	0,185994044	0,654025641	0,164953248	0,654025641	0,165439157
0,654025641	0,164622355	0,704025641	0,142438235	0,704025641	0,142438235
0,704025641	0,142438235	0,754025641	0,119081924	0,754025641	0,118578617
0,754025641	0,119432085	0,804025641	0,094972672	0,804025641	0,093951442
0,804025641	0,095690768	0,854025641	0,069919062	0,854025641	0,068355304
0,854025641	0,071030787	0,904025641	0,043991097	0,904025641	0,041862438
0,904025641	0,045520768	0,954025641	0,017195394	0,954025641	0,014478277
0,954025641	0,019123901	0,960442862	0,013699374	0,95931274	0,011527871
0,961270402	0,015292121	0,966860083	0,010184795	0,964599839	0,008572128
0,968515164	0,011387594	0,973277304	0,006656318	0,969886938	0,005606687
0,975759925	0,007465767	0,979694525	0,003113944	0,975174037	0,002631524
0,983004687	0,003526806	0,980822744	0,002515603	0,976109322	0,002125783
0,984302027	0,002848471	0,981950963	0,001891975	0,977044607	0,001598939
0,985599368	0,002142013	0,983079182	0,001267662	0,977979892	0,001071571
0,986896709	0,001434691	0,984207401	0,000642914	0,978915177	0,000543895
0,98819405	0,000726814				

b) Resultados das geometrias G2-A8 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 88 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-45 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,379328656	0,287093819	0,303057208	0,325216193	0,339914785	0,357713154
0,377874085	0,286299311	0,303508412	0,324564934	0,339734655	0,356588102
0,376331043	0,286222764	0,302479917	0,323919783	0,33880297	0,355360146
0,374092115	0,286157934	0,302820707	0,323184119	0,333566153	0,354776831
0,372500906	0,286712664	0,302398253	0,319081083	0,326596788	0,353453649
0,371498328	0,286557963	0,301400103	0,313791849	0,319148774	0,352101521
0,369161321	0,286375824	0,299344577	0,306667085	0,309376792	0,350692543
0,359835256	0,285561324	0,295168105	0,298560604	0,298609687	0,342860928
0,349456758	0,284605892	0,29060051	0,288803151	0,285828518	0,33350482
0,336777728	0,282077133	0,28413998	0,277652686	0,271059221	0,322530944
0,322410925	0,277881649	0,275905589	0,264337625	0,254261411	0,309922657
0,305925523	0,273115348	0,266589066	0,249064101	0,235554605	0,295282628
0,287933927	0,266572983	0,255147865	0,231920608	0,214663584	0,279102927
0,267619643	0,258363956	0,242150795	0,212659975	0,191456663	0,260675346
0,245151713	0,248471772	0,227263592	0,191158203	0,165998782	0,240073607
0,220415535	0,237171216	0,210263619	0,167467076	0,138037675	0,217339819
0,193304569	0,223855592	0,191196915	0,141360481	0,107572889	0,192215888
0,163862639	0,20864992	0,170045486	0,112836208	0,074587615	0,164783886
0,131775336	0,191475884	0,146619639	0,081885741	0,039094451	0,13476104
0,097053293	0,172314031	0,120917267	0,048480869	0,035991242	0,102150678
0,059667825	0,151002378	0,092943833	0,043012598	0,032579867	0,066928014
0,05311802	0,127540957	0,062750021	0,037407155	0,029143486	0,029091727
0,046458633	0,101949268	0,030432457	0,03174354	0,025686363	0,028213941
0,039723534	0,074303046	0,028451346	0,026022533	0,024719254	0,02728034
0,032912843	0,044772833	0,026243468	0,025024757	0,024024439	0,026344725
0,031750255	0,039624427	0,024025346	0,023975476	0,023331609	0,025407638
0,03054604	0,034407598	0,021799316	0,022923863	0,022638001	
0,0293389	0,029620921	0,019565517	0,021870368		
0,028129414	0,024335474		0,020815001		
0,026917591	0,022833964				
	0,02174003				
	0,020648341				
	0,019555318				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,364172594	0,379378623	0,381515626	0,386363899	0,394944772
0,36284831	0,37777635	0,379914655	0,384595655	0,393036904
0,361499969	0,376160416	0,378842955	0,382794026	0,39109766
0,359482463	0,374436977	0,377141564	0,380366348	0,388589329
0,35803746	0,372706216	0,374773869	0,370700972	0,378310219
0,357113437	0,363119177	0,365071505	0,358981542	0,365526493
0,348268623	0,351524833	0,354194078	0,345233158	0,351469407
0,33851429	0,33922858	0,340930219	0,330097089	0,335648971
0,327433955	0,324695157	0,326241072	0,313216307	0,318079098
0,314264557	0,307998147	0,309607547	0,294134726	0,298104687
0,299019373	0,289821748	0,291210948	0,272831763	0,276217198
0,282253881	0,26926681	0,270414191	0,249326915	0,25194778
0,263195992	0,24652921	0,247427551	0,223500127	0,225341364
0,241994523	0,221490765	0,222132138	0,195247101	0,196292586
0,218533956	0,194047059	0,19442367	0,164616286	0,164855595
0,192711844	0,164240687	0,164346463	0,131270774	0,130679664
0,164561546	0,13175	0,131573881	0,095225333	0,093783205
0,133788382	0,096585669	0,096117867	0,056446219	0,054130978
0,100397591	0,058715308	0,057875748	0,051278502	0,049771275
0,06436166	0,052657601	0,052205653	0,046058501	0,045387594
0,056888795	0,046511647	0,046391499	0,04079345	0,040973076
0,049253757	0,040301404	0,040520107	0,035483309	0,036527655
0,041513492	0,034026891	0,034591686	0,034584373	0,035770728
0,033668247	0,032966261	0,033568164	0,033646301	0,034981333
0,032154034	0,031862582	0,032500627	0,032706434	0,034190627
0,030564961	0,030756433	0,031430766	0,031765162	0,033398947
0,028970769	0,029648305	0,030359063	0,030822491	0,032606295
0,027372325	0,028538206	0,029285524		
0,025769641				

