

ROGERIO DE ASSIS DIAS GUAHY

ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA CÁLCULOS EM  
EFEITO SOLO, EMPREGANDO TRÊS CONFIGURAÇÕES ALARES  
RETANGULARES

BELO HORIZONTE

2019

ROGERIO DE ASSIS DIAS GUAHY

ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA CÁLCULOS EM  
EFEITO SOLO, EMPREGANDO TRÊS CONFIGURAÇÕES ALARES  
RETANGULARES

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Área de Concentração em Projetos e Sistemas, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Bauzer Medeiros

BELO HORIZONTE

2019

G911a Guahy, Rogerio de Assis Dias.  
Análise comparativa de metodologias para cálculos em efeito solo, empregando três configurações alares retangulares [recurso eletrônico] / Rogerio de Assis Dias Guahy. – 2019.  
1 recurso online (179 f. ; il., color.) : pdf.

Orientador: Eduardo Bauzer Medeiros.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 86-178

Bibliografia: f. 78-79.  
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia mecânica - Teses. 2. Aerodinâmica - Teses.  
I. Medeiros, Eduardo Bauzer. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621(043)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**

Av. Antônio Carlos, 6627 - Campus Universitário  
31270-901 - Belo Horizonte - MG  
Tel.: +55 31 3409.5145  
E-mail: [cpmecs@demec.ufmg.br](mailto:cpmecs@demec.ufmg.br)

**"ANÁLISE COMPARATIVA DE METODOLOGIAS PARA CÁLCULOS  
EM EFEITO SOLO, EMPREGANDO TRÊS CONFIGURAÇÕES  
ALARES RETANGULARES"**

**ROGERIO DE ASSIS DIAS GUAHY**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "Mestre em Engenharia Mecânica", na área de concentração de "Projeto e Sistemas".

Dissertação aprovada no dia 01 de agosto de 2019.

Por:

**Prof. Eduardo Bauzer Medeiros**  
Orientador - Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG

**Prof. Helio de Assis Pegado**  
Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG

**Prof. Guilherme de Souza Papini**  
Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG

À Valéria, minha esposa, por toda sua dedicação e apoio, nesses anos em que estamos juntos.

À Ellen, minha mãe, a mulher que dedicou boa parte da sua vida à minha formação, me mostrando que a forma mais digna e segura para o sucesso é por meio dos estudos e sempre me fez acreditar que “sonhos não envelhecem”.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Brasil, que por meio de todas as suas instituições públicas pelas quais passei, me deu grandes oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Bauzer Medeiros, que com a seu grande conhecimento, profissionalismo e generosidade sempre esteve disposto a me ajudar, em todos os momentos que a ele recorri.

Ao grande amigo, Bruno Modesto Pena, parceiro de várias empreitadas acadêmicas, que sempre me apoiou nos diversos projetos que desenvolvemos juntos na UFMG.

A senhora Marina Cândida de Miranda Costa, secretária da Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFMG, pela forma profissional e empenhada com a qual sempre atendeu aos meus pleitos de natureza acadêmica.

Por fim, agradeço a todos os demais professores e funcionários da Universidade Federal de Minas Gerais que, de alguma forma, também contribuíram para minha formação.

O mesmo homem nunca se banha duas vezes na água do mesmo rio,  
porque nunca é o mesmo homem e nunca é o mesmo rio.

Heráclito de Éfeso

## RESUMO

Este trabalho apresenta a análise comparativa de duas metodologias de cálculo de parâmetros aerodinâmicos no efeito solo, aplicadas em três configurações de asas retangulares, a fim de identificar a metodologia mais adequada para ser empregada em um projeto preliminar de veículo com asa em efeito solo e verificar a possibilidade de emprego de um método analítico no intervalo de altura de voo e velocidade estudados, tendo em vista a facilidade de implementação das suas formulações.

Os principais conceitos envolvidos na aerodinâmica das aeronaves subsônicas são inicialmente apresentados, a fim de se fazer uma revisão bibliográfica dos princípios de natureza diversa que norteiam o funcionamento desses veículos tanto na atmosfera livre quanto, no efeito solo, cujo conceitos relacionados também estão comentados em um item específico deste trabalho. As superfícies alares analisadas podem ser empregadas em um veículo com asas em efeito solo que operará à baixíssima altura e com uma velocidade subsônica.

Dentre os métodos analíticos investigados por ocasião da leitura de diversos artigos referentes ao assunto, selecionou-se o método da expansão assintótica combinada proposto em 1969 por dois pesquisadores norte-americanos para a determinação analítica dos parâmetros aerodinâmicos, avaliação e análise das três configurações de asa retangulares tridimensionais estudadas, tendo em vista a simplicidade das suas formulações, o que o torna um candidato propício para o emprego na fase conceitual e preliminar do projeto aeronáutico de veículos com asa em efeito solo. Quanto ao método numérico escolhido para comparação, optou-se pelo método da superfície de sustentação para asas em efeito solo proposto em 2011 por dois pesquisadores chineses que, embora apresente maior complexidade de implementação, pois requer a elaboração de um programa computacional, é mais preciso nos diversos intervalos de velocidade e alturas de voo estudados.

Os resultados obtidos foram analisados, discutidos, e apresentados no item dedicado à análise dos resultados, onde se constata que o método numérico apresenta realmente algumas vantagens em relação ao método analítico, produzindo uma maior precisão, embora o método analítico possibilite uma resolução mais rápida, sem a necessidade de recursos computacionais mais elaborados e complexos.

Palavras-chave: Aerodinâmica, Efeito solo.



## ABSTRACT

This work presents the comparative analysis of two methodologies for the calculation of aerodynamic parameters in the ground effect, applied in three rectangular wing configurations, in order to identify the most suitable methodology to be employed in a preliminary ground wing vehicle design and to verify the possibility of using an analytical method in the range of flight height and speed studied, in view of the ease of implementation of their formulations.

The main concepts involved in the aerodynamics of subsonic aircraft are initially presented in order to make a bibliographic review of the principles of diverse nature that guide the operation of these vehicles both in the free atmosphere and in the ground effect, whose related concepts are also commented in a specific item of this work. The wing surfaces analyzed can be used in a winged vehicle with a ground effect that will operate at very low height and at a subsonic speed.

Among the analytical methods investigated when reading several articles on the subject, the combined asymptotic expansion method proposed in 1969 by two US researchers was selected for the analytical determination of the aerodynamic parameters, evaluation and analysis of the three wing configurations. studied three-dimensional rectangular blocks, in view of the simplicity of their formulations, which makes it a suitable candidate for use in the conceptual and preliminary phase of the aeronautical design of winged vehicles with ground effect. As for the numerical method chosen for comparison, we opted for the ground surface wing support method proposed in 2011 by two Chinese researchers, which, although presenting greater complexity of implementation, as it requires the elaboration of a computer program, is more accurate. in the various speed ranges and flight heights studied.

The results were analyzed, discussed, and presented in the item dedicated to the analysis of results, where it can be seen that the numerical method actually has some advantages over the analytical method, producing greater precision, although the analytical method allows a faster resolution, without the need for more elaborate and complex computational resources.

**Key words:** Aerodynamics, Ground effect.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Circulação em torno de um aerofólio.....	27
Figura 2 – Teorema da Linha Sustentadora de Prandtl.....	29
Figura 3 – Vórtices da imagem.....	30
Figura 4 - Influência do efeito solo. (a) Aeronave fora do efeito solo; (b) Aeronave no efeito solo.....	31
Figura 5 - Distribuição de pressão na superfície de uma asa em efeito solo e em voo livre.....	32
Figura 6 – Asas com formatos em planta especiais.....	33
Figura 7 - Distribuição do downwash em uma asa elíptica sem torção fora do efeito solo.....	36
Figura 8 - Distribuição do downwash em uma asa elíptica sem torção no efeito solo..	36
Figura 9 - Desenho esquemático de vórtice ferradura.....	39
Figura 10 – Asa retangular básica.....	49
Figura 11 - Asa retangular +1/4 b.....	49
Figura 12 - Asa retangular +1/2 b.....	49
Figura 13 – Fluxograma do método da superfície de sustentação para asas em efeito solo.....	52
Figura 14 - Desenho de Três Vistas WIG-C Inconfidente.....	179

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - CL x h – configurações alares (método analítico). .....	53
Gráfico 2 – CL <sub>2</sub> x h – configurações alares (método analítico). .....	54
Gráfico 3 - CL <sub>tot</sub> x h – configurações alares (método analítico). .....	54
Gráfico 4 - CD <sub>itot</sub> x h – configurações alares (método analítico). .....	55
Gráfico 5 – CL <sub>tot</sub> /CD <sub>itot</sub> x h – configurações alares (método analítico). .....	56
Gráfico 6 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 0,25\text{ m}$ . .....	57
Gráfico 7 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 0,50\text{ m}$ . .....	57
Gráfico 8 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 0,75\text{ m}$ . .....	58
Gráfico 9 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 1,00\text{ m}$ . .....	58
Gráfico 10 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 1,25\text{ m}$ . .....	59
Gráfico 11 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 1,50\text{ m}$ . .....	59
Gráfico 12 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 1,75\text{ m}$ . .....	60
Gráfico 13 - Circulação configurações alares (método analítico) - $h = 2,00\text{ m}$ . .....	60
Gráfico 14 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$ . .....	61
Gráfico 15 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 26,07\text{ m/s}$ . .....	62
Gráfico 16 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 31,01\text{ m/s}$ . .....	62
Gráfico 17 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 35,97\text{ m/s}$ . .....	63
Gráfico 18 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 40,93\text{ m/s}$ . .....	63
Gráfico 19 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 45,89\text{ m/s}$ . .....	64
Gráfico 20 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 50,85\text{ m/s}$ . .....	64
Gráfico 21 - Erros configurações alares - $V_{\infty} = 55,78\text{ m/s}$ . .....	65
Gráfico 22 – Comparação entre métodos - sustentação total asa básica ( $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$ ) .....	66
Gráfico 23 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/4b ( $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$ ) .....	66
Gráfico 24 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/2b ( $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$ ) .....	67
Gráfico 25 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica ( $V_{\infty} = 55,78\text{ m/s}$ ) .....	67
Gráfico 26 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/4b ( $V_{\infty} = 55,78\text{ m/s}$ ) .....	68
Gráfico 27 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/2b ( $V_{\infty} = 55,78\text{ m/s}$ ) .....	68
Gráfico 28 - CL asa básica - Comparação entre métodos (numérico X analítico). .....	69
Gráfico 29 - CL asa básica + 1/4b - Comparação entre métodos (numérico X analítico). .....	69
Gráfico 30 - CL asa básica + 1/2b - Comparação entre métodos (numérico X analítico). .....	70
Gráfico 31 - Sustentação total configurações alares (método numérico) - $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$ .....	71
Gráfico 32 - Sustentação total configurações alares (método analítico) - $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$ .....	71
Gráfico 33 - Sustentação total configurações alares (método numérico) - $V_{\infty} = 55,78\text{ m/s}$ .....	72

Gráfico 34 - Sustentação total configurações alares (método analítico) - $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ .....	72
Gráfico 35 - Circulação configurações alares (método numérico) - $h = 0,25 \text{ m}$ , $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ .....	73
Gráfico 36 - Circulação configurações alares (método numérico) - $h = 0,25 \text{ m}$ , $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ .....	74
Gráfico 37 - Circulação configurações alares (método numérico) - $h = 0,25 \text{ m}$ , $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ .....	74
Gráfico 38 - Circulação configurações alares (método numérico) - $h = 2,00 \text{ m}$ , $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ .....	75
Gráfico 39 - Circulação configurações alares (método numérico) - $h = 2,00 \text{ m}$ , $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ .....	75
Gráfico 40 - Circulação configurações alares (método numérico) - $h = 2,00 \text{ m}$ , $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Razão de influência do efeito solo .....	34
Tabela 2 - Características geométricas das asas retangulares estudadas.....	48
Tabela 3 - Parâmetros aerodinâmicos .....	50
Tabela 4 - Razão $h/c^{\bar{}}$ e $h/b$ .....	51
Tabela 5 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,0391$ ) ...	87
Tabela 6 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,0781$ ) ...	88
Tabela 7 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1172$ ) ...	89
Tabela 8 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1563$ ) ...	90
Tabela 9 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1953$ ) ...	91
Tabela 10 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,2344$ ) .	92
Tabela 11 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,2734$ ) .	93
Tabela 12 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,3125$ ) .	94
Tabela 13 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,0488$ ) .	95
Tabela 14 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,0977$ ) .	96
Tabela 15 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1465$ ) .	97
Tabela 16 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1953$ ) .	98
Tabela 17 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,2441$ ) .	99
Tabela 18 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,2930$ )	100
Tabela 19 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,3418$ )	101
Tabela 20 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,3906$ )	102
Tabela 21 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,0581$ )	103
Tabela 22 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1163$ )	104
Tabela 23 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,1744$ )	105
Tabela 24 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,2326$ )	106
Tabela 25 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,2907$ )	107
Tabela 26 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,3488$ )	108
Tabela 27 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,4070$ )	109
Tabela 28 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c^{\bar{}}=0,4651$ )	110
Tabela 29 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	111
Tabela 30 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	111
Tabela 31 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	111
Tabela 32 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	112
Tabela 33 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	112
Tabela 34 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	112
Tabela 35 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	113
Tabela 36 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método analítico .....	113

Tabela 37 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método analítico	113
Tabela 38 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método analítico	114
Tabela 39 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método analítico	114
Tabela 40 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método analítico	114
Tabela 41 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método analítico	115
Tabela 42 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método analítico	115
Tabela 43 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método analítico	115
Tabela 44 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método analítico	116
Tabela 45 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método analítico	116
Tabela 46 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método analítico	116
Tabela 47 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método analítico	117
Tabela 48 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método analítico	117
Tabela 49 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método analítico	117
Tabela 50 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método analítico	118
Tabela 51 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método analítico	118
Tabela 52 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método analítico	118
Tabela 53 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método numérico	119
Tabela 54 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método numérico	119
Tabela 55 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método numérico	119
Tabela 56 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método numérico	120
Tabela 57 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método numérico	120
Tabela 58 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método numérico	120
Tabela 59 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método numérico	121

17Tabela 60 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método numérico	121
Tabela 61 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método numérico	121
Tabela 62 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método numérico	122
Tabela 63 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método numérico	122
Tabela 64 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método numérico	122
Tabela 65 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método numérico	123
Tabela 66 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método numérico	123
Tabela 67 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método numérico	123
Tabela 68 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método numérico	124
Tabela 69 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método numérico	124
Tabela 70 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método numérico	124
Tabela 71 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método numérico	125
Tabela 72 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método numérico	125
Tabela 73 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método numérico	125
Tabela 74 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método numérico	126
Tabela 75 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método numérico	126
Tabela 76 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método numérico	126
Tabela 77 - Erro (%) - $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$	166
Tabela 78 - Erro (%) - $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$	167
Tabela 79 - Erro (%) - $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$	168
Tabela 80 - Erro (%) - $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$	169
Tabela 81 - Erro (%) - $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$	170
Tabela 82 - Erro (%) - $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$	171
Tabela 83 - Erro (%) - $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$	172
Tabela 84 - Erro (%) - $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$	173
Tabela 85 - Coeficientes de sustentação da asa retangular básica – método analítico	174
Tabela 86 - Coeficientes de sustentação da asa retangular +1/4 b – método analítico	174
Tabela 87 - Coeficientes de sustentação da asa retangular +1/2 b – método analítico	174
Tabela 88 - Coeficiente de sustentação adicional da asa retangular básica - método analítico	175

Tabela 89 - Coeficiente de sustentação adicional da asa retangular +1/4 b - método analítico .....	175
Tabela 90 - Coeficiente de sustentação adicional da asa retangular +1/2 b - método analítico .....	175
Tabela 91 - Coeficiente de sustentação total da asa retangular básica - método analítico .....	176
Tabela 92 - Coeficiente de sustentação total da asa retangular +1/4 b - método analítico .....	176
Tabela 93 - Coeficiente de sustentação total da asa retangular +1/2 b - método analítico .....	176
Tabela 94 - Coeficiente de arrasto induzido total da asa retangular básica.....	177
Tabela 95 - Coeficiente de arrasto induzido total da asa retangular +1/4 b .....	177
Tabela 96 - Coeficiente de arrasto induzido total da asa retangular +1/2 b .....	177
Tabela 97 - Eficiência aerodinâmica da asa retangular básica .....	178
Tabela 98 - Eficiência aerodinâmica da asa retangular +1/4 b.....	178
Tabela 99 - Eficiência aerodinâmica da asa retangular +1/2 b.....	178
Tabela 100 - Configurações externa e interna do WIG- Inconfidente.....	179
Tabela 101 - Características básicas de projeto do WIG-C Inconfidente .....	179



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CDGE – Cord Dominant Ground Effect

CFD – Computational Fluid Dynamics

DACC - Dynamic Air Cushion Craft

SDGE - Span Dominant Ground Effect

WIG - Wing in Ground Effect

## LISTA DE SÍMBOLOS

AR – razão de aspecto ou alongamento

b – envergadura

c – corda

$\bar{c}$  – corda geométrica

$\bar{\bar{c}}$  – corda aerodinâmica

$C_{Di}$  - coeficiente de arrasto induzido da asa finita

$C_L$  – coeficiente de sustentação da asa finita

$C_{L2}$  – coeficiente de sustentação suplementar da asa finita

$D_i$  – arrasto induzido da asa finita

$e_0$  – fator de eficiência de envergadura da asa (fator de Oswald)

g – aceleração da gravidade

h – altura de voo

l[a] – comprimento

L – sustentação da asa finita

m – coordenada linear longitudinal

M – número de Mach

S – área da superfície

V – velocidade

$V_{som}$  – velocidade do som

$v_S$  – velocidade de downwash

$\vec{V}_{SAB}$  - vetor velocidade induzida pelo vórtice fixo real

$\vec{V}_{SimAB}$  - vetor velocidade induzida pelo vórtice fixo real

$\vec{V}_{SA\infty}, \vec{V}_{SB\infty}$  - vetores velocidade induzida pelo vórtice livre real

$\vec{V}_{SimA\infty}, \vec{V}_{SimB\infty}$  - vetores velocidade induzida pelo vórtice livre imagem

$V_\infty$  – velocidade do escoamento na corrente livre

$X_m$  – coordenada transformada do ponto de controle do painel, na direção x

$X_{1n}$  – coordenada transformada do ponto de entrada do n-ésimo painel, na direção x

$X_{2n}$  – coordenada transformada do ponto de saída do n-ésimo painel, na direção x

y – cota de um ponto localizado na semi-envergadura, na direção do eixo y

$Y_{1n}$  – coordenada transformada do ponto de entrada do n-ésimo painel, na direção y

$Y_{2n}$  – coordenada transformada do ponto de saída do n-ésimo painel, na direção y

$Y_m$  – coordenada transformada do ponto de controle do painel, na direção y

$Z_{1n}$  – coordenada transformada do ponto de entrada do n-ésimo painel, na direção z

$Z_{2n}$  – coordenada transformada do ponto de saída do n-ésimo painel, na direção z

$Z_m$  – coordenada transformada do ponto de controle do painel, na direção z

$w_0$  – coeficiente de fator de envergadura

$\alpha$  – ângulo de ataque

$\beta$  – fator de transformação de coordenadas

$\lambda$  - afilamento

$\xi$  – vorticidade

$\Gamma$  – circulação

$\Gamma_2$  – circulação extra

$\rho$  – densidade

$\rho_\infty$  – densidade do escoamento na corrente livre

$\psi$  – função de corrente para escoamento compressível

$\bar{\psi}$  – função de corrente para escoamento incompressível

$\phi$  – potencial de velocidade

$\phi_{h/\infty}$  – fator de influência de efeito solo

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
1.1	OBJETIVO GERAL .....	22
1.2	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1	AERODINÂMICA SUBSÔNICA.....	24
2.1.1	Modelos de escoamento.....	24
2.1.2	Teorema da circulação de sustentação.....	26
2.1.3	Teorema de Kutta-Joukowski .....	27
2.1.4	Condição de Kutta .....	28
2.1.5	Teorema da circulação de Kelvin .....	28
2.1.6	Princípio do vórtice inicial .....	28
2.1.7	Teoremas de Helmholtz.....	29
2.1.8	Teoria da Linha Sustentadora de Prandtl.....	29
2.1.9	Método da imagem .....	30
2.2	EFEITO SOLO .....	31
2.3	MÉTODOS DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA AERODINÂMICO .....	37
2.3.1	Método numérico para cálculo de parâmetros aerodinâmicos .....	37
2.3.2	Método analítico para cálculo de parâmetros aerodinâmicos no efeito solo 43	
3	METODOLOGIA.....	48
3.1	Caracterização das superfícies alares.....	48
3.2	Cálculo do intervalo de massa específica .....	50
3.3	Cálculo do intervalo de velocidades e altura de voo.....	50
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	53
5	CONCLUSÃO.....	77
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
	DOCUMENTOS CONSULTADOS .....	81
	GLOSSÁRIO.....	84
	APÊNDICE A.....	87
	APÊNDICE B.....	111
	APÊNDICE C.....	119
	APÊNDICE D.....	127

APÊNDICE E.....	166
APÊNDICE F.....	174
APÊNDICE G.....	175
APÊNDICE H.....	176
APÊNDICE I.....	177
APÊNDICE J.....	178
ANEXO A.....	179
ÍNDICE ALFABÉTICO.....	180

# 1 INTRODUÇÃO

A demanda por veículos aéreos cada vez mais eficientes, que operem com menor consumo de combustível e com menor emissão de poluentes vem introduzindo requisitos de projeto aeronáutico cada vez mais complexos. Uma das formas de se conseguir uma maior eficiência é usando o chamado “efeito solo”, fenômeno este que teve seus estudos iniciados na década de 1940, pelo engenheiro russo Rostislav Evgenievich Alexeev, embora já em 1935, o engenheiro finlandês T. Kaario tenha construído o primeiro veículo com asa em efeito solo, também conhecido, dentre outras denominações, como WIG (Wing in Ground Effect). O interesse pela implementação dessa tecnologia em escala comercial, no entanto, foi posteriormente colocado de lado por apresentar riscos de operação associados ao deslocamento à baixa altitude. Atualmente, com os modernos dispositivos de controle, mais eficientes e de baixo custo, que reduzem riscos de colisão, está sendo novamente considerada esta possibilidade de sobrevoos em superfícies relativamente regulares como cursos de água, oceanos, lagos, planícies e planaltos. Assim, a utilização deste tipo de solução volta a ser revista por alguns países como a Rússia, Estados Unidos, Alemanha, Austrália e China. No Brasil, os estudos nesta área de conhecimento têm sido bastante modestos, havendo pouquíssimos trabalhos acadêmicos sobre o efeito solo e suas aplicações na indústria aeronáutica. Este trabalho visa contribuir para o preenchimento de parte dessa lacuna, apresentando a análise aerodinâmica de três configurações distintas de superfície sustentadora com geometria retangular, onde os principais parâmetros aerodinâmicos de cada configuração são determinados por um método analítico e comparados com semelhantes parâmetros calculados por meio de um método numérico, a fim de verificar a possibilidade de implementação do método analítico no intervalo de altura de voo e velocidade estudados, tendo em vista a sua grande facilidade de emprego na fase preliminar do projeto.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a análise comparativa entre um método analítico e um método numérico para cálculo de parâmetros aerodinâmicos no efeito solo, utilizando três configurações distintas de superfície sustentadora com geometria retangular, a fim de identificar a metodologia mais adequada para ser empregada em um projeto preliminar de veículo com asa em efeito solo e verificar a possibilidade de implementação do método analítico no intervalo de altura de voo e velocidade estudados, tendo em vista a sua grande facilidade de emprego na fase preliminar do projeto.

## 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Determinar o coeficiente de sustentação das três configurações alares estudadas em várias alturas de voo, variando-se o ângulo de ataque, por meio do método analítico, compará-los entre si e com os resultados obtidos por meio do método numérico;
- b) Determinar o coeficiente de arrasto das três configurações alares estudadas em várias alturas de voo, variando-se o ângulo de ataque, por meio do método analítico e compará-los entre si;

- c) Determinar a eficiência aerodinâmica das três configurações alares estudadas em várias alturas de voo, variando-se o ângulo de ataque, por meio do método analítico e compará-los entre si;
- d) Determinar os valores da circulação das três configurações alares estudadas em várias alturas de voo, variando-se o ângulo de ataque, por meio do método analítico e compará-los entre si;
- e) Determinar as sustentações das três configurações alares estudadas em várias velocidades de voo, variando-se a altura de voo e o ângulo de ataque, por meio do método analítico, compará-los entre si e com os resultados obtidos por meio do método numérico;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AERODINÂMICA SUBSÔNICA

Os estudos da aerodinâmica externa têm por objetivo determinar as forças e momentos nos corpos que se movem através de um fluido e o calor transferido para os mesmos, utilizando como variáveis fundamentais a pressão, densidade, temperatura e velocidade do fluido (ANDERSON, 2005).

Esta área de conhecimento baseia-se em cinco princípios importantes que são: a Teoria da Circulação de Sustentação, a Teoria de Kutta-Joukowski, o Teorema da Circulação de Kelvin, a condição de Kutta e o princípio do vórtice inicial (PAULA, 2012).

As moléculas de um fluido ao se moverem, mesmo de forma aleatória, transportam massa, quantidade de movimento e energia, causando os fenômenos de difusão de massa, viscosidade e condução térmica (ANDERSON, 2005).

Um fluido que se desloca sobre uma superfície está sujeito a uma força de fricção que retarda o seu movimento, surgindo uma tensão de cisalhamento na direção do escoamento e tangente à superfície em cada ponto da mesma. Haverá também uma tensão reativa de intensidade igual e oposta, atuante no fluido adjacente à superfície, cujo efeito é diminuir a velocidade do escoamento. Tal fenômeno caracteriza a viscosidade, que é definida como a resistência que um fluido oferece a quaisquer deslocamentos (ANDERSON, 2005).

Excetuando-se o arrasto induzido e o arrasto supersônico de ondas, que não está no domínio do estudo das aeronaves subsônicas, quaisquer outras formas de arrasto deve considerar em seus estudos os efeitos da viscosidade, pois esta é responsável pelo surgimento desses arrastos. O estudo dos fluidos viscosos ajuda a compreender as não linearidades de um escoamento, além de também permitir o cálculo do arrasto aerodinâmico com uma maior precisão (PAULA, 2012).

Quanto à compressibilidade, fluidos compressíveis são aqueles cuja variação da sua massa específica devida a variação da pressão em pontos distintos do escoamento não pode ser desprezada. Todos os fluidos na natureza são compressíveis, porém, existem problemas aerodinâmicos que podem ser modelados considerando a variação de massa específica irrelevante, não afetando a precisão dos resultados. Neste caso, considera-se o fluido incompressível (ANDERSON, 2005).

O escoamento real também é sempre viscoso, havendo uma fina região próxima à superfície de todo corpo que esteja submetido a este escoamento, chamada camada limite, onde os efeitos viscosos têm uma grande relevância. Nesta região, a viscosidade faz com que não haja um deslizamento do fluido junto as paredes do corpo, embora haja um perfil de velocidade na camada limite. Isto é o que chamamos de condição de aderência. O escoamento viscoso é caracterizado então pela condição de não deslizamento (PAULA, 2012).

Para que possamos representar um escoamento e estudar esses fenômenos a ele relacionados, faz-se necessário estabelecer alguns modelos matemáticos que permitam abstrair os comportamentos do escoamento (PAULA, 2012).

#### 2.1.1 Modelos de escoamento

Os modelos de escoamento baseiam-se nos princípios de conservação de massa, quantidade de movimento (Segunda Lei de Newton) e conservação de energia. Os fluidos são mais difíceis de descrever do que os sólidos, dada a sua natureza mole, o que requer a adoção de um modelo que permita aplicar estes princípios físicos fundamentais e



básicos por meio de equações matemáticas que descrevam o comportamento físico do escoamento (ANDERSON, 2005).

Dentre os modelos mais utilizados tem-se o Modelo de Volume de Controle Finito, onde é estabelecida uma superfície de controle que limita uma porção tridimensional finita do escoamento, que pode ser fixa no espaço ou se mover com o fluido, de tal modo que as mesmas partículas de fluido sempre estejam no mesmo volume de controle; o Modelo de Elemento de Fluido Infinitesimal, onde é definida uma porção elementar de fluido, constituindo um meio contínuo, que pode estar fixo no espaço ou se mover ao longo da corrente de fluido com uma velocidade igual à velocidade do escoamento, em cada ponto do mesmo; e o Modelo Molecular, que é uma abordagem que utiliza os conceitos da Teoria Cinética dos Gases, onde o movimento do fluido é um desdobramento do movimento médio dos seus átomos e moléculas (ANDERSON, 2005).

Visando um melhor entendimento, faz-se necessária a apresentação de alguns outros conceitos que integram esses modelos de escoamento, juntamente com a sua representação no espaço, que pode ser feita por meio dos diversos sistemas de coordenadas, embora o sistema de coordenadas ortogonais cartesiano seja o mais utilizado e será apresentado neste trabalho como exemplos para as diversas definições conceituais.

#### 2.1.1.1 Função de corrente

Dado um escoamento bidimensional estável, define-se como função de corrente a equação diferencial parcial que determina a linha de corrente do escoamento em função das coordenadas de posição  $x$  e  $y$ . Ajustando-se os valores da constante  $C$  da equação diferencial, tem-se as diferentes linhas de corrente que compõem o campo de escoamento (ANDERSON, 2005).

O conceito de função de corrente se aplica tanto ao escoamento compressível, quanto ao incompressível, podendo ser determinado, respectivamente, pelas equações (1) e (2) (ANDERSON, 2005).

$$\bar{\psi}(x, y) = C_n, n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

$$\psi = \frac{\bar{\psi}}{\rho} \quad (2)$$

A diferença entre duas funções de corrente do mesmo escoamento é igual ao escoamento mássico entre as respectivas linhas de corrente, por unidade de distância perpendicular ao plano em que as mesmas estão representadas ou ao escoamento volumétrico por unidade de distância entre duas linhas de corrente, no caso do escoamento ser incompressível, e tem como unidade o  $\text{kg/s.m}$  ou  $\text{m}^3/\text{s.m}$ , respectivamente. Diferenciando-se a função de corrente na direção normal à velocidade, obtemos então as velocidades do campo do escoamento (ANDERSON, 2005).

$$\Delta\bar{\psi} = \Delta C_n \quad (3)$$

$$\Delta\psi = \frac{\Delta\bar{\psi}}{\rho} \quad (4)$$

$$\rho u dy - \rho v dx = \frac{\partial\bar{\psi}}{\partial x} dx + \frac{\partial\bar{\psi}}{\partial y} dy \quad (5)$$

Ressalta-se que o conceito de função de corrente somente se aplica aos escoamentos bidimensionais.

### 2.1.1.2 Potencial de velocidade

Dado um escoamento qualquer irrotacional, também conhecido como escoamento potencial, onde  $\nabla \times \mathbf{V} = 0$ , existe uma função escalar tal,  $\phi = \phi(x, y, z)$ , que a velocidade desse escoamento é dada pelo gradiente dessa função. Para se obter as velocidades do campo de escoamento, então, diferencia-se o potencial de velocidade na direção das velocidades. Há uma analogia entre o potencial de velocidade e a função de corrente, pois a derivada de ambos leva à velocidade do campo de escoamento (ANDERSON, 2005).

$$ui + vj + wk = \frac{\partial \phi}{\partial x} i + \frac{\partial \phi}{\partial y} j + \frac{\partial \phi}{\partial z} k \quad (6)$$

A linha onde o potencial de velocidade é constante denomina-se linha equipotencial. No caso de um escoamento bidimensional, a linha de corrente é uma linha de potencial de velocidade constante. Como as linhas de gradiente e as isolinhas (linhas onde a função de corrente é constante) são perpendiculares, conclui-se que as linhas equipotenciais e as linhas de corrente também são perpendiculares entre si (ANDERSON, 2005).

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{\psi=cte} = \frac{v}{u} \quad (7)$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{\phi=cte} = \frac{u}{v} \quad (8)$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{\psi=cte} = -\frac{1}{\left(\frac{dy}{dx}\right)_{\phi=cte}} \quad (9)$$

### 2.1.2 Teorema da circulação de sustentação

A circulação é, por definição, igual à integral de linha negativa da velocidade, em torno de uma curva fechada no escoamento. Trata-se de uma propriedade cinemática que depende unicamente do campo de velocidade e da curva selecionada. Em aerodinâmica, é um conceito técnico preciso que não se refere a nenhuma ideia de algo que se move ao redor de um círculo, ou que o elemento de fluido esteja se deslocando em torno de círculos dentro do campo de escoamento (ANDERSON, 2005).

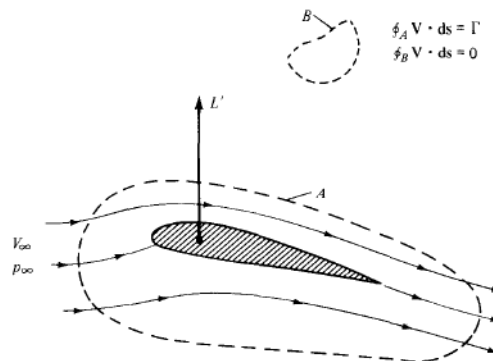
Partindo-se do conceito de vorticidade, que é por definição igual ao dobro da velocidade angular do elemento de fluido, a circulação também pode ser entendida como a integral da vorticidade ao longo de qualquer superfície aberta contornada por uma curva (ANDERSON, 2005).

$$\xi \equiv 2\omega = \nabla \times \mathbf{V} \quad (10)$$

$$\Gamma \equiv - \oint_C \mathbf{v} \cdot d\mathbf{l} = - \iint_S (\nabla \times \mathbf{v}) \cdot d\mathbf{l} \quad (11)$$

A ideia de que há uma relação entre sustentação e circulação foi desenvolvida por M. Wilhelm Kutta (1867 – 1944), porém quem estabeleceu a precisão quantitativa entre a circulação e a sustentação foi Nikolai Joukowski (1902) (PAULA, 2012).

Conforme Kutta, os movimentos circulatorios do elemento de fluido, no extradorso de uma superfície sustentadora, aumentam os movimentos translacionais dos elementos fluidos, havendo como consequência um aumento da velocidade do escoamento, seguida de uma diminuição de pressão. No intradorso da superfície, estes efeitos são opostos, havendo uma diminuição da velocidade do escoamento e um aumento da pressão. Como resultado final, tem-se o aparecimento de uma força resultante direcionada para cima (ANDERSON, 2005).



**FIGURE 3.32**  
Circulation around a lifting airfoil.

Figura 1 - Circulação em torno de um aerofólio.  
Fonte: ANDERSON, (2005).

### 2.1.3 Teorema de Kutta-Joukowski

O teorema de Kutta-Joukowski estabelece que a sustentação por unidade de envergadura em um corpo bidimensional é diretamente proporcional à circulação ao redor do corpo. Este teorema é uma forma simples e alternativa de expressar os efeitos da distribuição de pressão em uma superfície sustentadora, pois a sustentação é consequência do desbalanceamento dessa distribuição de pressão e a circulação é uma grandeza estabelecida por definição, a partir das mesmas pressões envolvidas no fenômeno aerodinâmico (ANDERSON, 2005).

Considerando uma curva fechada qualquer de um escoamento sobre um aerofólio, que o contenha, se o aerofólio estiver produzindo sustentação, o campo de velocidade em torno do aerofólio, tal como a integral em linha da velocidade em torno dessa curva, será finito, ou seja:

$$L' = \rho_{\infty} V_{\infty} \Gamma \quad (12)$$

A solução da equação (12) para os corpos com seção reta qualquer é obtida empregando o método das variáveis complexas, onde as funções arbitrárias das variáveis complexas são as soluções gerais da equação de Laplace. Para os escoamentos incompressíveis, torna-se mais fácil determinar a circulação em torno de um corpo do que

calcular detalhadamente a sua distribuição de pressão, o que caracteriza a grande vantagem do uso da teoria de Kutta-Joukowski (ANDERSON, 2005).

#### 2.1.4 Condição de Kutta

Dada uma superfície sustentadora submetida a um escoamento, teoricamente seria possível ter uma infinidade de valores de sustentação para um mesmo ângulo de ataque, pois há uma infinidade de circulações possíveis. No entanto, verifica-se experimentalmente que, para uma dada superfície aerodinâmica, a um dado ângulo de ataque, tem-se somente uma sustentação. Essa inconsistência é resolvida, considerando uma condição que fixa a circulação de forma determinística e que é conhecida como condição de Kutta. A condição de Kutta é, na realidade, um conjunto de condições de contorno que determina o escoamento de forma única e estabelece que o mesmo deixa o bordo de fuga de forma suave, onde o bordo de fuga com ângulo finito é um ponto de estagnação e o bordo de fuga cúspide implica em linhas de corrente que deixam as partes superior e inferior do bordo com velocidades finitas iguais e com direções paralelas (PAULA, 2012).