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 89 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-45 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,267945161	0,210745623	0,235793829	0,256942088	0,266092075	0,273537448
0,280462524	0,225848149	0,249378511	0,270363604	0,278735216	0,286199449
0,292862332	0,240336847	0,263716705	0,283591449	0,291632106	0,298740352
0,305490868	0,254623424	0,276941999	0,296684526	0,353604513	0,310696817
0,317590638	0,268257474	0,290480406	0,359419475	0,411982905	0,322916873
0,329156393	0,282184479	0,304247354	0,417881678	0,465826126	0,334971623
0,341352624	0,295925193	0,367662912	0,47280954	0,516686683	0,34688004
0,398176811	0,309969038	0,427277085	0,5234537	0,5633526	0,40422225
0,451092041	0,374328341	0,48169692	0,570441507	0,606726234	0,458050965
0,501089982	0,434192089	0,532513025	0,613503559	0,64669924	0,508403542
0,547645695	0,489781175	0,57972935	0,653380474	0,683090572	0,555237328
0,590989326	0,540169472	0,622631708	0,689705618	0,715464517	0,598817496
0,630386508	0,586828615	0,662363719	0,722149489	0,743492891	0,638525086
0,666198635	0,629779561	0,698253783	0,750497829	0,766220782	0,674744834
0,697714486	0,669090185	0,730494578	0,774017769	0,781783318	0,706938175
0,724090737	0,704456511	0,75905119	0,791269922	0,786030342	0,734337818
0,743710536	0,736515385	0,783248582	0,799074695	0,769535494	0,755776161
0,75346524	0,764921696	0,802188082	0,79060324	0,703459297	0,76878632
0,746051815	0,789329773	0,813719182	0,746618625	0,445941299	0,767789077
0,702704518	0,809138878	0,813573852	0,589437371	0,396163303	0,739298033
0,552424391	0,82281234	0,790896438	0,535712925	0,330051432	0,637650467
0,49926841	0,827479949	0,71115089	0,462884457	0,247126326	0,164471007
0,428221806	0,81627327	0,382561221	0,361391929	0,140532895	0,137378088
0,330207202	0,77027306	0,335689825	0,21182854	0,105427285	0,106617632
0,187970704	0,61576921	0,274931605	0,178501068	0,078282715	0,073549849
0,157331618	0,560348731	0,202261948	0,140390583	0,049566985	0,037932629
0,12308437	0,485581192	0,114033927	0,098612737	0,019023215	
0,085852701	0,391786363	0,004832478	0,052644734		
0,045260397	0,243249733		0,001838058		
0,000843975	0,188315081				
	0,143141955				
	0,093149885				
	0,037365077				

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,283495632	0,290601355	0,2899028	0,299438716	0,296667381
0,295929446	0,302712744	0,301969129	0,311315645	0,308471499
0,308200908	0,314666295	0,313563185	0,323051941	0,32013744
0,320712957	0,326517434	0,325348119	0,335005606	0,331979241
0,332701725	0,338206886	0,337378908	0,390803189	0,387435588
0,344166314	0,394704249	0,393742058	0,443664309	0,440320959
0,401627925	0,448246157	0,446516668	0,493563005	0,489724066
0,455208558	0,497745772	0,496544568	0,539871345	0,535834959
0,505090945	0,544283593	0,542989568	0,582668643	0,578432968
0,551860377	0,587680168	0,586094276	0,622054375	0,617743802
0,595420654	0,627102434	0,625453911	0,657627432	0,652895378
0,635077496	0,662944431	0,661218606	0,688662786	0,683506547
0,671226648	0,694412661	0,692557217	0,714097346	0,708262539
0,703222885	0,720575629	0,718495074	0,731926541	0,724951128
0,730325169	0,739666241	0,737187775	0,738271139	0,72927242
0,751110806	0,748277552	0,745074514	0,723966698	0,710976506
0,762862147	0,738416311	0,733783571	0,664680859	0,642244407
0,759308556	0,689318351	0,681406609	0,462548697	0,406117024
0,724953196	0,520927963	0,501718422	0,40837303	0,353631273
0,605284565	0,466751555	0,448142239	0,340272042	0,289947129
0,555918031	0,395951551	0,378373	0,252755346	0,2112268
0,487911105	0,3008308	0,286132349	0,136835104	0,11181185
0,390908409	0,167515345	0,159509147	0,113546255	0,092322962
0,243966447	0,139757738	0,132932972	0,087879575	0,071077165
0,2069588	0,108860366	0,103383416	0,060642743	0,048782503
0,164064794	0,075603995	0,071696055	0,031703612	0,025371594
0,116160608	0,039732096	0,037652778	0,000902354	0,000761119
0,062373201	0,000932627	0,000988622		
0,001581229				

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 90 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-80 Grupo 1.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,234025641	0,340042573	0,194025641	0,322439337	0,204025641	0,329074109	0,214025641	0,334283681
0,244025641	0,336226914	0,204025641	0,319408115	0,214025641	0,325971212	0,224025641	0,330788236
0,254025641	0,332551462	0,214025641	0,316699652	0,224025641	0,322824797	0,234025641	0,327434971
0,304025641	0,313817634	0,224025641	0,313575279	0,234025641	0,319814128	0,244025641	0,324220572
0,354025641	0,294076814	0,234025641	0,310592918	0,244025641	0,316412625	0,254025641	0,320805157
0,404025641	0,273500681	0,244025641	0,307743583	0,254025641	0,313321442	0,304025641	0,303001903
0,454025641	0,252053672	0,254025641	0,304494018	0,304025641	0,296472494	0,354025641	0,284679629
0,504025641	0,229757972	0,304025641	0,288566689	0,354025641	0,278605261	0,404025641	0,265227044
0,554025641	0,206512365	0,354025641	0,271916733	0,404025641	0,260215971	0,454025641	0,245078381
0,604025641	0,182511026	0,404025641	0,254247666	0,454025641	0,240846891	0,504025641	0,224071072
0,654025641	0,15754504	0,454025641	0,235797481	0,504025641	0,220546845	0,554025641	0,202340337
0,704025641	0,131681706	0,504025641	0,216460449	0,554025641	0,199640814	0,604025641	0,179633243
0,754025641	0,104901167	0,554025641	0,196508593	0,604025641	0,177804232	0,654025641	0,156084896
0,804025641	0,077307495	0,604025641	0,175619256	0,654025641	0,155122045	0,704025641	0,131681708
0,854025641	0,048637414	0,654025641	0,154044807	0,704025641	0,131681709	0,754025641	0,106408037
0,904025641	0,018988037	0,704025641	0,131681709	0,754025641	0,10737252	0,804025641	0,080361287
0,910429835	0,015122708	0,754025641	0,108497402	0,804025641	0,08232097	0,854025641	0,053311522
0,916834029	0,011239076	0,804025641	0,084609497	0,854025641	0,056316194	0,904025641	0,025347564
0,923238223	0,007339841	0,854025641	0,059829087	0,904025641	0,029442325	0,91309001	0,020212789
0,929642417	0,003424952	0,904025641	0,034235428	0,954025641	0,001705783	0,92215438	0,015013132
0,930762962	0,002756489	0,954025641	0,007838231	0,954640636	0,001360134	0,931218749	0,009784292
0,931883507	0,002070859	0,956994983	0,006362663	0,955255631	0,001014096	0,940283118	0,004526315
0,933004053	0,001384423	0,959964325	0,004771887	0,955870626	0,000667926	0,941843726	0,003641448
0,934124598	0,000697498	0,962933668	0,00317639	0,956485621	0,000321627	0,943404334	0,002734635
		0,96590301	0,001578101			0,944964941	0,00182654
						0,946525549	0,000917567