#### 2.1.5 Teorema da circulação de Kelvin

O teorema da circulação de Kelvin explica a sistemática de formação da circulação em um perfil aerodinâmico. Os elementos de fluido, ao se moverem na direção a jusante do escoamento, formam curvas distintas. Conforme este teorema, a circulação em torno de cada curva formada por esses elementos de fluido permanece constante à medida que esses elementos de fluido se movem através do escoamento. Assim, a variação da circulação ao redor de uma curva fechada formada pelos mesmos elementos de fluido é igual a zero (PAULA, 2012).

$$\frac{D\Gamma}{Dt} = 0 \quad (13)$$

#### 2.1.6 Princípio do vórtice inicial

Um fluido em repouso, ao iniciar um movimento, origina um escoamento, formando uma fina região de elevadíssimo gradiente de velocidade no bordo de fuga. Esta região se prolonga a jusante do escoamento, à medida que os elementos de fluido começam a se movimentar para trás, a partir do bordo de fuga. Conforme estes elementos de fluido se movem na direção a jusante do escoamento, forma-se uma fina camada de intensa velocidade e instável, que tende a turbilhonar e formar um ponto de vórtice. Esse ponto de vórtice é chamado de vórtice inicial (ANDERSON, 2005).

O vórtice inicial formado durante o processo de partida se move estavelmente a jusante do escoamento, em direção ao infinito. Tal como uma reação igual e de sentido oposto, a circulação surgida em torno do aerofólio é igual e com sentido contrário à circulação associada ao vórtice inicial, que se dá no sentido anti-horário. Essa circulação em torno do aerofólio, no sentido horário, torna-se cada vez mais forte, fazendo o escoamento no bordo de fuga se aproximar da condição de Kutta (ANDERSON, 2005).

Após o escoamento ao redor do aerofólio se estabilizar, deixando o bordo de fuga de maneira suave e satisfazendo plenamente a condição de Kutta, o elevado gradiente de velocidade na região do bordo de fuga desaparece, enfraquecendo a folha de

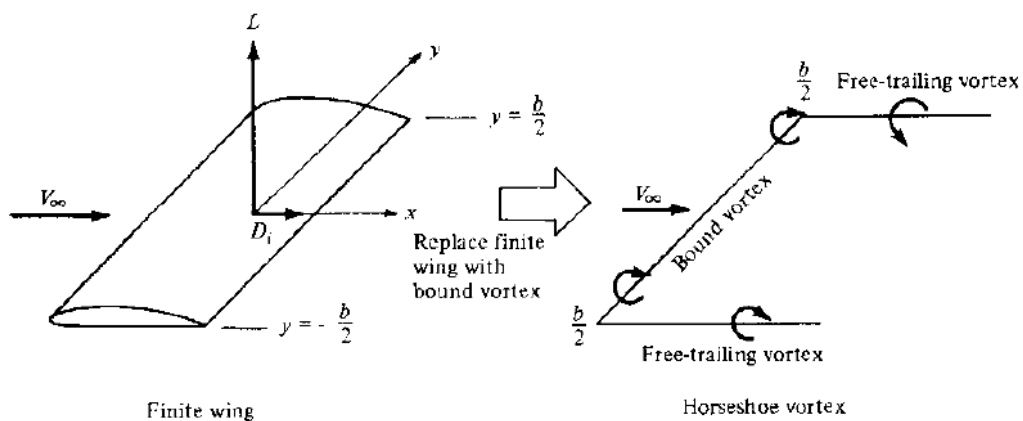
vorticidade a partir dessa região, em direção a jusante, e o vórtice inicial não aumenta mais a sua intensidade (ANDERSON, 2005).

### 2.1.7 Teoremas de Helmholtz

Estes teoremas estabelecem os princípios fundamentais do comportamento dos vórtices e utiliza o conceito de filamento de vórtices para a análise dos escoamentos não viscosos e incompressíveis. O primeiro teorema preconiza que a intensidade de um filamento é constante ao longo do seu comprimento e o segundo teorema estabelece que um filamento não pode se encerrar em um fluido, devendo se estender até a fronteira do fluido, que pode ser infinita, ou formar um caminho fechado (ANDERSON, 2005).

### 2.1.8 Teoria da Linha Sustentadora de Prandtl

Esta teoria também é conhecida como teoria da linha sustentadora clássica e permite uma previsão das propriedades aerodinâmicas da asa finita, por meio do cálculo preliminar dos seus parâmetros aerodinâmicos. Surge nessa teoria o conceito de vórtice ligado, que é um filamento de vórtice fixo em uma certa região do escoamento. Também há o conceito de vórtice livre, que são os vórtices que se movem com os elementos de fluido que escoam. O sistema formado pelos vórtices ligados e os vórtices livres, denomina-se vórtice ferradura. A ideia proposta por essa teoria é então substituir a asa finita por um sistema de vórtice ferradura limitado lateralmente pelas semi-envergaduras, podendo, assim, se calcular a sustentação por meio do Teorema de Kutta-Joukowski (PAULA, 2012).



**Figure 5.10** Replacement of the finite wing with a bound vortex.

Figura 2 – Teorema da Linha Sustentadora de Prandtl.  
 Fonte: ANDERSON, (2005).

### 2.1.9 Método da imagem

Este método estabelece, supostamente, uma superfície de fronteira que separa duas regiões de escoamento, onde o escoamento na região interna à fronteira reflete a imagem do escoamento na região externa à fronteira. O método da imagem é utilizado para representar a presença das condições de contorno em superfícies sólidas, em que o escoamento criado por singularidades na presença de contornos sólidos é modelado pela posição de vórtices de imagem. Esta modelagem apresenta bons resultados no estudo do efeito solo, pois garante a inexistência de escoamento pelo plano de simetria. O solo é representado então por um sistema de vórtices imagem, possibilitando determinar a variação da distribuição da circulação devido ao efeito solo, conforme mostra a figura 3 (LIANG e ZONG, 2011).



Figura 2-5 – Vórtices da imagem: modelagem de contornos sólidos simples.

Figura 3 – Vórtices da imagem  
Fonte: SILVA, (2006).

## 2.2 EFEITO SOLO

O efeito solo é um fenômeno aerodinâmico, aeroacústico e aeroelástico causado pela presença de uma fronteira abaixo ou próxima a uma asa. As características deste fenômeno são estudadas desde 1920. Uma aeronave ao voar nas proximidades de uma superfície sólida ou líquida, sofrerá modificações no escoamento do ar em torno da sua asa, de modo que a expansão do ar se dará de forma diferente da que teria, caso o escoamento ocorresse de forma livre. Isto resulta em um aumento da sustentação da asa, desde que esteja submetida a pequenos ângulos de ataque, e na redução do arrasto induzido, pois a barreira criada destrói parte dos vórtices, fazendo com que ocorra uma redução do escoamento induzido. Quanto maior a proximidade da superfície, maior será o efeito deste fenômeno, pois maior será a estagnação do ar abaixo da asa, resultando numa maior pressão e aumento da eficiência aerodinâmica. Estudos feitos no Japão mostraram que, caso a asa esteja submetida a grandes ângulos de ataque, a sustentação diminui com a proximidade da superfície abaixo da asa (HALLORAN, 1999).

Considerando-se a conservação da pressão total do escoamento, a sustentação adicional é devida à elevação da pressão estática sob a asa. A pressão total do campo de escoamento pode ser dividida em pressão estática (pressão de superfície) e pressão dinâmica (associada à velocidade). Como a pressão total permanece constante através do campo de escoamento, a soma da pressão estática e da pressão dinâmica também deve permanecer constante. Ao passar pela região entre a asa e a superfície, o escoamento sofre um decréscimo na sua pressão dinâmica e um correspondente acréscimo na pressão estática. Como resultado desta alteração de distribuição de pressão, haverá então um aumento na sustentação e várias mudanças em outras características aerodinâmicas da asa (HALLORAN, 1999).

Pode-se também entender o incremento de sustentação devido ao efeito solo assumindo que há um efeito de indução de vórtices livres que é equivalente a um aumento virtual da razão de aspecto da superfície sustentadora (PISTOLESI, 1937).

A alteração no escoamento devido à proximidade do solo também tem como efeito reduzir o ângulo de downwash e, conseqüentemente, aumentar o ângulo de incidência efetivo para um dado valor de ângulo de ataque. Isso implica na rotação do vetor resultante das forças, o que aumenta a componente de sustentação e reduz a componente de arrasto. A redução do arrasto também fará com que a aeronave necessite de menos tração durante o voo de cruzeiro, resultando em uma economia de combustível. A figura 4 elucida o comportamento dos vórtices fora do efeito solo e no efeito solo (HALLORAN, 1999).

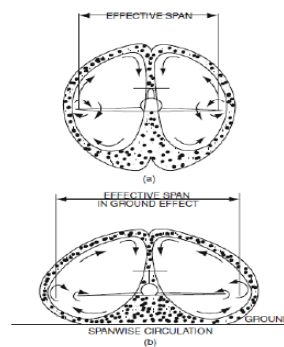


Figura 4 - Influência do efeito solo. (a) Aeronave fora do efeito solo; (b) Aeronave no efeito solo.

Fonte: HALLORAN, (1999).

O efeito solo ocorre a uma altura inferior a uma envergadura da asa. Na altura de 30% da envergadura, chega-se a uma redução de até 20% no arrasto induzido, podendo este valor atingir 50%, caso a altura de voo seja de 10% da envergadura, tendo-se então o chamado efeito solo extremo. Para as aeronaves que operam sob este efeito, a escolha de uma configuração do tipo asa baixa é relevante para o maior aproveitamento das vantagens proporcionadas pelo fenômeno, dentre elas a possibilidade de decolagem com menor pista (RODRIGUES, 2009).

Existe uma grande dificuldade para definir de forma exata a altura absoluta da zona de efeito solo. É sabido, no entanto, que o efeito solo se inicia a partir de certa altura da superfície, especificada em relação ao comprimento da corda ou da envergadura da asa. Esta zona de efeito solo possui como uma das suas características proporcionar um aumento na força de sustentação. A manifestação do efeito solo depende também da configuração aerodinâmica e da razão entre as dimensões lateral e longitudinal do veículo (ROZHDESTVENSKY, 2006).

Conforme a classificação segundo a física do efeito solo, um veículo com asa em efeito solo pode operar baseado no conceito de corda-predominante (CDGE) ou envergadura-predominante (SDGE) (ROZHDESTVENSKY, 2006).

O conceito de corda-predominante proporciona uma melhoria na eficiência aerodinâmica, pois haverá um aumento do coeficiente de sustentação devido à estagnação do escoamento no intradorso, como resposta da asa ao se aproximar a pequenas distâncias da superfície (ROZHDESTVENSKY, 2006).

Fundamentado no conceito de envergadura-predominante, o efeito solo se manifesta predominantemente reduzindo o arrasto induzido, além de também melhorar a sustentação, obtendo como resultado final um aumento da eficiência aerodinâmica (ROZHDESTVENSKY, 2006).

As asas, normalmente, criam um momento de arfagem que tende a abaixar o nariz em voos de cruzeiro. O efeito solo causa um aumento na intensidade deste momento, resultando na necessidade de uma grande força estabilizadora para balancear este momento de arfagem, o que implica na necessidade de uma empenagem horizontal maior, que trará como consequência o surgimento de um maior arrasto que poderá prejudicar a eficiência aerodinâmica total do veículo aéreo. A alteração do escoamento ao redor da asa, provocada pelo efeito solo, faz com que a localização do CA varie, resultando numa distribuição de pressão quase uniforme no intradorso, conforme pode ser observado na figura 5 (HALLORAN, 1999).

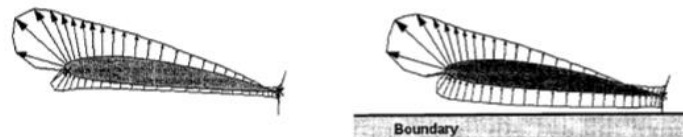


Figure 5 Surface Pressure Distribution In and Out of Ground Effect

Figura 5 - Distribuição de pressão na superfície de uma asa em efeito solo e em voo livre.  
Fonte: HALLORAN, (1999).

O momento de arfagem também sofre modificações com a altura de voo em efeito solo. No voo em extremo efeito solo, a posição do centro aerodinâmico pode passar de um quarto de corda para meia corda. Isso causa consideráveis dificuldades na elaboração do projeto. Para solucionar este problema, alguns projetistas usam um único



perfil aerodinâmico na asa. Outros projetam asas com formatos em planta bem diferentes dos convencionais, conforme pode ser observado na figura 6 (HALLORAN, 1999).

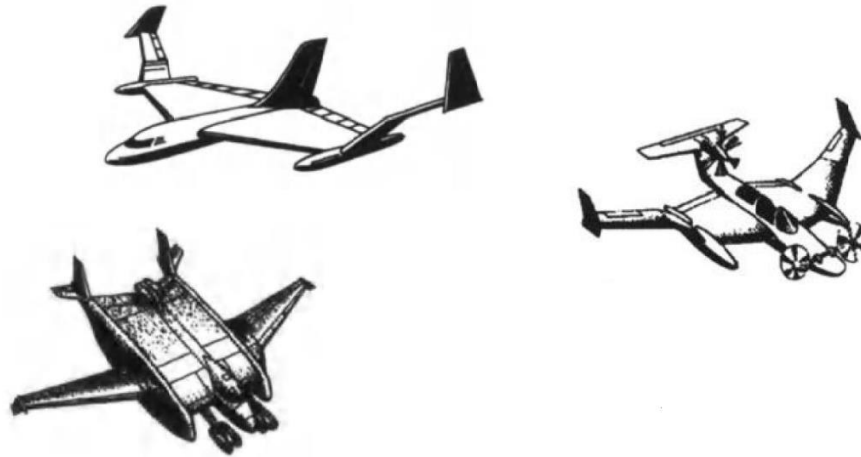


Figura 6 – Asas com formatos em planta especiais.  
Fonte: ROZHDESTVENSKY, (2006)

Várias mudanças no coeficiente de sustentação máxima também ocorrem quando uma asa opera em efeito solo. Em extremo efeito solo, o aumento da curvatura da asa (câmbor) reduz o coeficiente de sustentação máximo. O ângulo de estol também fica menor, levando a um estol mais severo, com uma abrupta perda de sustentação. A fim de solucionar este problema, pesquisas estão sendo realizadas com asas projetadas para operar especificamente em efeito solo (HALLORAN, 1999).

O cálculo das características aerodinâmicas em efeito solo não é fácil de ser feito. À medida que aumentam os recursos disponíveis, os testes experimentais têm se tornado mais atrativos, constituindo as ferramentas mais adequadas para estimar a sustentação e o arrasto no efeito solo com precisão (HALLORAN, 1999).

Como já mencionado anteriormente, o efeito solo reduz o arrasto induzido em uma superfície sustentadora. Considerando que nas asas com qualquer geometria em planta e sem torção aerodinâmica ou geométrica, o coeficiente de arrasto induzido é proporcional ao quadrado do coeficiente de sustentação, diversos pesquisadores como Torenbeek, Hoerner, Borst, MacCormick e Wieselsberger buscaram estabelecer uma medida comum da influência do efeito solo fundamentada na razão entre os quocientes da divisão do coeficiente de arrasto induzido pelo quadrado do coeficiente de sustentação, no efeito solo e fora da influência do efeito solo ou simplesmente na razão entre os coeficientes de sustentação em função do ângulo de ataque referentes às regiões intra e extra efeito solo, conforme expresso de forma simplificada pelas equações (14) e (15). Esta razão é chamada de razão de influência do efeito solo e é uma função da grandeza adimensional simples, obtida pela razão entre a altura de voo no efeito solo e a envergadura da asa ( $h/b$ ) (PHILLIPS e HUNSAKER, 2013). A Tabela 1 elenca diversas razões de influência do efeito solo propostas por aqueles pesquisadores.

$$\phi_{h/\infty} = \frac{(C_{Di}/C_L^2)_h}{(C_{Di}/C_L^2)_\infty} \quad (14)$$

$$\phi'_{h/\infty} = \frac{[C_L(\alpha)]_h}{[C_L(\alpha)]_\infty} \quad (15)$$

Tabela 1 - Razão de influência do efeito solo

Autor	Razão de influência	Aplicabilidade específica
Hoerner e Borst	$\phi_{h/\infty} = \frac{33(h/b)^{1,5}}{1 + 33(h/b)^{1,5}}$	(16)
MacCormick	$\phi_{h/\infty} = \frac{[16 h/(\pi b)]^2}{1 + [16 h/(\pi b)]^2}$	(17) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>0,05 \leq h/b \leq 1,00</math></li> </ul>
Torenbeek	$\phi_{h/\infty} = 1 - \exp[-2,48(2h/b)^{0,768}]$	(18) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pequenos coeficientes de sustentação, em relação ao alongamento;</li> <li>▪ <math>h/b \geq 0,08</math>.</li> </ul>
Wieselsberger	$\phi_{h/\infty} = \frac{1 - 0,66(h/b)}{1,05 + 3,7(h/b)}$	(19)

Fonte: PHILLIPS e HUNSAKER, (2013).

Nota: Dados trabalhados pelo autor.

Tabela 1 – Razão de influência do efeito solo (continuação)

Autor	Razão de influência	Aplicabilidade específica
	$\phi_{h/\infty} = 1 - \exp[-4,01(h/b)^{0,717}] \quad (20)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asas retangulares com <math>h/b \leq 0,13</math>.</li> </ul>
	$\phi_{h/\infty} = 1 - \exp[-3,88(h/b)^{0,660}] \quad (21)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asas retangulares com <math>h/b \leq 0,4</math>;</li> <li>▪ Asas elípticas com <math>\lambda \approx 0,4</math>.</li> </ul>
	$\phi_{h/\infty} = \frac{1 - \exp[-2,48(2h/b)^{0,768}]}{1 - \beta C_L / (4\pi AR h/b)} \quad (22)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efeito solo como função do coeficiente de sustentação e da razão de aspecto.</li> </ul>
	$\beta = \sqrt{1 + (2h/b)^2} - 2h/b \quad (23)$	
	$\begin{aligned} \phi_{h/\infty} &= 1 - \exp[-4,74(h/b)^{0,814}] \\ &- (h/b)^2 \exp[-3,88(h/b)^{0,758}] \end{aligned} \quad (24)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asa elíptica com <math>h/b \geq 0,07</math>.</li> </ul>
	$\phi'_{h/\infty} = 1 + \frac{288(h/b)^{0,787} \exp[-9,14(h/b)^{0,327}]}{AR^{0,882}} \quad (25)$	
Torenbeek modificados	$\begin{aligned} \phi_{h/\infty} &= 1 - \delta_D \exp[-4,74(h/b)^{0,814}] \\ &- (h/b)^2 \exp[-3,88(h/b)^{0,758}] \end{aligned} \quad (26)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asas com afilamento linear e pequenos ângulos de ataque;</li> </ul>
	$\delta_D = 1 - 0,157(\lambda^{0,775} - 0,373)(AR^{0,417} - 1,27) \quad (27)$	
	$\phi'_{h/\infty} = 1 + \delta_L \frac{288(h/b)^{0,787} \exp[-9,14(h/b)^{0,327}]}{AR^{0,882}} \quad (28)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asas com <math>0,3 \leq \lambda \leq 1,0</math>;</li> </ul>
	$\delta_L = 1 - 2,25(\lambda^{0,00273} - 0,997)(AR^{0,717} + 13,6) \quad (29)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asas com <math>4 \leq AR \leq 20</math>.</li> </ul>
	$\begin{aligned} \phi_{h/\infty} &= \{1 - \delta_D \exp[-4,74(h/b)^{0,814}] \\ &- (h/b)^2 \exp[-3,88(h/b)^{0,758}]\} \beta_D \end{aligned} \quad (30)$	
	$\beta_D = 1 + \frac{0,0361 C_L^{1,21}}{[AR^{1,19}(h/b)^{1,51}]} \quad (31)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asas com afilamento linear e elevados ângulos de ataque.</li> </ul>
	$\phi'_{h/\infty} = \frac{\left\{1 + \delta_L \frac{288(h/b)^{0,787} \exp[-9,14(h/b)^{0,327}]}{AR^{0,882}}\right\}}{\beta_L} \quad (32)$	
	$\beta_L = 1 + \frac{0,269 C_L^{1,45}}{[AR^{3,18}(h/b)^{1,12}]} \quad (33)$	

Obs. Para asas elípticas,  $\delta_D$  e  $\delta_L = 1,0$

Fonte: PHILLIPS e HUNSAKER, (2013).

Nota: Dados trabalhados pelo autor.

Quanto ao downwash, é sabido que, para uma asa elíptica sem torção e voando fora do efeito solo, a Teoria da Linha de Sustentação estima que este efeito é uniforme ao longo da envergadura, a uma distância equivalente a um quarto da corda, medida a partir do bordo de ataque. No efeito solo, o downwash não é uniforme ao longo da envergadura, na posição equivalente a um quarto de corda. Há uma diminuição do downwash da ordem de 10% na ponta das asas e 50% a meia envergadura. Assim, uma asa elíptica sem torção não produz um perfil elíptico de distribuição de sustentação no efeito solo (PHILLIPS e HUNSAKER, 2013).

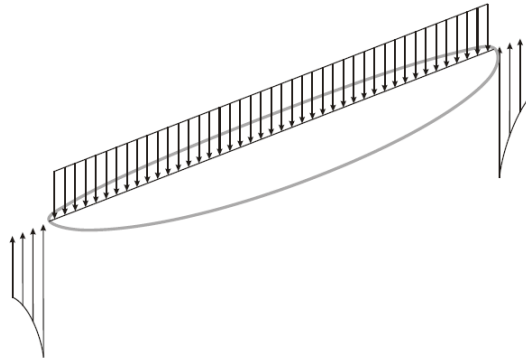


Figure 6. Downwash along the quarter chord of an untwisted elliptic wing of aspect ratio 6, outside the influence of ground effect, as predicted from the numerical lifting-line method of Phillips and Snyder.<sup>9</sup>

Figura 7 - Distribuição do downwash em uma asa elíptica sem torção fora do efeito solo.  
Fonte: PHILLIPS e HUNSAKER, (2013).

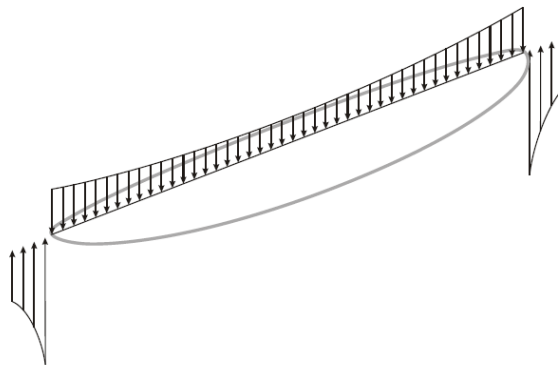


Figure 7. Downwash along the quarter chord of an untwisted elliptic wing of aspect ratio 6, in ground effect with  $h/b = 0.1$ , as predicted from the numerical lifting-line method of Phillips and Snyder.<sup>9</sup>

Figura 8 - Distribuição do downwash em uma asa elíptica sem torção no efeito solo.  
Fonte: PHILLIPS e HUNSAKER, (2013).

## 2.3 MÉTODOS DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA AERODINÂMICO

A seguir serão apresentados modelos matemáticos que implementam de forma numérica e analítica uma resolução do problema aerodinâmico de superfícies sustentadoras voando próximo a uma superfície sólida ou líquida.

### 2.3.1 Método numérico para cálculo de parâmetros aerodinâmicos

As equações básicas do escoamento aerodinâmico podem ser expressas na forma integral ou na forma diferencial. Por meio dos métodos numéricos é possível substituir essas equações por equações algébricas discretizadas, cuja solução são números que representam os valores das variáveis do campo de escoamento em pontos discretos no tempo e no espaço. Métodos numéricos, como por exemplo a Dinâmica de Fluido Computacional (CFD), apresentam como produto final um conjunto de números, permitindo lidar com a totalidade das equações não lineares da quantidade de movimento, continuidade e energia sem que seja necessário recorrer a aproximações geométricas ou físicas. A solução é completamente numérica (ANDERSON, 2005).

Na solução CFD, o campo de escoamento é dividido em um número de pontos discretos, onde linhas coordenadas contendo estes pontos geram uma grade e estes pontos discretos constituem a malha de pontos. As propriedades do campo de escoamento, tais como densidade, pressão, velocidades, etc, são calculadas apenas nos pontos discretos da malha, utilizando-se as soluções numéricas das equações que governam o escoamento (ANDERSON, 2005).

A solução analítica gera equações de forma aproximada que descrevem o escoamento como uma função de tempo e espaço. Em uma solução numérica tipo CFD, as equações governantes, sob a forma de derivadas parciais ou integrais são discretizadas, usando as variáveis do campo de escoamento somente nos pontos de grade (ANDERSON, 2005).

As equações governantes na forma de derivadas parciais podem ser discretizadas conforme três formas de diferença finita, que são fundamentadas no desenvolvimento da série de Taylor: diferença superior, diferença central e diferença inferior. Este método é uma aproximação da derivada parcial e a sua precisão é expressa pelo erro ou truncamento calculado que, no caso das diferenças superior e inferior é um erro de primeira, e para a diferença central é um erro de segunda ordem. As equações governantes na forma integral têm seus termos individuais discretizados fundamentados nas soluções por volume finito (ANDERSON, 2005).

Os escoamentos turbulentos, que são caracterizados pela ocorrência de uma camada dissipadora formada por vórtices de variadas dimensões, onde os vórtices com maiores dimensões são responsáveis pelo transporte da maior parcela da quantidade de movimento e os de menores dimensões são responsáveis pela dissipação da quase totalidade da energia cinética da turbulência produzida pelos maiores vórtices, devem ser representados por meio de um modelo de turbulência que analisa as taxas de produção e dissipação envolvidas no fenômeno. Devido à natureza aleatória da turbulência, os diversos modelos de turbulência se baseiam em métodos estatísticos. Dentre os vários modelos existentes, destacam-se o modelo de Spalart-Allmaras, que foi desenvolvido a pedido da empresa Boeing e é largamente empregado na indústria aeronáutica, tendo em vista os seus bons resultados para camadas limite submetidas a gradientes de pressão adversos; e o modelo K- $\epsilon$ , que é um modelo de turbulência a duas equações de transporte, onde a primeira variável de transporte é a energia na turbulência, denominada Energia Cinética Turbulenta (K) e a segunda variável de transporte é a dissipação turbulenta ( $\epsilon$ ),

que determina a taxa de dissipação de K. É um modelo que tem grande aplicação industrial (ALVES, 2017).

### 2.3.1.1 Método da superfície de sustentação para asas em efeito solo

No método proposto por Liang e Zong (2011), a superfície de sustentação é dividida em um número finito de painéis, onde em cada um destes é posicionado um vórtice ferradura e investigado o comportamento aerodinâmico da superfície de sustentação submetida a um escoamento subsônico e voando nas condições de efeito solo, nas proximidades de superfícies sólidas ou livres. Para cada tipo de superfície há uma formulação específica proposta pelo método (LIANG e ZONG, 2011).

Grande parte dos veículos com asa em efeito solo se deslocam com velocidades subsônicas que podem até chegar a 0,48 Mach. Quando o número de Mach supera o valor de 0,3, deve-se considerar a compressibilidade do ar, onde o efeito da energia é importante. O ar, neste caso, pode ser tratado como um fluido compressível ideal (LIANG e ZONG, 2011).

Quando a corda de uma asa é bem menor que a sua envergadura, a teoria da linha de sustentação clássica de Prandtl não é adequada para resolver o problema aerodinâmico. No caso das asas cujas cordas possuem um comprimento da ordem de grandeza da envergadura, a teoria da superfície de sustentação se mostra mais adequada para esta solução, como é o caso de vários veículos com asa em efeito solo que possuem pequenas razões de aspecto (LIANG e ZONG, 2011).

O método consiste em posicionar apropriadamente o vórtice fixo na linha de um quarto (1/4) do painel, medida a partir do bordo de ataque, e dois filamentos semi-finitos de vórtices livres que se alongam para o infinito. Estabelecem-se também pontos de controle que são posicionados em cada painel na estação localizada a distância de três quartos (3/4) da corda, também medida a partir do bordo de ataque. Na definição das equações governantes, o efeito da viscosidade é desconsiderado (LIANG e ZONG, 2011).

Para um escoamento subsônico, onde o número de Mach se encontra no intervalo entre 0,3 e 0,8, tem-se uma equação governante expressa pela equação de Prandtl-Glauert, como:

$$(1 - M^2) \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (34)$$

$$M = \frac{V_{\infty}}{V_{som}} \quad (35)$$

Implementando uma transformação linear de variáveis, substitui-se a equação (34) que é uma equação diferencial parcial elíptica por uma equação de Laplace.

$$X = x; Y = \beta y; Z = \beta z \quad (36)$$

$$\beta = \sqrt{1 - M^2} \quad (37)$$

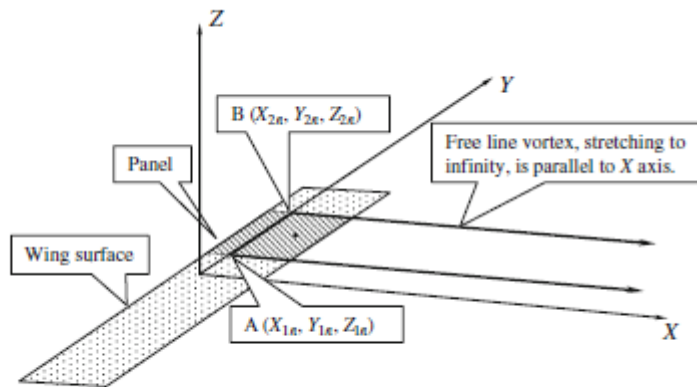
$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial Z^2} = 0 \quad (38)$$

O fator de transformação de coordenadas  $\beta$  também é aplicado ao ângulo de ataque no escoamento incompressível, a fim de determinar o ângulo de ataque no escoamento compressível, conforme a equação (39) (LIANG e ZONG, 2011).

$$\alpha = \frac{1}{\beta} \alpha_0 \quad (39)$$

A altura de voo também é reduzida por este fator de transformação ( $h/\beta$ ).

A condição de escoamento cinemático deve ser satisfeita no ponto de controle e a velocidade de downwash é induzida pelos vórtices fixo e livres. Deste modo, todos os vórtices ferradura, que são posicionados nos painéis, induzem uma velocidade de downwash no ponto de controle (LIANG e ZONG, 2011).



**Fig. 1** Schematic figure of horseshoe vortices

Figura 9 - Desenho esquemático de vórtice ferradura.  
Fonte: LIANG E ZONG, (2011)

As velocidades de downwash induzidas pelo vórtice ferradura real são determinadas conforme as equações abaixo, considerando uma asa retangular, onde é possível estabelecer algumas relações simplificadoras para efeito de cálculo (LIANG e ZONG, 2011).

$$X_{1n} = X_{2n} = 0 \quad (40)$$

$$X_m = \frac{c}{2} \quad (41)$$

$$Z_{1n} = Z_{2n} = Z_m = 0 \quad (42)$$

$$\vec{v}_{SAB} = \frac{\Gamma_n}{2\pi c} \cdot \left[ \frac{Y_m - Y_{2n}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{2n})^2}} - \frac{Y_m - Y_{1n}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{1n})^2}} \right] \vec{k} \quad (43)$$

$$\vec{v}_{SA\infty} = \frac{\Gamma_n}{4\pi} \cdot \frac{\vec{k}}{(Y_{1n} - Y_m)} \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{c}{2}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{1n})^2}} \right] \quad (44)$$

$$\vec{v}_{SB\infty} = -\frac{\Gamma_n}{4\pi} \cdot \frac{\vec{k}}{(Y_{2n} - Y_m)} \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{c}{2}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{2n})^2}} \right] \quad (45)$$

Onde,  $\vec{k}$  denota um vetor unitário na direção vertical.

A soma das velocidades verticais induzidas pelo painel real, calculadas conforme as equações (43), (44) e (45), é igual à velocidade total de downwash no ponto de controle do m-ésimo painel e o somatório de todas estas velocidades totais será igual à velocidade vertical induzida por todos os painéis reais no ponto de controle do m-ésimo painel, conforme a equação (47) (LIANG e ZONG, 2011).

$$\vec{v}_S^{m,n} = \vec{v}_{SAB} + \vec{v}_{SA\infty} + \vec{v}_{SB\infty} \quad (46)$$

$$\vec{v}_S^m = \sum_{n=1}^{2N} \vec{v}_S^{m,n} \quad (47)$$

#### 2.3.1.1.1 Asa retangular em efeito solo voando próximo à superfície sólida

Aplicando o método da imagem em uma asa retangular, cada painel submetido ao efeito da superfície sólida de contorno pode ser substituído por vórtices ferradura imagem de igual intensidade e sinal contrário, que implica em três relações fundamentais (LIANG e ZONG, 2011).



$$X_{1n} = X_{2n} = 0 \quad (48)$$

$$X_m = \frac{c}{2} \quad (49)$$

$$Z_{1n} = Z_{2n} = Z_m = -\frac{2h}{\beta} \quad (50)$$

A velocidade vertical induzida pelo vórtice fixo imagem e as velocidades verticais induzidas pelos vórtices livres, ambos do n-ésimo painel, são assim expressas:

$$\vec{v}_{SimAB} = -\frac{\Gamma_n}{4\pi} \cdot \frac{\frac{c}{2}}{4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2 + \frac{c^2}{4}} \cdot \left[ \frac{Y_m - Y_{2n}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{2n})^2 + 4h^2}} - \frac{Y_m - Y_{1n}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{1n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2}} \right] \vec{k} \quad (51)$$

$$\vec{v}_{SimA\infty} = -\frac{\Gamma_n}{4\pi} \cdot \frac{(Y_{1n} - Y_m)\vec{k}}{(Y_m - Y_{1n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2} \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{c}{2}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{1n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2}} \right] \quad (52)$$

$$\vec{v}_{SimB\infty} = \frac{\Gamma_n}{4\pi} \cdot \frac{(Y_{2n} - Y_m)\vec{k}}{(Y_m - Y_{2n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2} \cdot \left[ 1 + \frac{\frac{c}{2}}{\sqrt{\frac{c^2}{4} + (Y_m - Y_{2n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2}} \right] \quad (53)$$

A soma das velocidades verticais induzidas pelo painel imagem, calculadas conforme as equações (51), (52) e (53), é igual à velocidade total de downwash no ponto de controle do m-ésimo painel e o somatório de todas estas velocidades totais será igual a velocidade vertical induzida por todos os painéis imagem no ponto de controle do m-ésimo painel (LIANG e ZONG, 2011).

$$\vec{v}_{Sim}^{m,n} = \vec{v}_{SimAB} + \vec{v}_{SimA\infty} + \vec{v}_{SimB\infty} \quad (54)$$

$$\vec{v}_{Sim}^m = \sum_{n=1}^{2N} \vec{v}_{Sim}^{m,n} \quad (55)$$

A velocidade de downwash total, induzida no ponto de controle do m-ésimo painel por todos os painéis, imagem e real, será então:

$$\vec{v}_{Stot}^m = \vec{v}_S^m + \vec{v}_{Sim}^m \quad (56)$$

O vórtice ferradura imagem do n-ésimo painel também induz uma velocidade longitudinal no m-ésimo painel.

$$\vec{v}_{long}^{m,n} = -\frac{\Gamma_n}{4\pi} \cdot \frac{2\left(\frac{h}{\beta}\right)}{4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2 + \frac{c^2}{4}} \cdot \left[ \frac{Y_m - Y_{1n}}{\sqrt{(Y_m - Y_{1n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2}} - \frac{Y_m - Y_{2n}}{\sqrt{(Y_m - Y_{2n})^2 + 4\left(\frac{h}{\beta}\right)^2}} \right] \vec{i} \quad (57)$$

A velocidade do escoamento no bordo de ataque do  $m$ -ésimo painel será a soma da velocidade do escoamento na corrente livre com a velocidade longitudinal induzida.

$$\vec{v}^m(Y) = \vec{V}_\infty + \vec{v}_{long}^{m,n} \quad (58)$$

Observa-se que mesmo havendo uma transformação de coordenadas, empregando o fator de transformação  $\beta$ , os valores da sustentação, circulação e pressão são os mesmos para os escoamentos incompressível e compressível. Assim, o sistema de coordenadas transformadas utilizado não influenciará na determinação do coeficiente de sustentação (LIANG e ZONG, 2011).

A condição de escoamento cinemático, na qual a superfície sustentadora não pode ser penetrada na estação posicionada a três quartos da corda, medida a partir do bordo de ataque, implica nas seguintes igualdades, considerando ângulos de ataque grandes ou pequenos:

$$\vec{v}_{Stot}^m + \vec{v}^m(Y) \text{sen } \alpha = 0 \quad (59)$$

$$\vec{v}_{Stot}^m + \vec{v}^m(Y) \alpha = 0 \quad (60)$$

Devido à simetria da superfície de sustentação, a distribuição da circulação também é simétrica, o que facilita a obtenção de um sistema de equações lineares cuja resolução possibilita a determinação da circulação do vórtice ferradura posicionado em cada painel. A força de sustentação total será igual ao somatório das forças de sustentação em todos os painéis (LIANG e ZONG, 2011).

$$\Gamma_m = \Gamma_{2N-m} \quad (61)$$

$$L = \sum_{n=1}^{2N} \rho |\vec{v}^m(Y)| \Gamma_m |Y_{2m} - Y_{1m}| \quad (62)$$

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S} \quad (63)$$

### 2.3.2 Método analítico para cálculo de parâmetros aerodinâmicos no efeito solo

Normalmente, a solução analítica é uma solução exata para um problema restrito. Logo, pode ser utilizada para validar um modelo numérico, neste caso, aplicado a um problema aerodinâmico sujeito ao efeito solo.

A solução analítica permite um aprofundamento de toda física envolvida no fenômeno, identifica as variáveis relevantes e o comportamento das respostas em relação a alteração dessas variáveis e proporciona, de forma simples, um cálculo preliminar rápido, que poderá ser reutilizado em um processo iterativo (ANDERSON, 2005).