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,22402564	0,3336483	0,2340256	0,3369295	0,2340256	0,3405785	0,2340256	0,3427884
0,23402564	0,3304188	0,2440256	0,3331861	0,2440256	0,3367609	0,2440256	0,3389405
0,24402564	0,3268005	0,2540256	0,3295892	0,2540256	0,333091	0,2540256	0,335386
0,25402564	0,3234905	0,3040256	0,3110451	0,3040256	0,3143523	0,2640256	0,3314638
0,30402564	0,3055855	0,3540256	0,2916545	0,3540256	0,2944372	0,2740256	0,3276788
0,35402564	0,2868297	0,4040256	0,2713926	0,4040256	0,2739586	0,2840256	0,3240215
0,40402564	0,2670855	0,4540256	0,2502959	0,4540256	0,2523497	0,2940256	0,3199972
0,45402564	0,246653	0,5040256	0,2284249	0,5040256	0,2301062	0,3040256	0,3162678
0,50402564	0,2253517	0,5540256	0,2055918	0,5540256	0,2067924	0,3540256	0,2962682
0,55402564	0,2033241	0,6040256	0,1818366	0,6040256	0,1827086	0,4040256	0,2754232
0,60402564	0,1803008	0,6540256	0,1572059	0,6540256	0,15765	0,4540256	0,253579
0,65402564	0,156425	0,7040256	0,1316817	0,7040256	0,1316817	0,5040256	0,2311062
0,70402564	0,1316817	0,7540256	0,1052452	0,7540256	0,1047833	0,5540256	0,2075496
0,75402564	0,1060542	0,8040256	0,0779984	0,8040256	0,0770589	0,6040256	0,1832218
0,80402564	0,0796413	0,8540256	0,0496871	0,8540256	0,0482441	0,6540256	0,1579101
0,85402564	0,0522055	0,9040256	0,0204064	0,9040256	0,0184366	0,7040256	0,1316817
0,90402564	0,0238375	0,9109949	0,0162576	0,9102108	0,0146811	0,7540256	0,1045158
0,91242861	0,0190038	0,9179641	0,0120807	0,916396	0,0109105	0,8040256	0,0765175
0,92083158	0,014117	0,9249333	0,0078854	0,9225812	0,0071252	0,8540256	0,047417
0,92923455	0,0092047	0,9319025	0,0036718	0,9287664	0,003325	0,9040256	0,0173137
0,93763752	0,0042667	0,9331171	0,0029543			0,9097771	0,0137828
0,93908968	0,0034328	0,9343318	0,0022191			0,9155285	0,0102438
0,94054184	0,0025781	0,9355464	0,001483			0,9212799	0,0066919
0,941994	0,0017223	0,936761	0,0007463			0,9270313	0,003127
0,94344616	0,0008657						

b) Resultados das geometrias G1-A4 à G1-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,244025641	0,343383232	0,244025641	0,345252714	0,244025641	0,346932926
0,254025641	0,339741151	0,254025641	0,34125083	0,254025641	0,343063202
0,264025641	0,335736034	0,264025641	0,33737151	0,264025641	0,339149582
0,274025641	0,332018418	0,274025641	0,333468084	0,274025641	0,335045533
0,284025641	0,328101388	0,284025641	0,329676757	0,284025641	0,33123079
0,294025641	0,3241516	0,294025641	0,325695606	0,294025641	0,327061393
0,304025641	0,320015191	0,304025641	0,321671637	0,304025641	0,323163259
0,354025641	0,29974351	0,354025641	0,301077699	0,354025641	0,302256302
0,404025641	0,278440694	0,404025641	0,279598844	0,404025641	0,280751361
0,454025641	0,256244203	0,454025641	0,257222116	0,454025641	0,25819794
0,504025641	0,233175041	0,504025641	0,233968847	0,504025641	0,234763295
0,554025641	0,209118361	0,554025641	0,209719973	0,554025641	0,210323234
0,604025641	0,184288185	0,604025641	0,184697122	0,604025641	0,185108736
0,654025641	0,158451592	0,654025641	0,158659179	0,654025641	0,158868687
0,704025641	0,131681705	0,704025641	0,131681705	0,704025641	0,131681704
0,754025641	0,103956301	0,754025641	0,103741966	0,754025641	0,103524393
0,804025641	0,075325261	0,804025641	0,074819021	0,804025641	0,074374998
0,854025641	0,045679575	0,854025641	0,045014427	0,854025641	0,044335774
0,904025641	0,014949789	0,904025641	0,014045251	0,904025641	0,013119481
0,908890559	0,011891684	0,908560877	0,011168104	0,908228408	0,010427514
0,913755477	0,008839059	0,913096112	0,008301327	0,912431176	0,007750739
0,918620395	0,005777037	0,917631348	0,005426329	0,916633943	0,005066852
0,923485313	0,002705519	0,922166584	0,002543005	0,92083671	0,002375741

c) Resultados das geometrias G1-A8 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 91 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-80 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,427046055	0,37067886	0,387849423	0,40439154	0,407919797	0,421930087
0,42370681	0,368336615	0,385933146	0,401463224	0,406256896	0,418635957
0,4209774	0,367418125	0,383968121	0,399194212	0,4031774	0,415985961
0,406821607	0,365015538	0,382620351	0,397523787	0,401332452	0,401649587
0,390383273	0,363293218	0,379896759	0,395161857	0,388030122	0,385731399
0,372241349	0,362167126	0,37840306	0,381730683	0,373148384	0,3680183
0,352192069	0,35968186	0,366854274	0,367846758	0,356148985	0,348506675
0,33020869	0,349644019	0,35324888	0,351364179	0,33777958	0,327233599
0,305968228	0,338504015	0,338917191	0,333477909	0,317399577	0,303652861
0,279836974	0,325119385	0,322312387	0,31359646	0,295242509	0,277798326
0,251266546	0,310050377	0,303524391	0,291931114	0,270595972	0,249712188
0,220337491	0,292884769	0,283222117	0,267805987	0,243723339	0,219274477
0,186943607	0,274146032	0,260528498	0,241460611	0,214505943	0,186377951
0,151166365	0,252981059	0,235570548	0,212776985	0,182836141	0,151099553
0,112564598	0,2298299	0,208412863	0,181647504	0,148782449	0,113009518
0,071205528	0,204374542	0,178767007	0,148136958	0,111936467	0,072170926
0,065711459	0,176474259	0,146749109	0,111846701	0,072352455	0,066272442
0,060167758	0,146226181	0,111985862	0,072827483	0,065466463	0,060305216
0,054578695	0,113287032	0,074519191	0,065507675	0,058460792	0,054284368
0,048944101	0,077690322	0,034312123	0,058043039	0,051377309	0,048209727
0,047980455	0,039403893	0,033801663	0,050488116	0,044215838	0,047173285
0,046990631	0,037224036	0,033290419	0,042842732	0,043003098	0,046109802
0,04599892	0,034862866	0,032778752	0,041552221	0,041758299	0,045044165
0,045005795	0,032489189	0,032266668	0,040227463	0,040510566	0,043976871
0,044011263	0,030105953		0,038899382	0,039260473	0,042907928
			0,037568584	0,038008026	
			0,036235076		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,431054866	0,436962497	0,445825815	0,451436563	0,456329019
0,427617749	0,433496665	0,443430223	0,447704676	0,453179803
0,424838723	0,431247195	0,439704307	0,444535277	0,449933531
0,410444982	0,427664896	0,437137013	0,441343598	0,446042464
0,393329884	0,424675818	0,433883889	0,438624119	0,443302902
0,375402543	0,422208429	0,43057471	0,435262768	0,439323484
0,354842929	0,418480535	0,426670386	0,431808379	0,43638128
0,332940446	0,415851705	0,409397394	0,413698633	0,417501482
0,308495118	0,398768551	0,38980586	0,393789464	0,397749112
0,282155941	0,379997482	0,368303587	0,371967055	0,375612737
0,253384633	0,359017888	0,344873114	0,348217635	0,351549444
0,222257964	0,336724862	0,319165753	0,322183713	0,325190812
0,188668923	0,311867459	0,291605991	0,294310243	0,297006956
0,152699899	0,28512826	0,261594029	0,263979228	0,266357374
0,113908324	0,255951983	0,229232533	0,231300969	0,233361747
0,072362722	0,224422588	0,194415538	0,196169801	0,19791464
0,067031425	0,19043343	0,157162285	0,158494353	0,159924898
0,06165704	0,154069598	0,117225637	0,118361107	0,119480951
0,056240412	0,114882	0,074468593	0,075297202	0,076104969
0,050781366	0,072942405	0,070140574	0,071229086	0,072302676
	0,067934372	0,065808585	0,067165962	0,068514089
	0,062896647	0,061450643	0,063080345	0,064706239
	0,057822471	0,057066564	0,058972046	0,060878933
	0,052711667			

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 92 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-80 Grupo 1.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,2965802	0,268614505	0,275508782	0,281578216	0,291629878	0,297428195
0,308192896	0,281582679	0,287708774	0,293779947	0,302933699	0,309104925
0,319372684	0,293611423	0,299770973	0,305509276	0,31480534	0,320325873
0,373253318	0,306300937	0,311324396	0,316761974	0,325877957	0,374719633
0,424447942	0,318432828	0,3234773	0,328219222	0,38106379	0,426028403
0,472457621	0,330016439	0,334759696	0,384077292	0,433109226	0,474195656
0,517146952	0,342261396	0,391039985	0,436058049	0,482222666	0,518971162
0,558155044	0,399347009	0,444389069	0,485388386	0,527659139	0,55996177
0,595140803	0,452612933	0,493707142	0,531053709	0,569543854	0,597005529
0,626988416	0,502855458	0,539963695	0,573175215	0,607239504	0,629255784
0,652656958	0,549550248	0,582881155	0,611156001	0,640548351	0,655305682
0,669646579	0,592863248	0,621544411	0,644825101	0,668073096	0,672892939
0,673404401	0,632047296	0,656088409	0,672867406	0,687851563	0,677663492
0,654419844	0,667359171	0,685436829	0,693440826	0,696100551	0,660560428
0,587299585	0,697678665	0,707961338	0,702993394	0,68497768	0,59761293
0,383678294	0,721950243	0,720795429	0,69418223	0,63392189	0,406822375
0,333468703	0,737809457	0,717835675	0,647871598	0,474033228	0,355680818
0,272569733	0,740429998	0,683535601	0,500774041	0,421541838	0,292673075
0,197604769	0,717832674	0,568466464	0,448402238	0,353899017	0,21383636
0,103535705	0,634029873	0,075484261	0,379616369	0,264961676	0,112963662
0,085104223	0,302036284	0,061136932	0,287218288	0,144003916	0,093007066
0,065361361	0,260342632	0,046312641	0,158105298	0,119308522	0,071566017
0,044691479	0,209123257	0,030999515	0,131364739	0,092417996	0,04902201
0,023040889	0,149834374	0,015173899	0,10206919	0,063739211	0,02530248
0,000341218	0,080581646		0,070619124	0,033109176	0,000317065
			0,036793025	0,000329742	
			0,000321565		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G1-A1 à G1-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,294285086	0,292190094	0,299136541	0,297027024	0,295272516
0,3058592	0,303663975	0,309756588	0,30816249	0,306056268
0,316983405	0,314424456	0,320851057	0,318910201	0,316744559
0,370588533	0,325685779	0,331250033	0,329525309	0,327596279
0,421784477	0,336513186	0,341831613	0,33976098	0,337759681
0,469263489	0,346916253	0,352293791	0,350159341	0,348377582
0,513886512	0,357829579	0,362917941	0,360455824	0,35833251
0,554414476	0,367999208	0,412533826	0,410061837	0,407917364
0,591066531	0,418619061	0,459317935	0,456562607	0,453880695
0,622508502	0,466067528	0,502745987	0,499694237	0,496721518
0,647632522	0,510384717	0,542369784	0,538989165	0,535693705
0,663860336	0,550565641	0,577731274	0,573966052	0,570294234
0,666496752	0,58681586	0,607542349	0,60329574	0,599150328
0,645764504	0,617749377	0,630497963	0,625619614	0,620852576
0,575678651	0,642193983	0,64366189	0,637905866	0,632272626
0,366577477	0,6574572	0,641691216	0,634641647	0,627727303
0,317280273	0,658635462	0,613313241	0,604071379	0,595115022
0,258087291	0,635526417	0,529651845	0,516932393	0,504366996
0,18602537	0,561013524	0,288843631	0,268380869	0,248030182
0,0967866	0,341515238	0,245248161	0,226723353	0,208469073
	0,293767857	0,19533209	0,179611815	0,164279531
	0,23731506	0,137446889	0,125632055	0,114237353
	0,169692485	0,069681745	0,063289343	0,05719193
	0,087525638			

b) Resultados das geometrias G1-A6 à G1-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 93 – Resultados numéricos de K_T para o hélice B5-80 Grupo 2.