É sabido que o desempenho aerodinâmico apresenta melhoras consideráveis quando a superfície sustentadora opera nas proximidades de qualquer superfície, seja ela rígida ou livre, tal como lâminas d'água oceânicas, lacustres ou fluviais. Esta melhora no desempenho aerodinâmico em efeito solo tem como consequência as seguintes vantagens construtivas: redução da área alar, simplificação do sistema de flape e redução da potência

necessária ao sistema de propulsão. No entanto, voar próximo ao solo implica em vários desafios técnicos e aerodinâmicos, como por exemplo o controle da estabilidade longitudinal que é altamente influenciada pela variação de altura de voo e ângulo de arfagem e que devem ser superados, a fim de se estabelecer os melhores requisitos de compactidade, manobrabilidade, eficiência e operacionalidade fora do projeto (ROZHDESTVENSKY, 2006).

Os diversos métodos analíticos desenvolvidos para a determinação dos parâmetros aerodinâmicos no efeito solo consideram as várias condições específicas de voo, tais com a influência do tipo de superfície e a altura relativa de voo. Vários desses métodos se baseiam na Teoria da Linha Sustentadora de Prandtl e o seu espelho de reflexão, como o método proposto por Torenbeek que é uma modificação do método de Wieselberger (1922) e o método ESDU 72023. Outros, fazem uso de expansões assintóticas em relação a pequenos parâmetros relacionados à altura de voo, como ocorre, por exemplo, com o método proposto por Widnall e Barrows (1969) (ROZHDESTVENSKY, 2006).

### 2.3.2.1 Método de Widnall e Barrows

Este método constitui uma aplicação do método da expansão assintótica combinada em asas finitas voando muito próximo de uma superfície e é fundamentado no conceito de expansão assintótica proposto por Henri Poincaré que, por sua vez, baseou-se na teoria das perturbações (ROZHDESTVENSKY, 2000).

A análise assintótica é um método da matemática analítica para descrever o comportamento limite de uma dada função. Para melhor compreender este conceito, considere uma função qualquer  $f(x) = x^3 + 2x$ . A medida em que o valor de  $x$  se torna muito grande, o valor de  $2x$  se torna insignificante quando comparado ao valor de  $x^3$ . Diz-se então que a função  $f(x)$  é assintótica para  $x^3$  e se representa formalmente por  $f(x) \sim x^3$  (ROZHDESTVENSKY, 2000).

A expansão assintótica é uma série formal de funções que possuem a propriedade de, truncando a série após um número finito de termos, proporcionar uma boa aproximação para uma dada função na vizinhança de um dado ponto, a medida em que o argumento da função tende a este ponto particular. A parte divergente de uma expansão assintótica contém informações sobre o valor exato da função expandida. Um dos métodos utilizados para gerar as expansões assintóticas são as transformadas de Laplace, onde as repetidas integrações por parte levam a uma expansão assintótica. O termo série assintótica normalmente implica em uma série não convergente e a expansão assintótica é útil quando truncada para um número finito de termos. Uma função pode ter várias expansões assintóticas e uma expansão assintótica pode ser uma expansão assintótica de várias funções (ROZHDESTVENSKY, 2000).

Se cada função em uma sequência de funções contínuas crescer mais lentamente que a função anterior, esta sequência de funções é chamada de escala assintótica ( $\varphi_n$ ) e compõe a definição formal da expansão assintótica conforme as equações que se seguem (ROZHDESTVENSKY, 2000).

$$f(x) - \sum_{n=0}^{N-1} a_n \varphi_n(x) = O(\varphi_N(x))(x \rightarrow L) \quad (64)$$

$$f(x) - \sum_{n=0}^{N-1} a_n \varphi_n(x) = o(\varphi_{N-1}(x))(x \rightarrow L) \quad (65)$$

$\varphi_n$  é uma sequência de funções contínuas em algum domínio e  $L$  é um ponto limite desse domínio. Se ambas equações acima são validas para todo  $N$ , então:

$$f(x) \sim \sum_{n=0}^{\infty} a_n \varphi_n(x)(x \rightarrow L) \quad (66)$$

Quando um problema não permite ser solucionado por meio de uma aproximação empregando o método da expansão assintótica este é caracterizado como um problema de perturbação singular, pois contém um pequeno parâmetro que não pode ser aproximado por meio do ajuste de seu valor para zero (ROZHDESTVENSKY, 2000).

O método da expansão assintótica combinada é uma abordagem que permite encontrar uma aproximação precisa para a solução de uma equação ou sistema de equação. Trata-se de um método especificamente empregado para solucionar equações diferenciais perturbadas singularmente, onde são obtidas várias soluções aproximadas diferentes, cada qual válida para determinada parte do intervalo de variável independente. Combinando-se as diferentes soluções, que são classificadas como internas e externas, obtém-se então uma solução aproximada única, que é válida para todo supracitado intervalo (ROZHDESTVENSKY, 2000).

Widnall e Barrows (1969) propõem uma solução direta para o problema da superfície de sustentação voando próximo a uma superfície e explorando as vantagens do fenômeno do efeito solo, onde é possível introduzir certas simplificações. Conforme demonstrado por Strandard, Royce e Fujita (1962), por exemplo, o escoamento na estreita região entre a asa e a superfície nas baixíssimas alturas de voo, pode se tornar um escoamento unidimensional quando se trata de um aerofólio bidimensional e bidimensional, quando se trata de uma superfície tridimensional. A solução proposta consiste em representar o escoamento por uma distribuição de fontes e sumidouros na região do extradorso e na esteira, uma distribuição de fontes concentradas na região em torno dos bordos de ataque e laterais e uma região separada, localizada abaixo das asas e da esteira, que forma um canal confinado de escoamento e constitui um problema aerodinâmico que pode ser abordado como um problema linear ou um problema não linear. Define-se também um pequeno parâmetro  $\varepsilon$  que é a razão entre a altura de voo e a corda do aerofólio ( $h/c$ ). O problema do efeito solo linearizado, onde os deslocamentos do intradorso são pequenos em relação ao parâmetro  $\varepsilon$ , é então resolvido por meio do método da expansão assintótica combinada (WIDNALL e BARROWS, 1969).

Para uma asa com um determinado ângulo de ataque, a função que define o escoamento vertical é assintótica ao ângulo de ataque ( $O(\alpha)$ ) e na região confinada entre a asa e a superfície, a função que define a velocidade horizontal induzida pela velocidade vertical é assintótica a razão entre o ângulo de ataque e o parâmetro  $\varepsilon$  ( $O(\alpha/\varepsilon)$ ). Nas regiões próximas aos bordos de ataque e de fuga há uma reversão do escoamento, que passa a ser bidimensional ou tridimensional, conforme se tratar do estudo de uma asa finita ou infinita. Assim, essas regiões ditas internas, sob a ótica da expansão assintótica, requererão expansões especiais que são chamadas de soluções de borda de escoamento. Todo problema da aerodinâmica do efeito solo é então resolvido quando a solução do canal de escoamento e a solução para o escoamento externo acima do extradorso da asa são combinadas com as soluções de borda de escoamento. No caso de um parâmetro  $\varepsilon$

muito menor que um ( $\varepsilon \lll 1$ ), o escoamento externo pode ser representado por uma distribuição de fontes e sumidouros ao longo do eixo X. Esta abordagem simplifica o problema e evita abordá-lo de forma indireta, utilizando uma distribuição desconhecida de vórtices. Como resultado, tem-se uma solução analítica relativamente simples que fornece a distribuição de pressão sobre o extradorso e intradorso da superfície sustentadora (WIDNALL e BARROWS, 1969).

Para a elaboração do método, são estabelecidas várias formulações matemáticas a fim de definir o problema geral, as condições de contorno da tangência do escoamento no intradorso, a equação governante do potencial de velocidade nas regiões do canal de confinamento, as equações governantes dos potenciais de velocidade do escoamento externo e interno e as respectivas condições de contorno desses escoamentos. A solução de cada uma dessas formulações, que modela o campo de escoamento em cada uma das quatro regiões distintas do escoamento, compõe a solução final que é a combinação da sobreposição dessas regiões (WIDNALL e BARROWS, 1969). Este trabalho se limitará a apresentar as formulações matemáticas da circulação e do coeficiente de sustentação desenvolvidas pelo método, para as asas bidimensional e tridimensional.

### 2.3.2.1.1 Asa bidimensional no efeito solo

$$\Gamma = \frac{1}{2\varepsilon} + \frac{1}{\pi} \left( 2 \ln \frac{\pi}{\varepsilon} + 1 \right) + \frac{\varepsilon}{\pi^2} \left( 4 \ln \frac{\pi}{\varepsilon} + 2 \ln^2 \frac{\pi}{\varepsilon} \right) \quad (67)$$

$$C_l = \frac{\alpha}{\varepsilon} + \frac{2\alpha}{\pi} \left( 2 \ln \frac{\pi}{\varepsilon} + 1 \right) + \frac{2\alpha\varepsilon}{\pi^2} \left( 4 \ln \frac{\pi}{\varepsilon} + 2 \ln^2 \frac{\pi}{\varepsilon} \right) \quad (68)$$

### 2.3.2.1.2 Asa tridimensional no efeito solo

$$\Gamma(y) = \left( \frac{1}{2} \right) \left( \frac{\alpha}{\varepsilon} \right) \left[ \frac{\left( \frac{b}{2\bar{c}} \right)^2}{\left( \frac{b}{2\bar{c}} \right)^2 + 1} \right] \left\{ 1 - \left[ \frac{\bar{y}}{\left( \frac{b}{2\bar{c}} \right)} \right]^2 \right\} \quad (69)$$

$$C_L = \left( \frac{8}{3\pi} \right) \left( \frac{\alpha}{\varepsilon} \right) \left[ \frac{\left( \frac{b}{2\bar{c}} \right)^2}{\left( \frac{b}{2\bar{c}} \right)^2 + 1} \right] \quad (70)$$

O campo de velocidade ao longo do bordo de fuga proporciona uma circulação extra, que implica em uma sustentação suplementar.

$$\Gamma_2(y) = -\alpha \ln \frac{1}{\varepsilon} \left[ \frac{1}{2\pi^2} \left( \frac{1 - \bar{y}^2}{\bar{y}} \right) \ln \frac{1 - \bar{y}}{1 + \bar{y}} - \frac{1}{2\pi} \right] \quad (71)$$

$$C_{L2} = \alpha \ln \left( \frac{1}{\varepsilon} \right) \frac{4}{\pi} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi^2} \right) \quad (72)$$

Assim, o coeficiente de sustentação total será dado pela soma da equação (70) e a equação (72).

$$C_{Ltot} = \left(\frac{8}{3\pi}\right) \left(\frac{\alpha}{\varepsilon}\right) \left[ \frac{\left(\frac{b}{2\bar{c}}\right)^2}{\left(\frac{b}{2\bar{c}}\right)^2 + 1} \right] + \alpha \ln \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) \frac{4}{\pi} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi^2}\right) \quad (73)$$

$$C_{Di} = \frac{C_{Ltot}^2}{\pi e_0 AR} \quad (74)$$

$$e_0 = \frac{1}{\pi w_0} \int_{-1}^{+1} \Gamma(\bar{y}) d\bar{y} \quad (75)$$

$$\bar{y} = \frac{y}{\bar{c}}; 0 \leq y \leq \frac{b}{2} \quad (76)$$

$$\bar{y} = \frac{2y}{b}; 0 \leq y \leq \frac{b}{2} \quad (77)$$

Observa-se que a variação da sustentação ao longo da envergadura, no efeito solo, é uma função parabólica e o coeficiente de sustentação depende da forma do intradorso e da geometria em planta da asa, o que é expresso nas equações acima pela razão entre a semi-envergadura e a corda aerodinâmica (WIDNALL e BARROWS, 1969).

### 3 METODOLOGIA

Selecionou-se o método da expansão assintótica combinada (Widnall e Barrows, 1969) para a determinação analítica dos parâmetros aerodinâmicos e avaliação e análise das três configurações de asa retangulares tridimensionais estudadas, por tratar-se de um método cujas formulações são simples e de fácil implementação, o que o torna um forte candidato como ferramenta para os cálculos preliminares que são feitos nas fases de projeto conceitual e preliminar. Todos os cálculos feitos com esta metodologia foram implementados por meio de planilhas Excel da empresa Microsoft®, bem como os gráficos gerados a partir das tabelas elaboradas.

A metodologia numérica (Liang e Zong, 2011), utilizada para comparar e validar os resultados nos intervalos de altura de voo e velocidade considerados, foi implementada por meio de um programa escrito no ambiente de desenvolvimento MATLAB da empresa MathWorks®.

#### 3.1 Caracterização das superfícies alares

As asas retangulares estudadas neste trabalho possuem configurações geométricas tal que, a partir da área em planta da superfície alar do projeto preliminar do WIG-C Inconfidente (Guahy, 2016), cujas características principais estão no Anexo A, estabeleceram-se as duas outras configurações, onde, para uma mesma área em planta, alteraram-se os comprimentos das cordas e da envergadura, assumindo-se para os comprimentos da envergadura, incrementos de valores iguais a um quarto e um meio do valor inicialmente determinado no projeto preliminar supracitado.

Tabela 2 - Características geométricas das asas retangulares estudadas

Características Geométricas	Configuração		
	Asa retangular básica	Asa retangular +1/4 b	Asa retangular +1/2 b
b (m)	16,15	20,19	24,22
$c_r$ (m)	6,40	5,12	4,30
$c_t$ (m)	6,40	5,12	4,30
$\bar{c}$ (m)	6,40	5,12	4,30
$\bar{\bar{c}}$ (m)	6,40	5,12	4,30
$\lambda$	1,00	1,00	1,00
AR	2,52	3,94	5,67
S (m <sup>2</sup> )	103,40	103,40	103,40

Fonte: O autor.



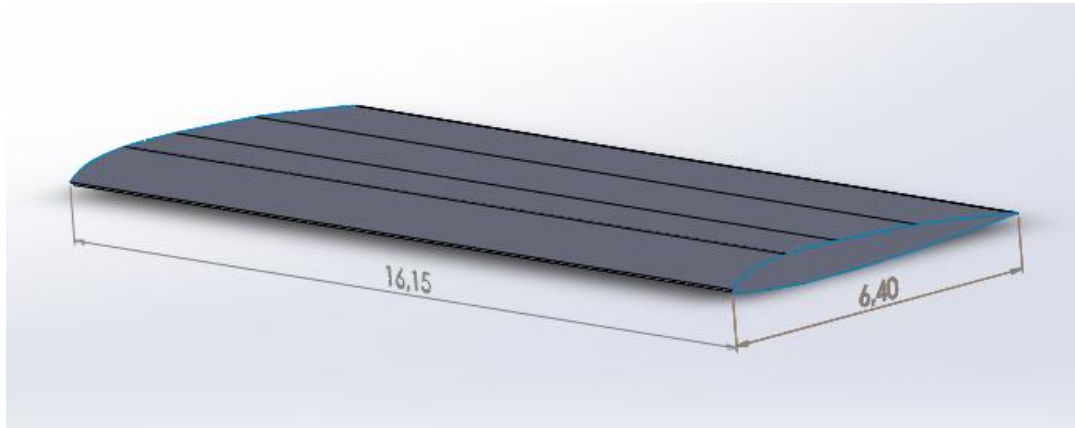


Figura 10 – Asa retangular básica.  
Fonte: O autor.

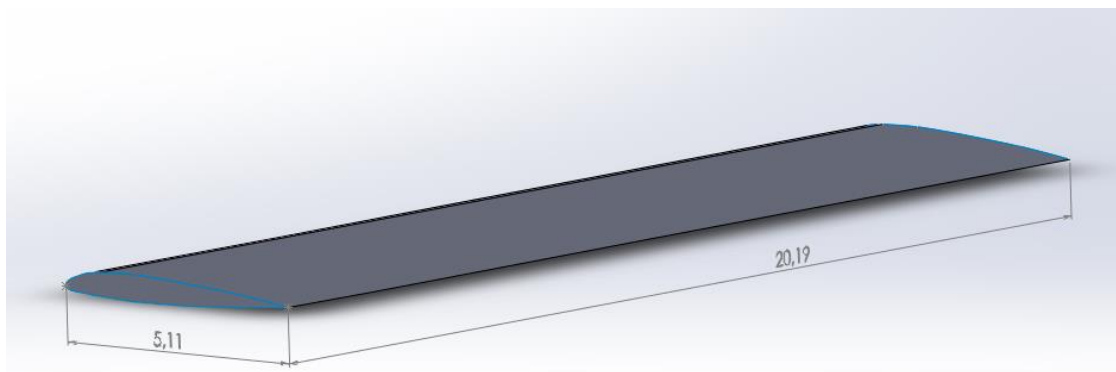


Figura 11 - Asa retangular +1/4 b  
Fonte: O autor.

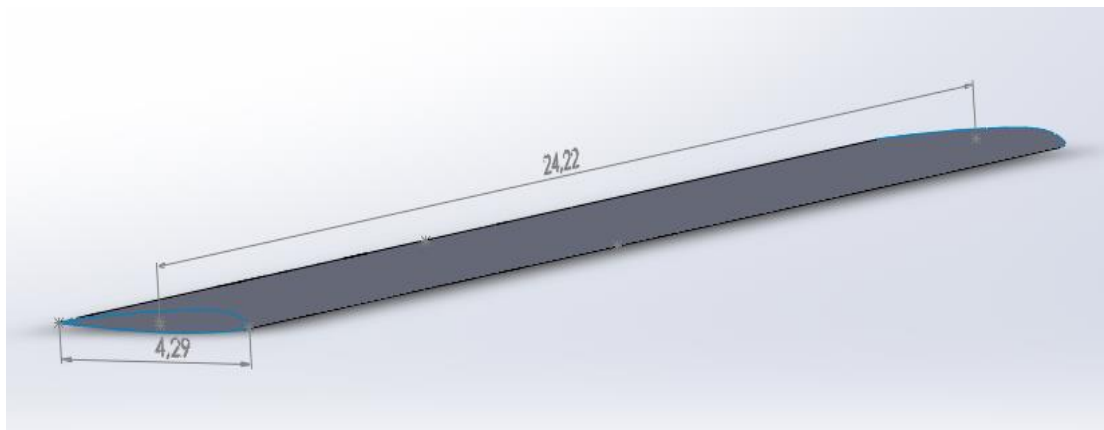


Figura 12 - Asa retangular +1/2 b  
Fonte: O autor.