Original		Alteração 1		Alteração 2		Alteração 3	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,234025641	0,340042573	0,184025641	0,298522625	0,194025641	0,299410354	0,214025641	0,311610464
0,244025641	0,336226914	0,194025641	0,296034769	0,204025641	0,296947097	0,224025641	0,308722596
0,254025641	0,332551462	0,204025641	0,293652545	0,214025641	0,294432779	0,234025641	0,305809989
0,304025641	0,313817634	0,254025641	0,281230399	0,224025641	0,291740703	0,244025641	0,302850785
0,354025641	0,294076814	0,304025641	0,267567802	0,234025641	0,289155158	0,254025641	0,299870405
0,404025641	0,273500681	0,354025641	0,253353199	0,244025641	0,286674238	0,304025641	0,284455742
0,454025641	0,252053672	0,404025641	0,238104053	0,254025641	0,283878638	0,354025641	0,268070272
0,504025641	0,229757972	0,454025641	0,222300635	0,304025641	0,270100765	0,404025641	0,251142207
0,554025641	0,206512365	0,504025641	0,205664625	0,354025641	0,255623949	0,454025641	0,233264244
0,604025641	0,182511026	0,554025641	0,188247737	0,404025641	0,240204371	0,504025641	0,214476039
0,654025641	0,15754504	0,604025641	0,170072184	0,454025641	0,224026501	0,554025641	0,195065096
0,704025641	0,131681706	0,654025641	0,151239673	0,504025641	0,207004387	0,604025641	0,174744323
0,754025641	0,104901167	0,704025641	0,131681711	0,554025641	0,189360476	0,654025641	0,153619242
0,804025641	0,077307495	0,754025641	0,111380991	0,604025641	0,170883739	0,704025641	0,13168171
0,854025641	0,048637414	0,804025641	0,090432871	0,654025641	0,151635542	0,754025641	0,108922932
0,904025641	0,018988037	0,854025641	0,068696536	0,704025641	0,131681711	0,804025641	0,085428734
0,910429835	0,015122708	0,904025641	0,046238621	0,754025641	0,110950059	0,854025641	0,061013001
0,916834029	0,011239076	0,954025641	0,023074788	0,804025641	0,089541492	0,904025641	0,035751613
0,923238223	0,007339841	0,96399872	0,018346287	0,854025641	0,067303511	0,954025641	0,009653075
0,929642417	0,003424952	0,973948758	0,013679971	0,904025641	0,044304031	0,957724344	0,007846774
0,930762962	0,002756489	0,983910317	0,008927546	0,954025641	0,02055639	0,961423048	0,005884723
0,931883507	0,002070859	0,993871876	0,004148686	0,962681823	0,01639081	0,965121751	0,003915843
0,933004053	0,001384423	0,995601467	0,003352555	0,971338004	0,012138047	0,968820455	0,001942451
0,934124598	0,000697498	0,997331059	0,002520899	0,979994186	0,007953178		
		0,99906065	0,00168813	0,988650367	0,003702436		
		1,000790242	0,000854567	0,99015829	0,002995538		
				0,991666213	0,002253466		
				0,993174135	0,001510522		
				0,994682058	0,000766929		

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A3

Alteração 4		Alteração 5		Alteração 6		Alteração 7	
J	KT	J	KT	J	KT	J	KT
0,214025641	0,311663713	0,224025641	0,31641429	0,224025641	0,32024783	0,234025641	0,316396677
0,224025641	0,308779157	0,234025641	0,313356916	0,234025641	0,317111896	0,244025641	0,313243107
0,234025641	0,306000484	0,244025641	0,310254956	0,244025641	0,313944475	0,254025641	0,309939532
0,244025641	0,303054146	0,254025641	0,3072651	0,254025641	0,310879928	0,304025641	0,293532644
0,254025641	0,299926874	0,304025641	0,291113933	0,304025641	0,294250675	0,354025641	0,276291126
0,304025641	0,284513432	0,354025641	0,274130412	0,354025641	0,276911205	0,404025641	0,258192251
0,354025641	0,268372657	0,404025641	0,25619502	0,404025641	0,258716879	0,454025641	0,239263661
0,404025641	0,251317125	0,454025641	0,237552782	0,454025641	0,239694844	0,504025641	0,219553952
0,454025641	0,233425728	0,504025641	0,218138179	0,504025641	0,219892754	0,554025641	0,198846906
0,504025641	0,214616617	0,554025641	0,197818449	0,554025641	0,199162175	0,604025641	0,177367248
0,554025641	0,195182841	0,604025641	0,17661847	0,604025641	0,177532177	0,654025641	0,154961803
0,604025641	0,174830194	0,654025641	0,154576862	0,654025641	0,155043266	0,704025641	0,131681709
0,654025641	0,153666079	0,704025641	0,13168171	0,704025641	0,131681709	0,754025641	0,107514461
0,704025641	0,13168171	0,754025641	0,107921865	0,754025641	0,107435266	0,804025641	0,082506431
0,754025641	0,108868479	0,804025641	0,083386356	0,804025641	0,08234989	0,854025641	0,056576043
0,804025641	0,085311784	0,854025641	0,057869936	0,854025641	0,056344754	0,904025641	0,029672867
0,854025641	0,06082416	0,904025641	0,031452943	0,904025641	0,029368786	0,954025641	0,001845802
0,904025641	0,035481695	0,954025641	0,004141326	0,954025641	0,001471102	0,954688953	0,001483564
0,954025641	0,00929263	0,955541965	0,003353699	0,954552962	0,001176576	0,955352265	0,001108749
0,957573928	0,007553901	0,957058289	0,002512841	0,955080282	0,000877837	0,956015577	0,000733803
0,961122214	0,005665017	0,958574613	0,001670624	0,955607603	0,000579083	0,956678888	0,000358699
0,9646705	0,003769805	0,960090937	0,000827592	0,956134924	0,000280231		
0,968218787	0,001870393						

b) Resultados das geometrias G2-A4 à G2-A7

Alteração 8		Alteração 9		Alteração 10	
J	KT	J	KT	J	KT
0,234025641	0,317823371	0,234025641	0,323161697	0,244025641	0,323468238
0,244025641	0,314776635	0,244025641	0,319760074	0,254025641	0,320210117
0,254025641	0,311451317	0,254025641	0,316579748	0,264025641	0,316670955
0,304025641	0,295035197	0,264025641	0,313105223	0,274025641	0,313341333
0,354025641	0,277531235	0,274025641	0,309733714	0,284025641	0,309852877
0,404025641	0,259403453	0,284025641	0,306324	0,294025641	0,306332005
0,454025641	0,240211244	0,294025641	0,30287355	0,304025641	0,302660895
0,504025641	0,220344241	0,304025641	0,299519114	0,354025641	0,284494494
0,554025641	0,199456393	0,354025641	0,281479	0,404025641	0,265343387
0,604025641	0,177789777	0,404025641	0,262824952	0,454025641	0,245306354
0,654025641	0,155180111	0,454025641	0,243086554	0,504025641	0,224399697
0,704025641	0,131681709	0,504025641	0,222673352	0,554025641	0,202530059
0,754025641	0,107281604	0,554025641	0,20122108	0,604025641	0,17987144
0,804025641	0,081967488	0,604025641	0,178981886	0,654025641	0,156235179
0,854025641	0,05583045	0,654025641	0,155783438	0,704025641	0,131681709
0,904025641	0,028643416	0,704025641	0,131681709	0,754025641	0,106195467
0,954025641	0,000513886	0,754025641	0,106661353	0,804025641	0,07976077
0,954208326	0,000493734	0,804025641	0,080769686	0,854025641	0,05247213
0,954391012	0,000398675	0,854025641	0,053918407	0,904025641	0,024084793
0,954573697	0,000295137	0,904025641	0,026052123	0,912509985	0,019195776
0,954756383	0,000190853	0,913374617	0,020769388	0,920994329	0,014251013
		0,922723594	0,015415256	0,929478674	0,009278583
		0,93207257	0,010028213	0,937963018	0,004278498
		0,941421547	0,004608308	0,939415003	0,003447952
		0,943011352	0,003712643	0,940866988	0,00259076
		0,944601157	0,002789104	0,942318973	0,00173243
		0,946190962	0,001864272	0,943770958	0,000873277
		0,947780767	0,000938476		

c) Resultados das geometrias G2-A8 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 94 – Resultados numéricos de $10 \cdot K_Q$ para o hélice B5-80 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,427046055	0,324344482	0,330191412	0,359030706	0,359382712	0,373397835
0,42370681	0,322804154	0,329171149	0,357456659	0,35783862	0,371594525
0,4209774	0,321869456	0,328074049	0,355868679	0,356782179	0,369689306
0,406821607	0,317107652	0,326396353	0,354176065	0,355135621	0,368283579
0,390383273	0,309995526	0,325247763	0,352474058	0,352875349	0,357656538
0,372241349	0,302383919	0,324578551	0,343051677	0,34347683	0,345499399
0,352192069	0,292512502	0,322801369	0,331685612	0,332876332	0,331327537
0,33020869	0,281589859	0,315739364	0,319541006	0,32030737	0,315744643
0,305968228	0,268674177	0,307625322	0,305211508	0,305914485	0,298391863
0,279836974	0,253780394	0,297495006	0,288759763	0,289390572	0,27884028
0,251266546	0,236862312	0,28576797	0,270768621	0,271336592	0,25706781
0,220337491	0,218004452	0,272076754	0,250439173	0,250935302	0,233080905
0,186943607	0,196952997	0,256829046	0,227927142	0,22834905	0,206761163
0,151166365	0,173585389	0,239398425	0,203116562	0,203461461	0,178005076
0,112564598	0,147959491	0,219835231	0,175904111	0,176169905	0,146862723
0,071205528	0,119803329	0,198156225	0,146331483	0,146516214	0,112971313
0,065711459	0,089134489	0,174135143	0,114061801	0,114162073	0,07636885
0,060167758	0,055934362	0,147842228	0,079125078	0,079138355	0,037019244
0,054578695	0,048969244	0,118991021	0,041488268	0,041412146	0,035864254
0,048944101	0,042044382	0,087602396	0,03883567	0,038861986	0,034628335
0,047980455	0,03492686	0,053655305	0,035937886	0,036076375	0,033389031
0,046990631	0,027710531	0,04755021	0,033021635	0,033273763	0,032147175
0,04599892	0,026503059	0,041266439	0,030090481	0,030457423	
0,045005795	0,025239499	0,035046509			
	0,023972465	0,028681184			
	0,022702463	0,027618442			
		0,026501439			
		0,025381785			
		0,024259831			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,381845366	0,379350303	0,383341898	0,394342303	0,40019445
0,379892407	0,377333123	0,381811087	0,391635627	0,398328284
0,377890631	0,374807064	0,379234384	0,389902206	0,395421555
0,376359289	0,363748276	0,368315697	0,38708224	0,393401864
0,364713234	0,351151568	0,354975326	0,384742931	0,390837028
0,352001615	0,33681491	0,340673251	0,382326551	0,388217041
0,337549505	0,320707738	0,32393679	0,379823939	0,385120131
0,321323492	0,302833816	0,305768095	0,377720914	0,37116421
0,303324641	0,282569465	0,285172708	0,363542885	0,355043904
0,28308916	0,260368139	0,262652786	0,348429289	0,33703323
0,260611647	0,235793176	0,237746918	0,330823322	0,317091817
0,235907926	0,208877033	0,210498003	0,311789282	0,294909902
0,208858556	0,179516632	0,180803787	0,29029064	0,270809507
0,179360164	0,147713246	0,148574153	0,266857837	0,244278709
0,14741286	0,113254517	0,113873818	0,241014367	0,215380804
0,112804597	0,076022052	0,076305077	0,21280904	0,184012573
0,075414894	0,036033682	0,035980929	0,182137553	0,150082107
0,035260794	0,035503082	0,035953847	0,149005066	0,113660497
0,034828436	0,034954468	0,035815323	0,11319042	0,074325129
0,034390508	0,034405413	0,035664302	0,074569727	0,067413463
0,033952406	0,033855872	0,035512139	0,067093401	0,060379377
0,033513998			0,059461737	0,053265633
			0,051733475	0,046072055
			0,043908425	0,044873702
			0,042610926	0,043635339
			0,041271283	0,042394133
			0,039928309	0,041150559
			0,0385825	

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 95 – Resultados numéricos de η para o hélice B5-80 Grupo 2.

Original	Alteração 1	Alteração 2	Alteração 3	Alteração 4	Alteração 5
0,2965802	0,269568542	0,280014358	0,295642168	0,295403064	0,302135777
0,308192896	0,283193229	0,292928888	0,307937717	0,307665379	0,314089597
0,319372684	0,296250359	0,305703364	0,320070374	0,319449738	0,32593983
0,373253318	0,358552892	0,318690845	0,332097104	0,331422195	0,337309496
0,424447942	0,417646427	0,331131274	0,343956987	0,343630535	0,393846661
0,472457621	0,472087553	0,343023949	0,401222706	0,400807346	0,447058928
0,517146952	0,523421329	0,355545374	0,45538306	0,454265963	0,497212697
0,558155044	0,570458696	0,413930501	0,505384792	0,504526766	0,543656572
0,595140803	0,614053814	0,468203125	0,55226533	0,551377693	0,586431743
0,626988416	0,654066178	0,519194743	0,595819709	0,594910629	0,625548921
0,652656958	0,690260197	0,566482317	0,635230337	0,634283283	0,660486473
0,669646579	0,722129809	0,610324598	0,670774154	0,669776931	0,690323562
0,673404401	0,749154641	0,650122499	0,701559452	0,700476723	0,713616854
0,654419844	0,770023812	0,6862067	0,726421567	0,725190167	0,727584271
0,587299585	0,782120234	0,71799037	0,743103971	0,741611883	0,726563287
0,383678294	0,779393881	0,744605685	0,747061276	0,745097943	0,696267085
0,333468703	0,746379959	0,764623	0,727064938	0,724177984	0,592578535
0,272569733	0,626381909	0,775025263	0,650103295	0,645086897	0,169860361
0,197604769	0,574799248	0,768802119	0,35328123	0,340714888	0,142210683
0,103535705	0,504351637	0,727659394	0,307978913	0,296236615	0,110533004
0,085104223	0,400265549	0,581720483	0,250557946	0,240202244	0,07633453
0,065361361	0,23681885	0,528142215	0,182149887	0,173946663	0,039337446
0,044691479	0,200440528	0,454718186	0,099536975	0,094630975	
0,023040889	0,1585383	0,35394811			
0,000341218	0,111970882	0,203120298			
	0,059956475	0,170922988			
	0,001505062	0,134204543			
		0,09406985			
		0,050046303			