### 3.2 Cálculo do intervalo de massa específica

Para um pequeno intervalo de variação de altura de voo, que vai de 0,25m à 2,00m, calculou-se as variações de densidade do ar, que são perceptíveis a partir da quarta casa decimal. Tais valores foram obtidos por meio da equação (101), desenvolvida pelo Professor Cesar Monteiro de Barros.

$$\rho = \frac{-0,085x^3 + 1,675x^2 - 10,99x + 24,6}{20} \quad (101)$$

$$x = \frac{h}{5000} \quad (102)$$

### 3.3 Cálculo do intervalo de velocidades e altura de voo

O intervalo de velocidade considerado abrange uma velocidade mínima igual à velocidade de estol e uma velocidade máxima igual à velocidade máxima de cruzeiro. Para cada velocidade discreta desse intervalo também foi calculado o número de Mach assumindo uma velocidade do som no ar igual a 343 m/s, que é um parâmetro utilizado no método numérico (Liang e Zong, 2011).

Tabela 3 - Parâmetros aerodinâmicos

Altura de voo (m)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Velocidade de voo (m/s)	Número de Mach	
h <sub>1</sub>	0,25	ρ <sub>1</sub> 1,22997	V <sub>∞1</sub> 21,09	a <sub>1</sub> 0,0615
h <sub>2</sub>	0,50	ρ <sub>2</sub> 1,22995	V <sub>∞2</sub> 26,07	a <sub>2</sub> 0,0760
h <sub>3</sub>	0,75	ρ <sub>3</sub> 1,22992	V <sub>∞3</sub> 31,01	a <sub>3</sub> 0,0904
h <sub>4</sub>	1,00	ρ <sub>4</sub> 1,22989	V <sub>∞4</sub> 35,97	a <sub>4</sub> 0,1049
h <sub>5</sub>	1,25	ρ <sub>5</sub> 1,22986	V <sub>∞5</sub> 40,93	a <sub>5</sub> 0,1193
h <sub>6</sub>	1,50	ρ <sub>6</sub> 1,22984	V <sub>∞6</sub> 45,89	a <sub>6</sub> 0,1338
h <sub>7</sub>	1,75	ρ <sub>7</sub> 1,22981	V <sub>∞7</sub> 50,85	a <sub>7</sub> 0,1483
h <sub>8</sub>	2,00	ρ <sub>8</sub> 1,22978	V <sub>∞8</sub> 55,78	a <sub>8</sub> 0,1626

Fonte: O autor.

O intervalo de alturas de voo foi definido a partir de altura máxima de voo prevista no projeto preliminar de WIG-C tomado como referência para este estudo (Guahy, 2016). Para cada configuração geométrica de asa, determinou-se as razões entre as alturas de voo e o comprimento da envergadura e o comprimento da corda média aerodinâmica, gerando novos parâmetros que foram utilizados na determinação e avaliação de outros parâmetros aerodinâmicos, conforme as formulações propostas pelas metodologias empregadas.

Tabela 4 - Razão  $h/\bar{c}$  e  $h/b$ 

Asa Retangular Básica		Asa Retangular +1/4 b		Asa Retangular +1/2 b	
$h/b$	$h/\bar{c}$	$h/b$	$h/\bar{c}$	$h/b$	$h/\bar{c}$
0,0155	0,0391	0,0124	0,0488	0,0103	0,0581
0,0310	0,0781	0,0248	0,0977	0,0206	0,1163
0,0464	0,1172	0,0371	0,1465	0,0310	0,1744
0,0619	0,1563	0,0495	0,1953	0,0413	0,2326
0,0774	0,1953	0,0619	0,2441	0,0516	0,2907
0,0929	0,2344	0,0743	0,2930	0,0619	0,3488
0,1084	0,2734	0,0867	0,3418	0,0723	0,4070
0,1238	0,3125	0,0991	0,3906	0,0826	0,4651

Fonte: O autor.

Como o método analítico (Widnall e Barrows, 1969) se baseia no conceito de corda-predominante, todas as alturas de voo avaliadas foram normalizadas pelo comprimento da corda aerodinâmica, parâmetro este que compõe as formulações deste método. Aplicando-se as formulações proposta pelo método, foi possível obter, para cada configuração geométrica de asa estudada, os valores de circulações, coeficiente sustentação, coeficiente de arrasto, eficiência aerodinâmica da semi-asa, que estão apresentados nas tabelas elencadas nos APÊNDICES A, F, I e J, respectivamente.

O campo de velocidade ao longo do bordo de fuga da asa fornece uma circulação adicional que, por sua vez, implica em uma sustentação adicional expressa por meio do coeficiente de sustentação adicional  $CL_2$ . O coeficiente de sustentação total será então igual à soma dos coeficientes de sustentação e respectivos incrementos adicionais devido ao campo de velocidade do bordo de fuga das asas, conforme elencados nas acima. Estes resultados estão elencados nas tabelas dos APÊNDICES G e H, respectivamente

No cálculo do coeficiente de arrasto induzido total, assumiu-se que todas as asas estudadas possuem um fator de eficiência da envergadura igual a 1,00.

A eficiência aerodinâmica foi determinada calculando-se a razão entre o coeficiente de sustentação total e o coeficiente de arrasto induzido total.

A semi-asa de cada configuração geométrica estudada foi dividida em quarenta painéis iguais e após aplicar os métodos analítico e numérico, foram obtidas as circulações desses painéis, para cada altura de voo. Na implementação de ambos métodos foram utilizados recursos computacionais tanto para executar o programa desenvolvido pelo autor desse trabalho e apresentado no APÊNDICE D, quanto as planilhas Excel elaboradas para os cálculos segundo as formulações analíticas. A figura 12 apresenta o fluxograma representativo das etapas utilizadas na implementação do método numérico.

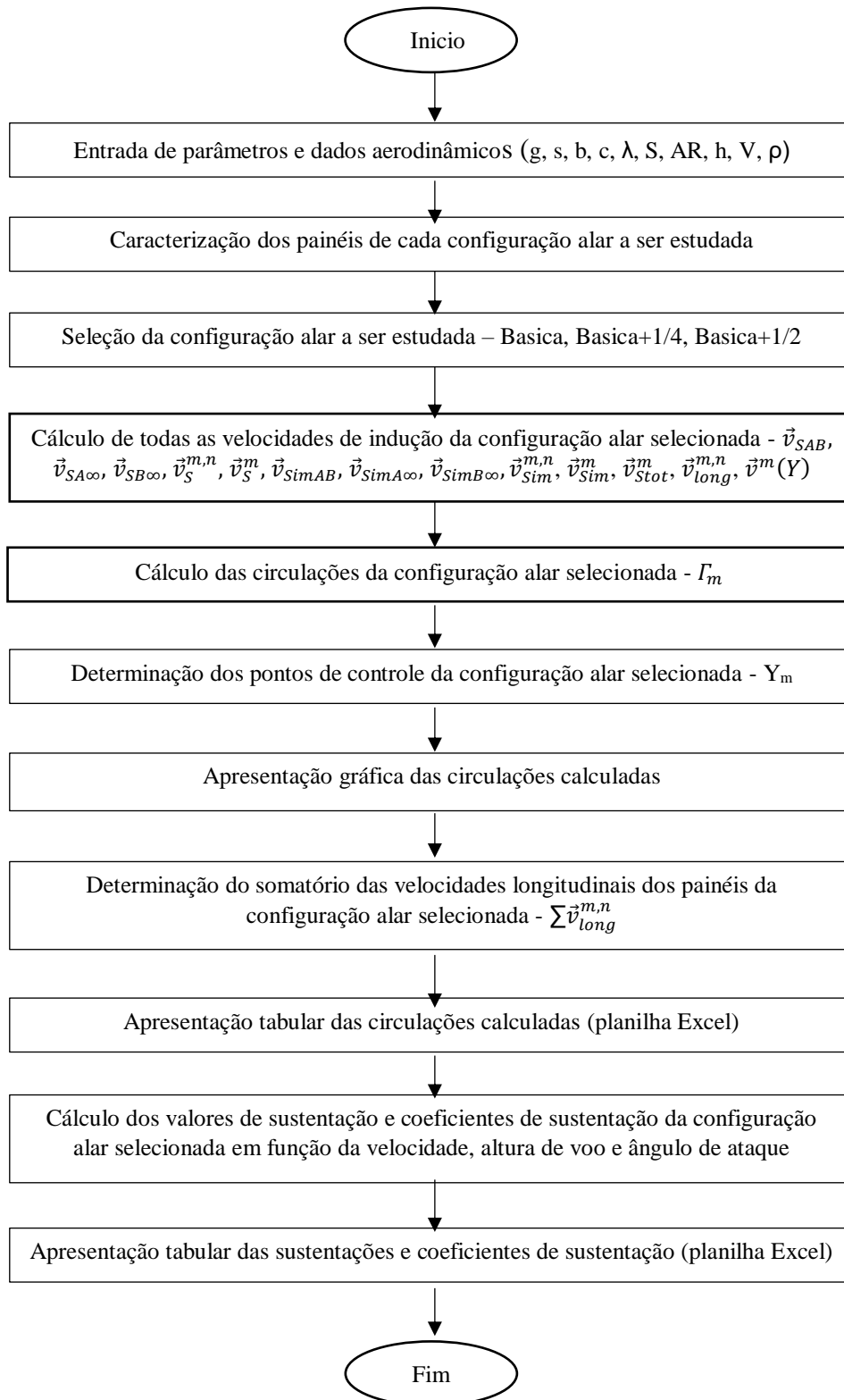


Figura 13 – Fluxograma do método da superfície de sustentação para asas em efeito solo.  
Fonte: O autor

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Aplicando-se as formulações propostas pelo método analítico (Widnall e Barrows, 1969) obteve-se os resultados elencados nas tabelas dos APÊNDICES F, G, H e I, cujas apresentações gráficas, que podem ser observadas nos gráficos 1 a 13, expressam os comportamentos das três configurações geométricas de asa retangular estudadas em relação aos coeficientes de sustentação, coeficiente de arrasto, eficiência aerodinâmica e circulações nos painéis das semi-asas.

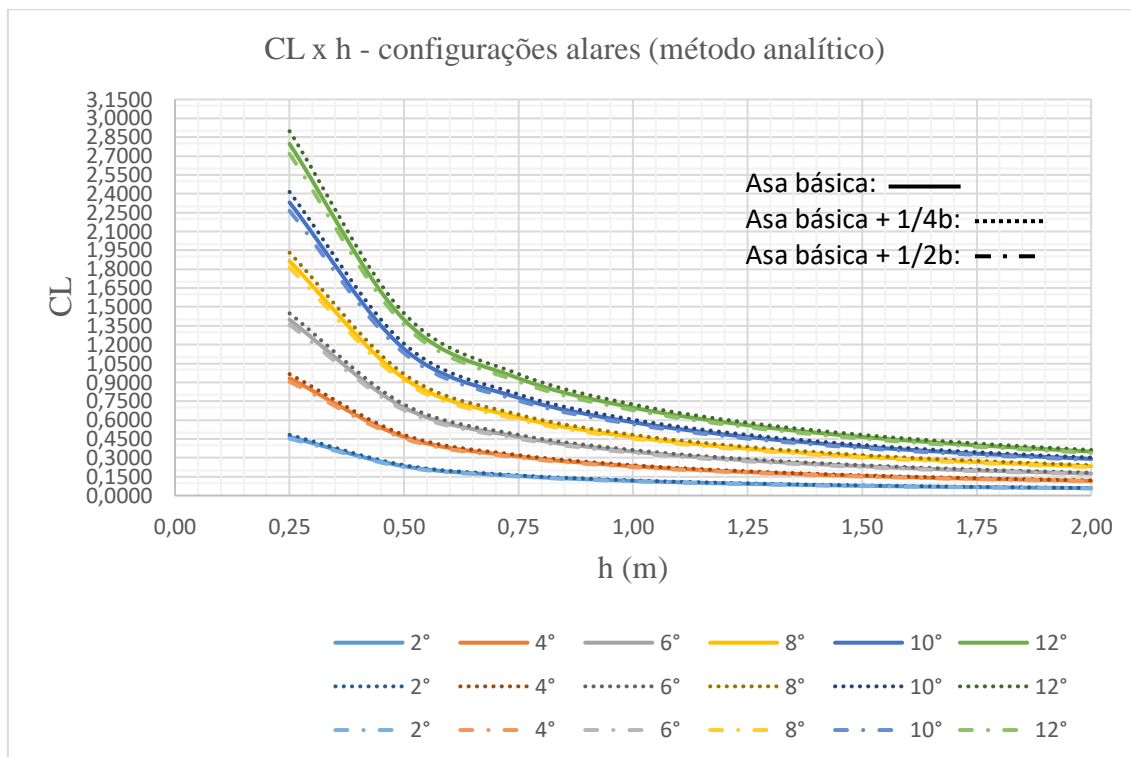


Gráfico 1 - CL x h – configurações alares (método analítico).

Fonte: O autor.

O potencial de velocidade ao longo do bordo de fuga das asas estudadas forneceu as circulações adicionais, que implicaram nos coeficientes de sustentação extras verificados no gráfico 2. Constata-se que os valores obtidos divergem com a elevação do ângulo de ataque, comportamento este diferente do observado no gráfico 1, onde os valores permanecem mais próximos ao longo de todo ângulo de ataque.

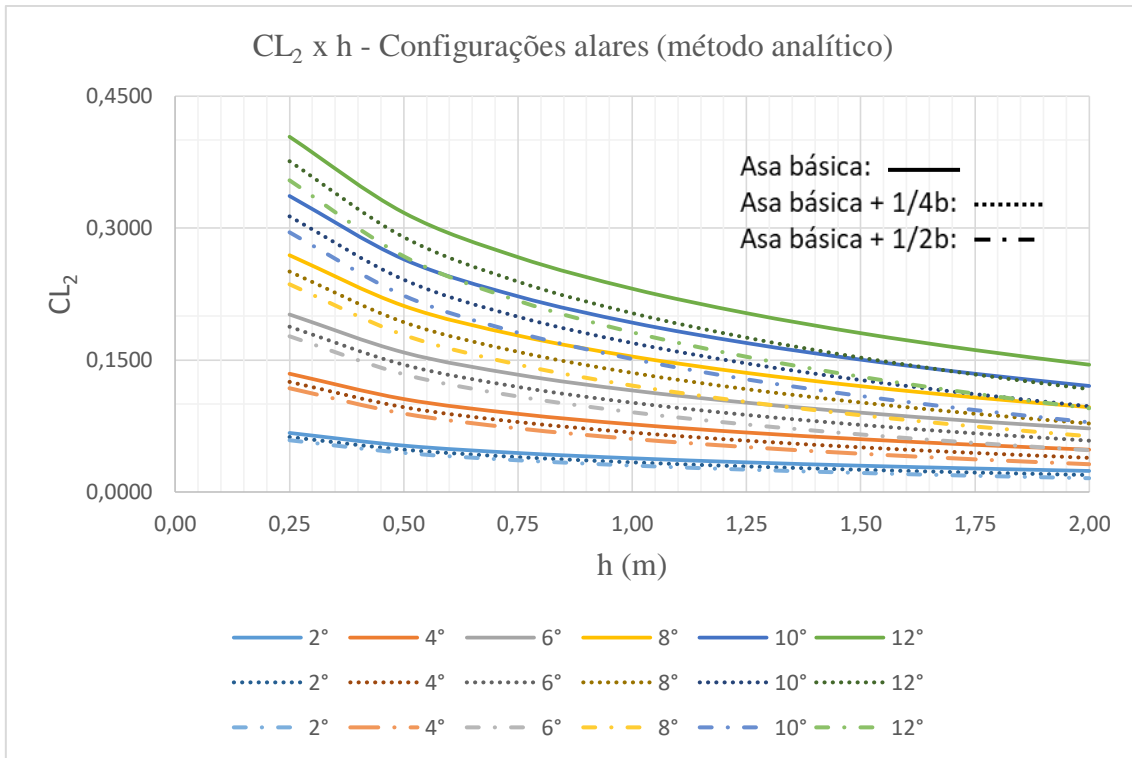


Gráfico 2 –  $CL_2$  x h – configurações alares (método analítico).  
Fonte: O autor.

A soma algébrica dos coeficientes de sustentação referentes a cada configuração geométrica supra apresentados resulta no coeficiente de sustentação total, cujas representações gráficas se seguem.

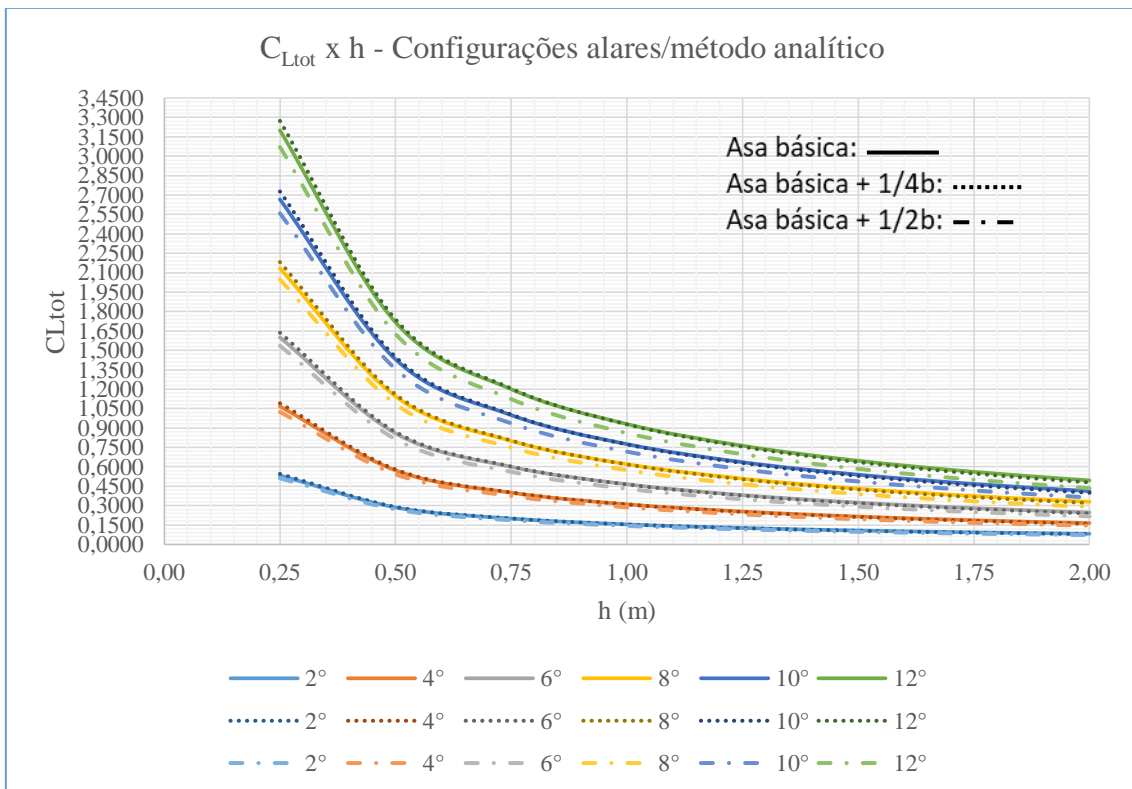


Gráfico 3 -  $CL_{tot}$  x h – configurações alares (método analítico).  
Fonte: O autor.