a) Resultados da geometria original e das geometrias G2-A1 à G2-A5

Alteração 6	Alteração 7	Alteração 8	Alteração 9	Alteração 10
0,299031219	0,310652643	0,308804142	0,305232017	0,313917968
0,310910576	0,322412735	0,320191314	0,317101018	0,325006159
0,322657908	0,334323491	0,332032162	0,328265411	0,336522518
0,333954831	0,390468323	0,387600158	0,339901675	0,347370239
0,390387848	0,443330054	0,440522962	0,351098655	0,35837484
0,44325202	0,492925126	0,489628601	0,362179818	0,369252221
0,4928518	0,539098119	0,535838077	0,373150778	0,380268574
0,539034702	0,581580253	0,578072485	0,383692981	0,431879533
0,581535174	0,620502598	0,61672279	0,436259803	0,480568463
0,620345474	0,654879046	0,650729176	0,485043845	0,525940467
0,654875533	0,684082273	0,67941647	0,530964311	0,567688365
0,684108966	0,706388098	0,700948455	0,572901326	0,605550172
0,706450589	0,718734408	0,712072115	0,611209984	0,638518979
0,71883153	0,714756953	0,705973488	0,644769705	0,665745318
0,714854539	0,678997355	0,666405064	0,672811274	0,685057567
0,678918638	0,561591852	0,540097605	0,693336383	0,692571679
0,560311771	0,077777984	0,02168574	0,702771008	0,680065042
0,063347725	0,063492465	0,020855048	0,693645207	0,627494871
0,051322319	0,04822964	0,016908166	0,647468168	0,466238498
0,038800308	0,032451722	0,012572418	0,50266824	0,4135393
0,025940009	0,016131786	0,008166459	0,450000463	0,345966627
0,012724167			0,380719302	0,257687954
			0,287555557	0,138630743
			0,157252619	0,114880667
			0,130767335	0,088907248
			0,101598038	0,061286933
			0,070311647	0,03187595
			0,036691103	

b) Resultados das geometrias G2-A6 à G2-A10

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Abaixo encontram-se as geometrias utilizadas na análise paramétrica extensiva.

Tabela 96 – Valores de c/D para o hélice B4-45.

B4-45		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,1870	0,2117	0,2306	0,2421	0,2460	0,2412	0,2216	0,1780	0,001
	Alteração 1	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1400	0,001
	Alteração 2	0,1780	0,1780	0,1780	0,1780	0,1780	0,1780	0,1780	0,1500	0,001
	Alteração 3	0,1850	0,1850	0,1850	0,1850	0,1850	0,1850	0,1850	0,1600	0,001
	Alteração 4	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,1950	0,001
	Alteração 5	0,2306	0,2306	0,2306	0,2306	0,2306	0,2306	0,2306	0,2100	0,001
	Alteração 6	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2200	0,001
	Alteração 7	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2300	0,001
	Alteração 8	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2600	0,001
	Alteração 9	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2750	0,001
Alteração 10	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,2850	0,001	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,1600	0,1600	0,1600	0,1600	0,1300	0,1000	0,0700	0,0500	0,001
	Alteração 2	0,1780	0,1780	0,1780	0,1780	0,1580	0,1380	0,1180	0,0940	0,001
	Alteração 3	0,1850	0,1850	0,1850	0,1850	0,1650	0,1450	0,1250	0,1000	0,001
	Alteração 4	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,1900	0,1700	0,1450	0,1200	0,001
	Alteração 5	0,2306	0,2306	0,2306	0,2306	0,2100	0,1900	0,1650	0,1300	0,001
	Alteração 6	0,2460	0,2460	0,2460	0,2460	0,2200	0,1940	0,1680	0,1400	0,001
	Alteração 7	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2400	0,2100	0,1800	0,1400	0,001
	Alteração 8	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2600	0,2300	0,2000	0,1600	0,001
	Alteração 9	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2700	0,2400	0,2100	0,1700	0,001
	Alteração 10	0,3200	0,3200	0,3200	0,3200	0,2900	0,2600	0,2200	0,1700	0,001

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Tabela 97 – Valores de c/D para o hélice B4-60.

B4-60		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,2493	0,2823	0,3075	0,3228	0,3280	0,3216	0,2955	0,2373	0,001
	Alteração 1	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,1900	0,001
	Alteração 2	0,2300	0,2300	0,2300	0,2300	0,2300	0,2300	0,2300	0,2000	0,001
	Alteração 3	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2200	0,001
	Alteração 4	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2400	0,001
	Alteração 5	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2600	0,001
	Alteração 6	0,2950	0,2950	0,2950	0,2950	0,2950	0,2950	0,2950	0,2750	0,001
	Alteração 7	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,3000	0,001
	Alteração 8	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3050	0,001
	Alteração 9	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3100	0,001
Alteração 10	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3250	0,001	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,2100	0,2100	0,2100	0,2100	0,1800	0,1500	0,1200	0,0900	0,001
	Alteração 2	0,2300	0,2300	0,2300	0,2300	0,2000	0,1700	0,1400	0,1100	0,001
	Alteração 3	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2150	0,1800	0,1550	0,1200	0,001
	Alteração 4	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2400	0,2100	0,1750	0,1300	0,001
	Alteração 5	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2500	0,2100	0,1700	0,1300	0,001
	Alteração 6	0,2950	0,2950	0,2950	0,2950	0,2600	0,2250	0,1850	0,1400	0,001
	Alteração 7	0,3150	0,3150	0,3150	0,3150	0,2700	0,2300	0,1800	0,1300	0,001
	Alteração 8	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,2800	0,2400	0,1900	0,1400	0,001
	Alteração 9	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3000	0,2600	0,2200	0,1800	0,001

Alteração 10	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,3100	0,2600	0,2100	0,1600	0,001
--------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

B4-80

Tabela 98 – Valores de c/D para o hélice B4-80.

B4-80		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,3324	0,3764	0,4100	0,4304	0,4374	0,4288	0,3940	0,3164	0,001
	Alteração 1	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1800	0,001
	Alteração 2	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2000	0,001
	Alteração 3	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2200	0,001
	Alteração 4	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2500	0,001
	Alteração 5	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,2800	0,001
	Alteração 6	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,3000	0,001
	Alteração 7	0,3700	0,3700	0,3700	0,3700	0,3700	0,3700	0,3700	0,3450	0,001
	Alteração 8	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3700	0,001
	Alteração 9	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,3900	0,001
Alteração 10	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,4000	0,001	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1750	0,1400	0,1050	0,0600	0,001
	Alteração 2	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,1900	0,1600	0,1300	0,1000	0,001
	Alteração 3	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2250	0,1950	0,1550	0,1000	0,001
	Alteração 4	0,2800	0,2800	0,2800	0,2800	0,2400	0,2000	0,1600	0,1150	0,001
	Alteração 5	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,2700	0,2300	0,1900	0,1450	0,001
	Alteração 6	0,3300	0,3300	0,3300	0,3300	0,2900	0,2500	0,2100	0,1600	0,001
	Alteração 7	0,3700	0,3700	0,3700	0,3700	0,3300	0,2800	0,2200	0,1500	0,001
	Alteração 8	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3500	0,3100	0,2700	0,2300	0,001
	Alteração 9	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,3600	0,3100	0,2700	0,2100	0,001
	Alteração 10	0,4250	0,4250	0,4250	0,4250	0,3600	0,3000	0,2400	0,1700	0,001

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 99 – Valores de c/D para o hélice B5-45.