Os resultados obtidos por meio da metodologia analítica empregada demonstram que os coeficientes de sustentação da configuração geométrica que foi acrescida de um quarto do valor do comprimento da empenagem da asa básica (asa retangular +1/4b) apresentam valores superiores aos das demais configurações estudadas até uma altura de voo igual à um metro (1 m). A partir desta altura de voo, a configuração retangular básica passa a apresentar os maiores coeficientes de sustentação. Verifica-se também que para cada configuração geométrica retangular estudada, estes coeficientes de sustentação se elevam com o aumento do ângulo de ataque e com a diminuição da altura de voo.

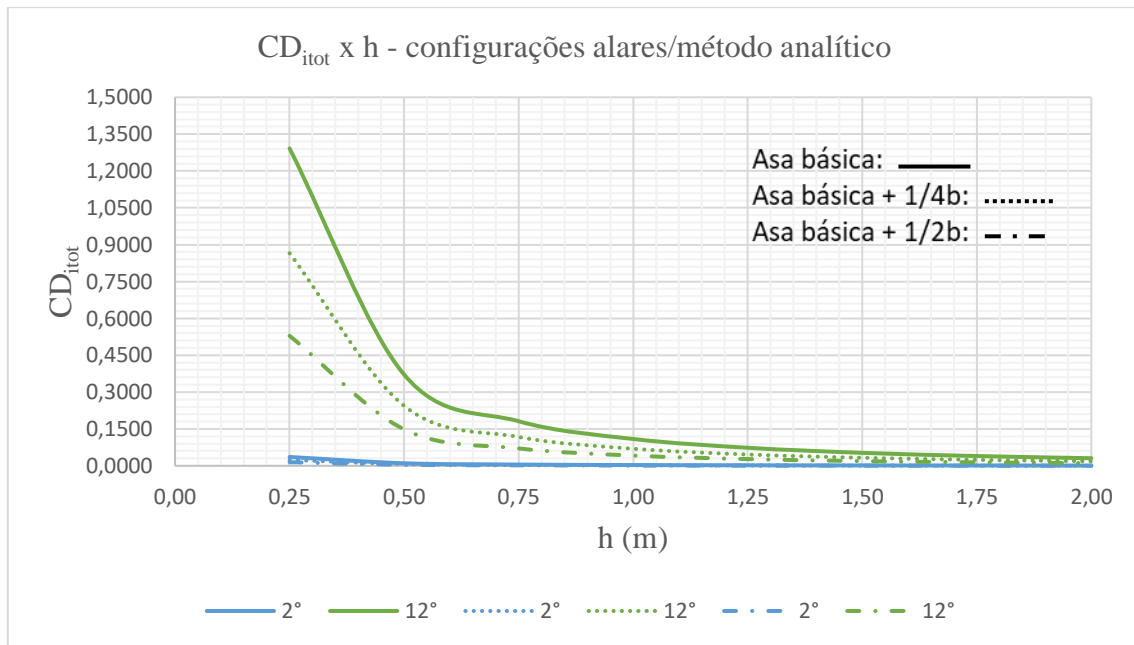


Gráfico 4 -  $CD_{itot} \times h$  – configurações alares (método analítico).  
Fonte: O autor.

A análise dos coeficientes de arrasto induzidos obtidos por meio do método analítico mostra que, diferentemente do comportamento observado nos coeficientes de sustentação, estes variam de forma única em função da configuração geométrica, independentemente da faixa de altura de voo considerada. Os menores coeficientes de arrasto induzido foram obtidos com a configuração geométrica que foi acrescida de um meio do valor do comprimento da empenagem da asa básica (asa retangular +1/2b).

Tendo em vista que o arrasto induzido é diretamente proporcional à sustentação, observam-se os maiores coeficientes de arrasto induzido nos pontos da curva onde também são verificados os maiores coeficientes de sustentação e que correspondem às menores alturas de voo associadas aos maiores ângulos de ataque.

Um outro comportamento claramente observado é a grande convergência dos valores dos coeficientes de arrasto induzido a partir de uma determinada altura de voo, que no caso em estudo foi de 0,75 m. Este comportamento também é observado em relação aos coeficientes de sustentação, porém em menor grau de convergência.

O gráfico 5 mostra a variação da eficiência aerodinâmica em função da altura de voo, para os diversos ângulos de ataque estudados, também se empregando a metodologia analítica. O comportamento das curvas permanece convergente à medida que a altura de voo e o ângulo de ataque aumentam. Para as três configurações geométricas retangulares estudadas, obteve-se as maiores eficiências aerodinâmicas nos baixos ângulos de ataque, ou seja, conforme se diminui o ângulo de ataque, aumenta a eficiência aerodinâmica. Dentre as três configurações geométricas retangulares

estudadas, aquela que foi acrescida de um meio do valor do comprimento da empenagem da asa básica (asa retangular +1/2b) apresentou os maiores valores de eficiência aerodinâmica, quando empregado o método analítico.

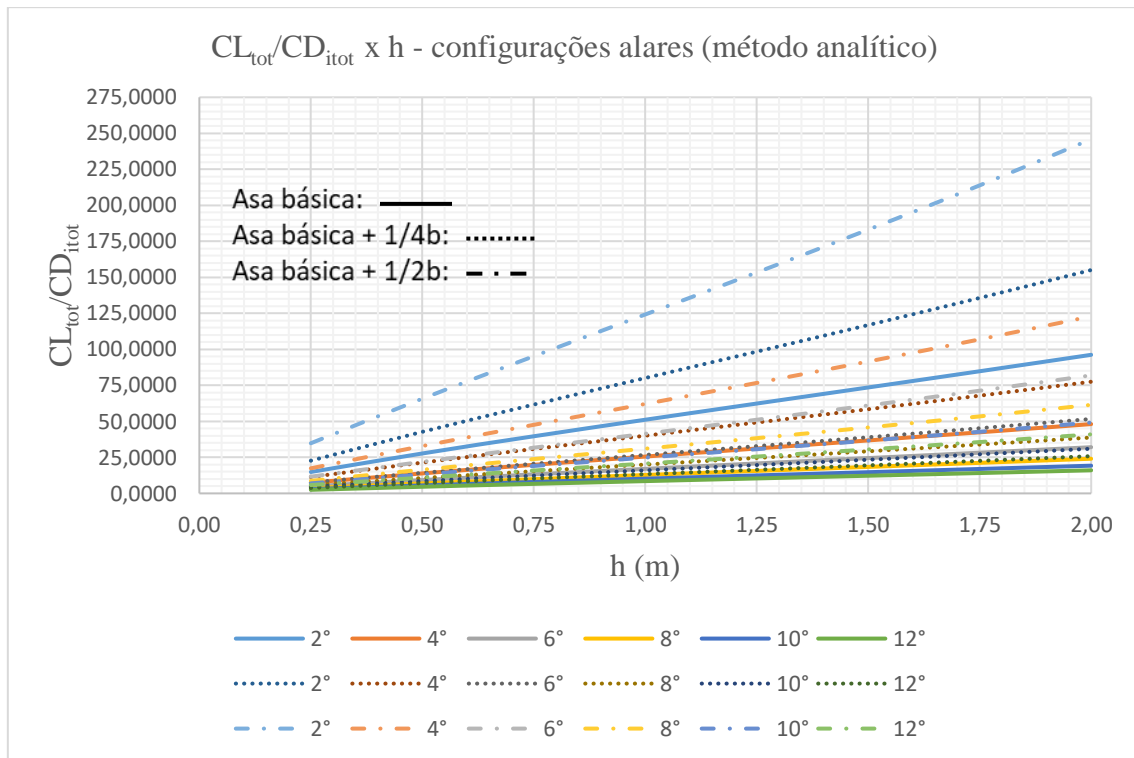


Gráfico 5 –  $CL_{tot}/CD_{itot} \times h$  – configurações alares (método analítico).

Fonte: O autor.

Os gráficos 6 a 13 representam as circulações calculadas pelo método analítico para as diversas estações das asas estudadas e elencadas nas tabelas do Apêndice A. Tal como nos gráficos 1 a 5, as curvas em linha contínua referem-se à configuração tipo asa básica, as em linha pontilhadas à configuração asa básica +1/4b e as em linha traço-ponto à configuração asa básica +1/2b. A estação zero está localizada na metade da envergadura da asa, o que facilita todo cálculo, pois as semi-asas são simétricas. A partir dos valores das circulações calculados, obteve-se então os valores de sustentação apresentados nas tabelas 52 a 75 do Apêndice B. O resultado apresentado mostra que à medida que a altura de voo aumenta, as circulações da asa básica tornam-se predominante em relação às demais configurações, numa mesma estação da asa. Os resultados mostram que no intervalo de altura de voo de 0,25 m a 1,00 m as circulações da configuração tipo asa básica +1/4b apresentam os maiores valores, quanto mais próximo estiver da estação zero da asa, conforme pode ser observado nos gráficos 6 a 9. A partir das alturas de voo maiores que 1,00 m, os resultados obtidos pelo método analítico demonstram que as maiores circulações ocorrem na configuração tipo asa básica, conforme pode ser observado nos gráficos 10 a 13. A configuração tipo asa básica +1/2 apresentou os menores valores de circulação em todo intervalo de altura de voo estudado (0,25 m < h < 2,00 m).



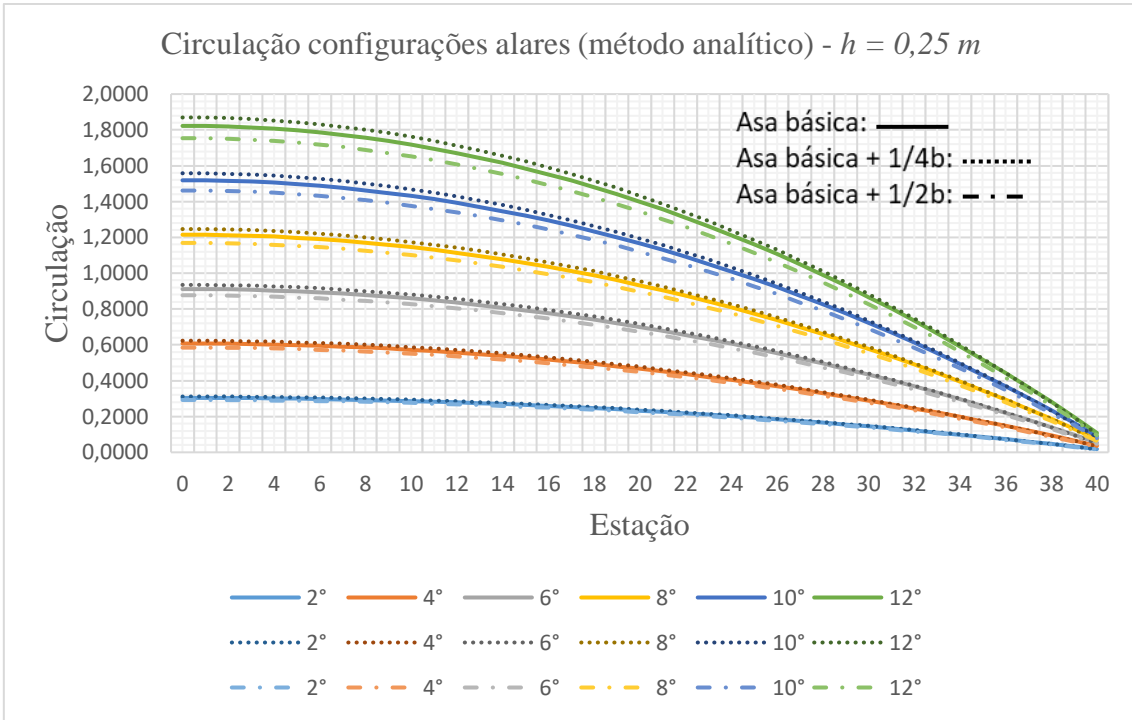


Gráfico 6 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 0,25\text{ m}$ .  
Fonte: O autor.

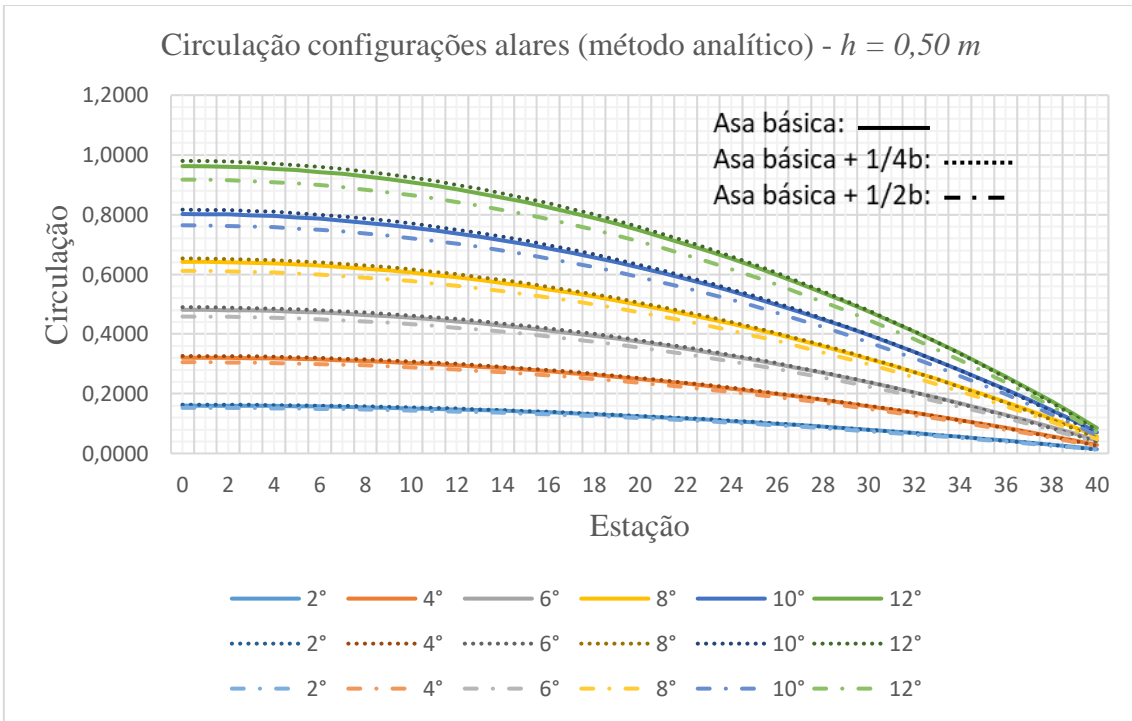


Gráfico 7 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 0,50\text{ m}$ .  
Fonte: O autor.

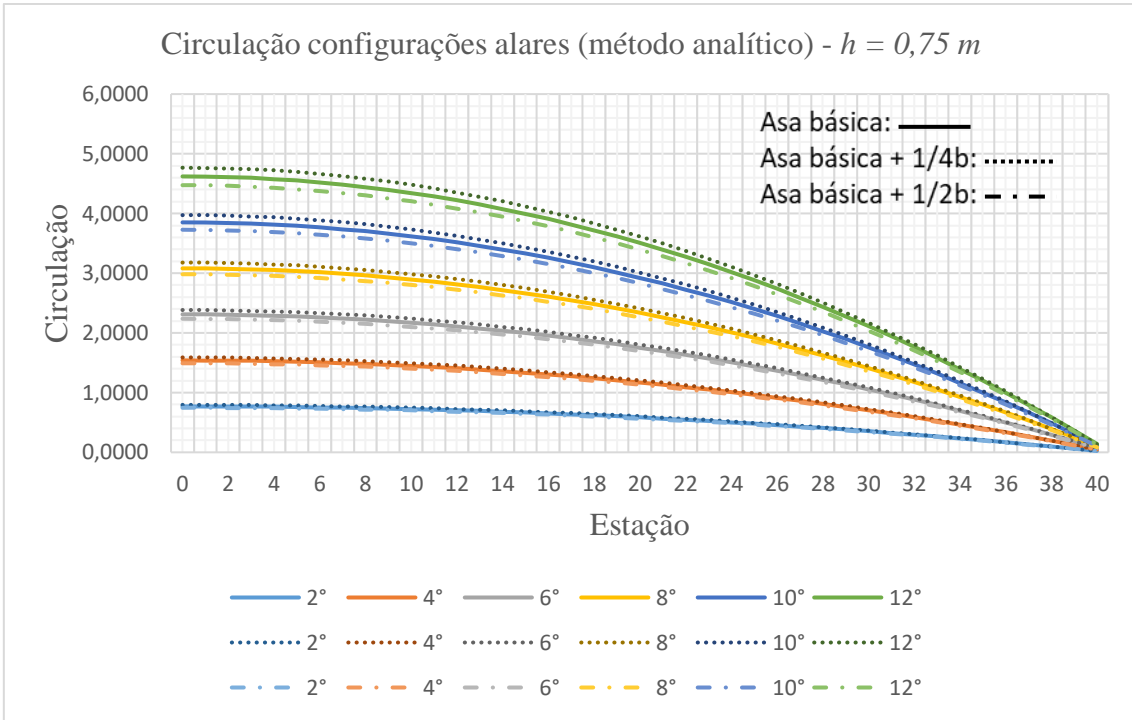


Gráfico 8 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 0,75\text{ m}$ .  
 Fonte: O autor.

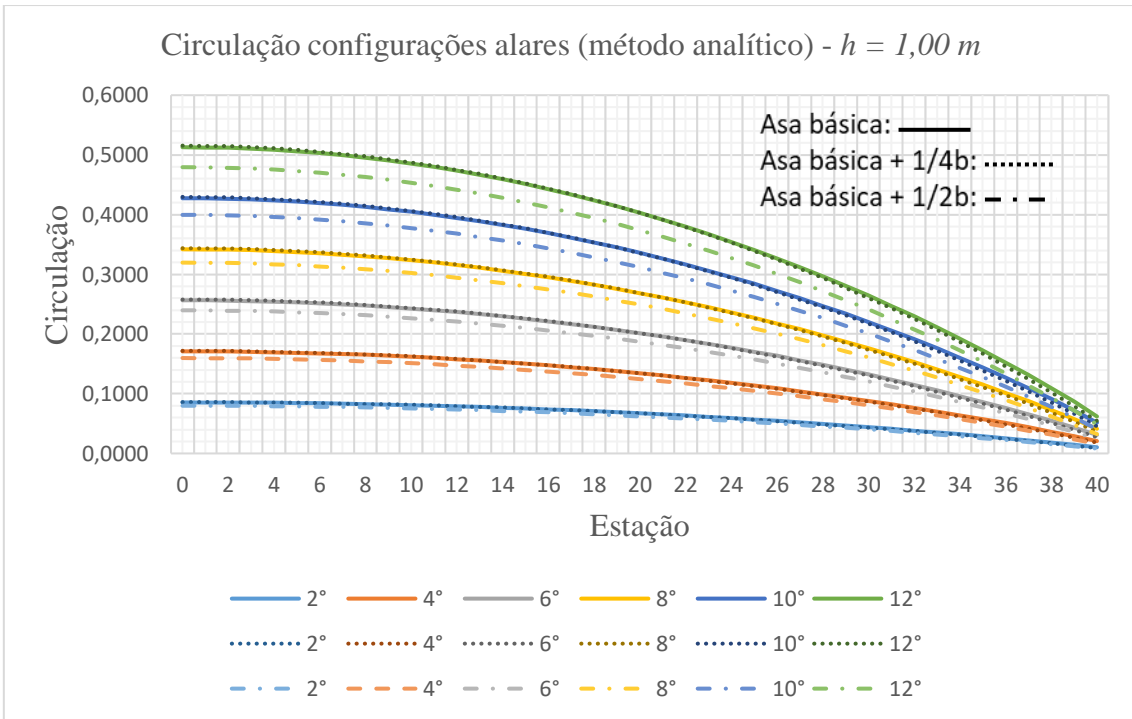


Gráfico 9 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 1,00\text{ m}$ .  
 Fonte: O autor.