B5-45		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,1496	0,1694	0,1845	0,1937	0,1968	0,1930	0,1173	0,1424	0,001
	Alteração 1	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1000	0,001
	Alteração 2	0,1450	0,1450	0,1450	0,1450	0,1450	0,1450	0,1450	0,1200	0,001
	Alteração 3	0,1650	0,1650	0,1650	0,1650	0,1650	0,1650	0,1650	0,1350	0,001
	Alteração 4	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1500	0,001
	Alteração 5	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1800	0,001
	Alteração 6	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2000	0,001
	Alteração 7	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2100	0,001
	Alteração 8	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2400	0,001
	Alteração 9	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2650	0,001
Alteração 10	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2800	0,001	
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,1200	0,1200	0,1200	0,1200	0,1150	0,0950	0,0750	0,0550	0,001
	Alteração 2	0,1450	0,1450	0,1450	0,1450	0,1250	0,1050	0,0850	0,0650	0,001
	Alteração 3	0,1650	0,1650	0,1650	0,1650	0,1450	0,1250	0,1050	0,8000	0,001
	Alteração 4	0,1800	0,1800	0,1800	0,1800	0,1600	0,1400	0,1200	0,1000	0,001
	Alteração 5	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,1800	0,1600	0,1400	0,1150	0,001
	Alteração 6	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,1950	0,1700	0,1450	0,1200	0,001
	Alteração 7	0,2450	0,2450	0,2450	0,2450	0,2200	0,1950	0,1650	0,1400	0,001
	Alteração 8	0,2600	0,2600	0,2600	0,2600	0,2300	0,2000	0,1700	0,1400	0,001
	Alteração 9	0,2850	0,2850	0,2850	0,2850	0,2550	0,2150	0,1800	0,1400	0,001
	Alteração 10	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2700	0,2350	0,1950	0,1500	0,001

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Tabela 100 – Valores de c/D para o hélice B5-80.

B5-80		r/R								
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Grupo 1. Relação c/D constante ao longo do raio	Original	0,2659	0,3011	0,3280	0,3443	0,3499	0,3430	0,3152	0,2531	0,001
	Alteração 1	0,1900	0,1900	0,1900	0,1900	0,1900	0,1900	0,1900	0,1650	0,001
	Alteração 2	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,1950
	Alteração 3	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2300
	Alteração 4	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2400
	Alteração 5	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2750
	Alteração 6	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,2900
	Alteração 7	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3100
	Alteração 8	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3450
	Alteração 9	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3900	0,3600
	Alteração 10	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,3700
Grupo 2. Relação c/D variável ao longo do raio	Alteração 1	0,1900	0,1900	0,1900	0,1900	0,1650	0,1400	0,1150	0,0900	0,001
	Alteração 2	0,2200	0,2200	0,2200	0,2200	0,2000	0,1750	0,1500	0,1250	0,001
	Alteração 3	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2300	0,2000	0,1650	0,1250	0,001
	Alteração 4	0,2650	0,2650	0,2650	0,2650	0,2350	0,2000	0,1650	0,1200	0,001
	Alteração 5	0,3000	0,3000	0,3000	0,3000	0,2700	0,2350	0,1950	0,1500	0,001
	Alteração 6	0,3280	0,3280	0,3280	0,3280	0,3000	0,1650	0,1200	0,0700	0,001
	Alteração 7	0,3400	0,3400	0,3400	0,3400	0,3000	0,2550	0,2000	0,1400	0,001
	Alteração 8	0,3750	0,3750	0,3750	0,3750	0,3450	0,3000	0,2500	0,1850	0,001
	Alteração 9	0,3900	0,3900	0,3900	0,3600	0,3250	0,2800	0,2300	0,1700	0,001
	Alteração 10	0,4100	0,4100	0,4100	0,4100	0,3600	0,3050	0,2450	0,1800	0,001

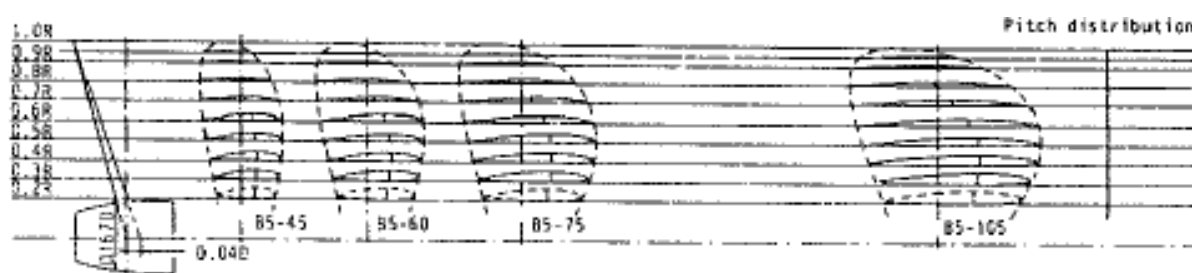
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

ANEXO A – EXEMPLO DE CONTORNOS GEOMETRICOS DE HÉLICES DA SÉRIE B

Figura 93 – Exemplo de pás de hélices da série B.



(a) – Hélices de quatro pás.



(b) – Hélices de cinco pás.
Fonte: Kuiper (1992, p. 40).

ANEXO B – REFERÊNCIA PARA ESPESSURAS MÁXIMAS DE PÁS DE HÉLICES SÉRIE B

Figura 94 – Valores de referência para t_0/D em função de r/R

r/R	t_{max}/D					x_{tmax}/c_r
	3-bladed	4-bladed	5-bladed	6-bladed	7-bladed	
.2	.0406	.0366	.0326	.0286	.0246	.350
.3	.0359	.0324	.0289	.0254	.0219	.350
.4	.0312	.0282	.0252	.0222	.0192	.351
.5	.0265	.0240	.0215	.0190	.0165	.355
.6	.0218	.0198	.0178	.0158	.0138	.389
.7	.0171	.0156	.0141	.0126	.0111	.443
.8	.0124	.0114	.0104	.0094	.0084	.486
.9	.0077	.0072	.0067	.0062	.0057	.500
1.0	.0030	.0030	.0030	.0030	.0030	.500

Fonte: Kuiper (1992, p. 47).