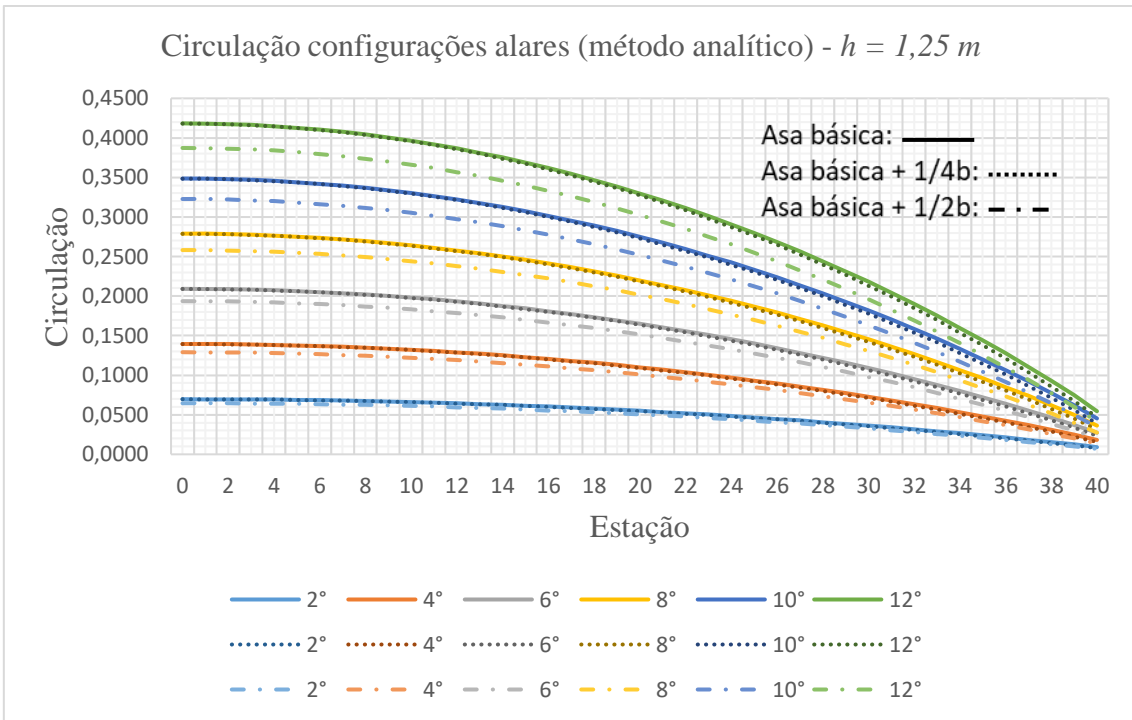


Gráfico 10 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 1,25\text{ m}$ .  
Fonte: O autor.

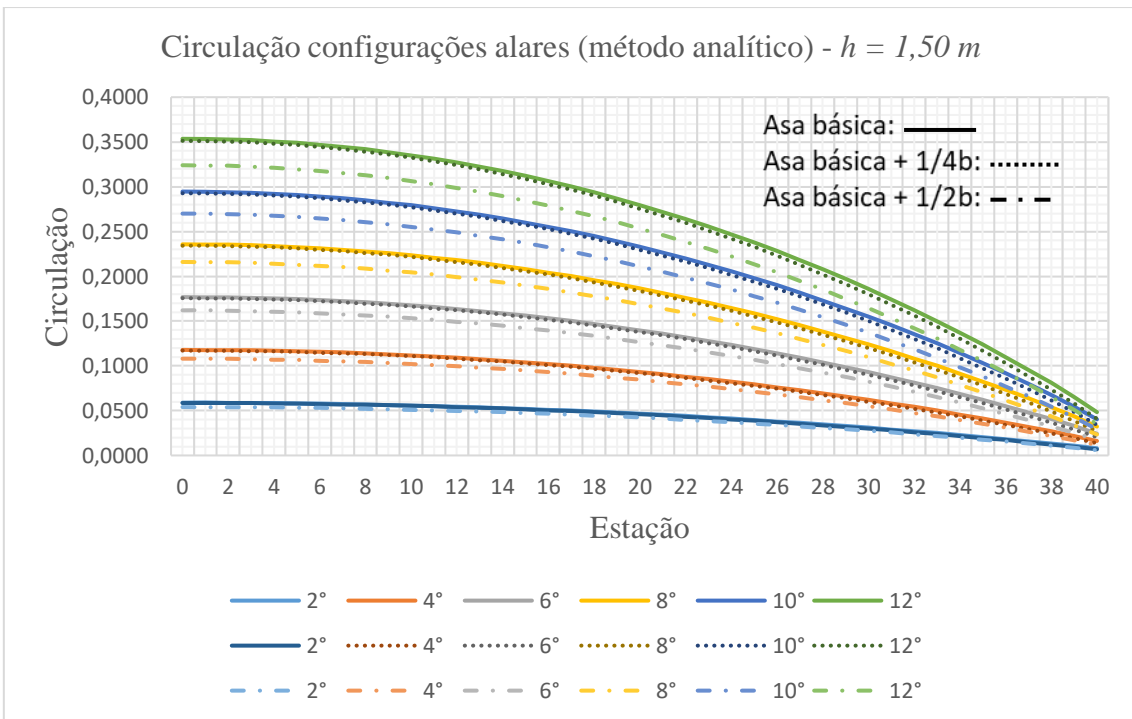


Gráfico 11 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 1,50\text{ m}$ .  
Fonte: O autor.

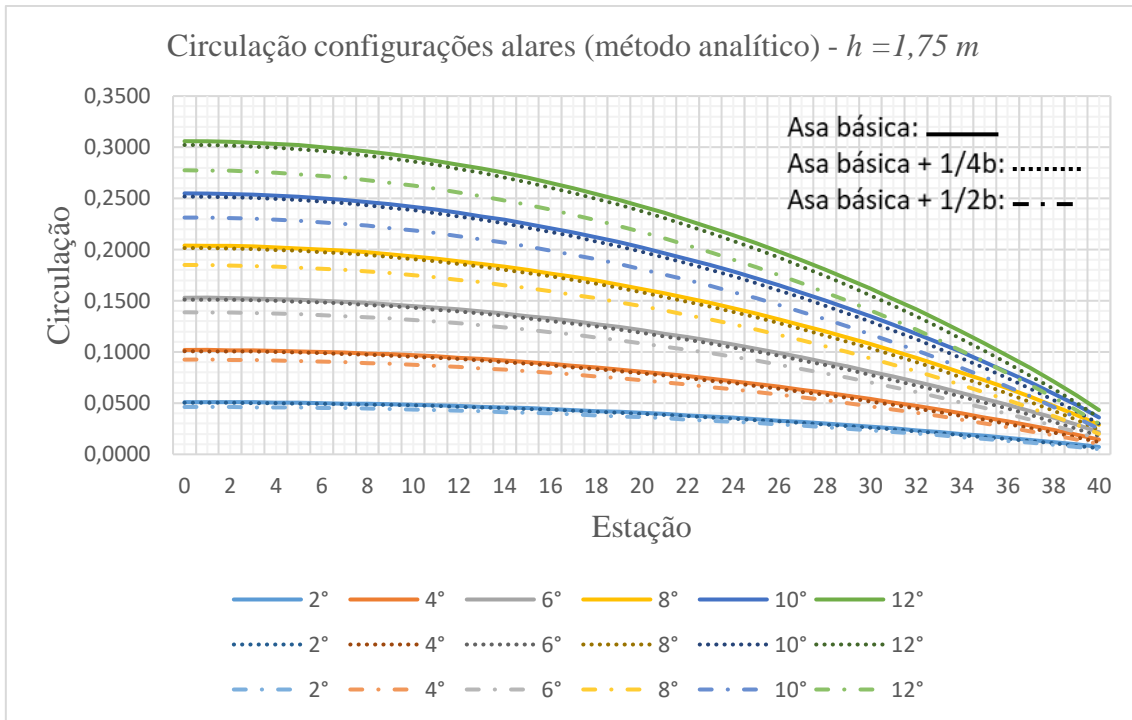


Gráfico 12 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 1,75\text{ m}$ .  
 Fonte: O autor.

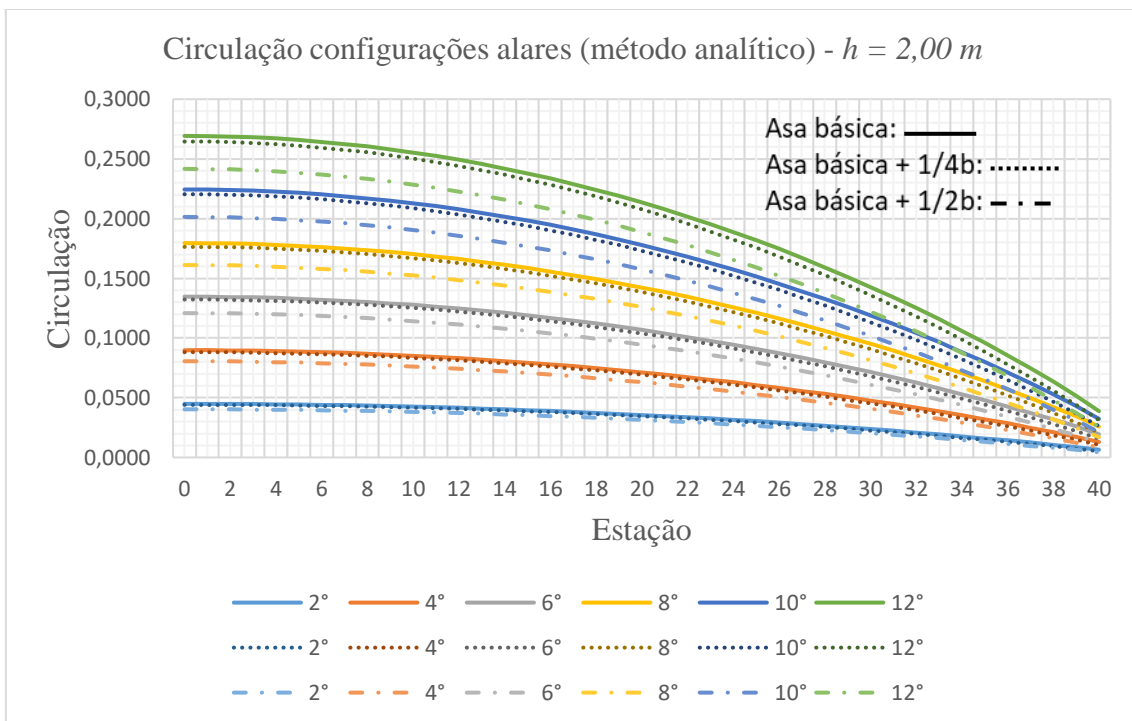


Gráfico 13 - Circulação configurações alares (método analítico) -  $h = 2,00\text{ m}$ .  
 Fonte: O autor.

Implementando-se o método numérico (Liang e Zong, 2011) por meio da aplicação desenvolvida no ambiente de programação MATLAB e cujo programa fonte está elencado no Apêndice D, foi possível realizar uma comparação com os resultados já determinados conforme o método analítico (Widnall e Barrows, 1969). Os resultados obtidos não validaram o método analítico nas alturas de voo estudadas. As tabelas do

Apêndice C apresentam os valores da sustentação calculados segundo este método numérico.

A comparação dos resultados obtidos por meio dos dois métodos implementados (analítico e numérico) permite constatar-se que:

- i) Os erros no intervalo de altura de voo estudado, que são representados pela diferença percentual entre os resultados das sustentações obtidas pelo método numérico e o método analítico, aumentam com a altura de voo e diminuem com a elevação do ângulo de ataque, para todas as três configurações de asa estudadas, porém de forma diferente, conforme pode ser observado nas tabelas 77 a 84 do Apêndice E. Este comportamento se mantém em todo intervalo de velocidade analisado, embora os valores de erro diminuam com o aumento da velocidade. Na configuração asa retangular básica, observa-se uma variação com tendência logarítmica, o que não acontece com as outras duas configurações estudadas, conforme pode ser verificado nos gráficos 14 a 21.

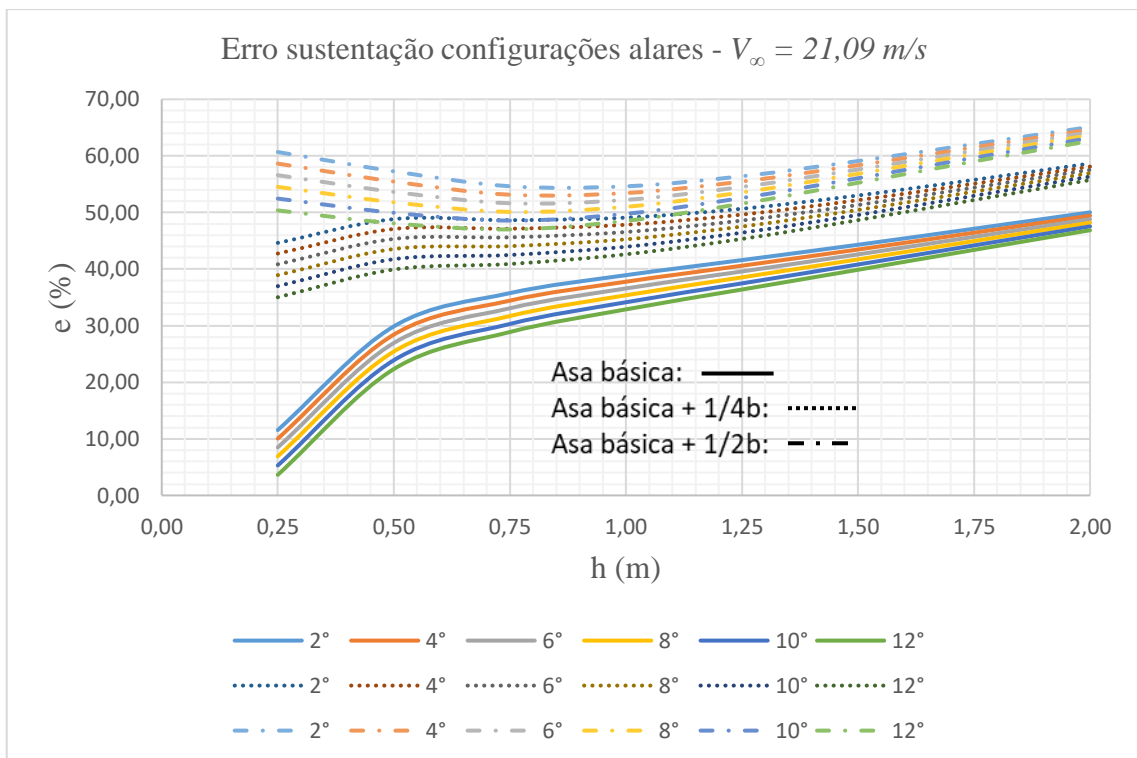


Gráfico 14 - Erros configurações alares -  $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ .

Fonte: O autor.

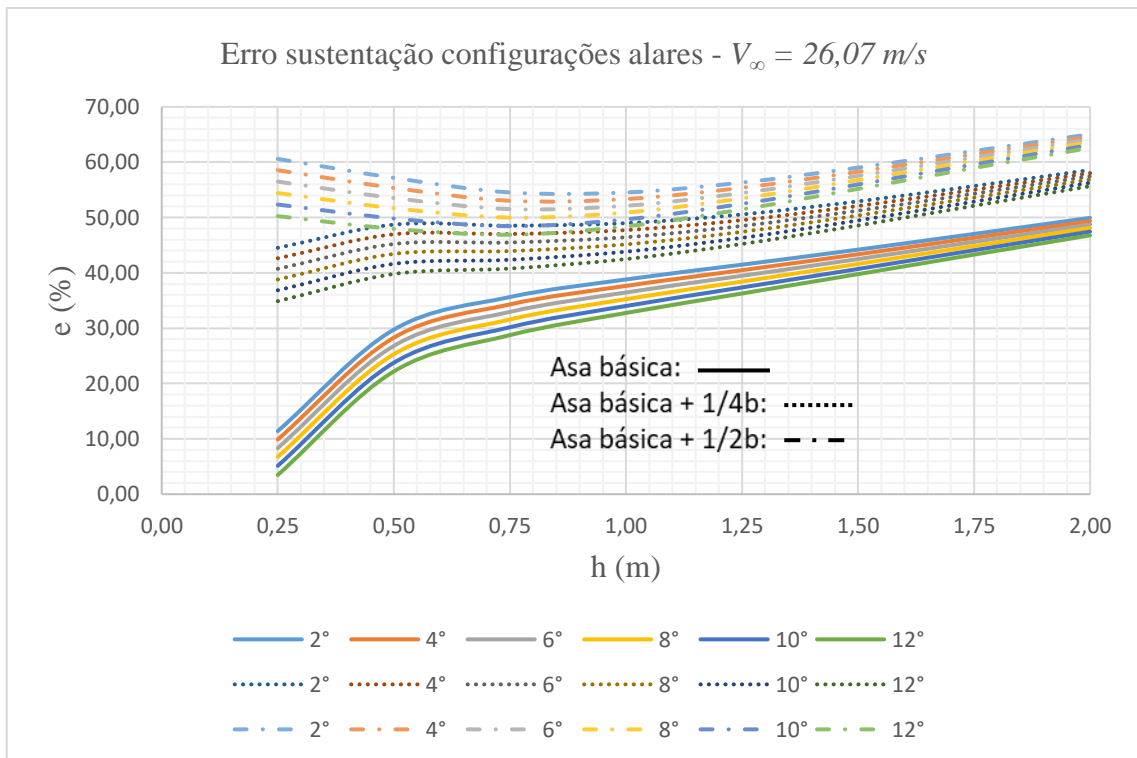


Gráfico 15 - Erros configurações alares -  $V_\infty = 26,07 \text{ m/s}$ .  
 Fonte: O autor.

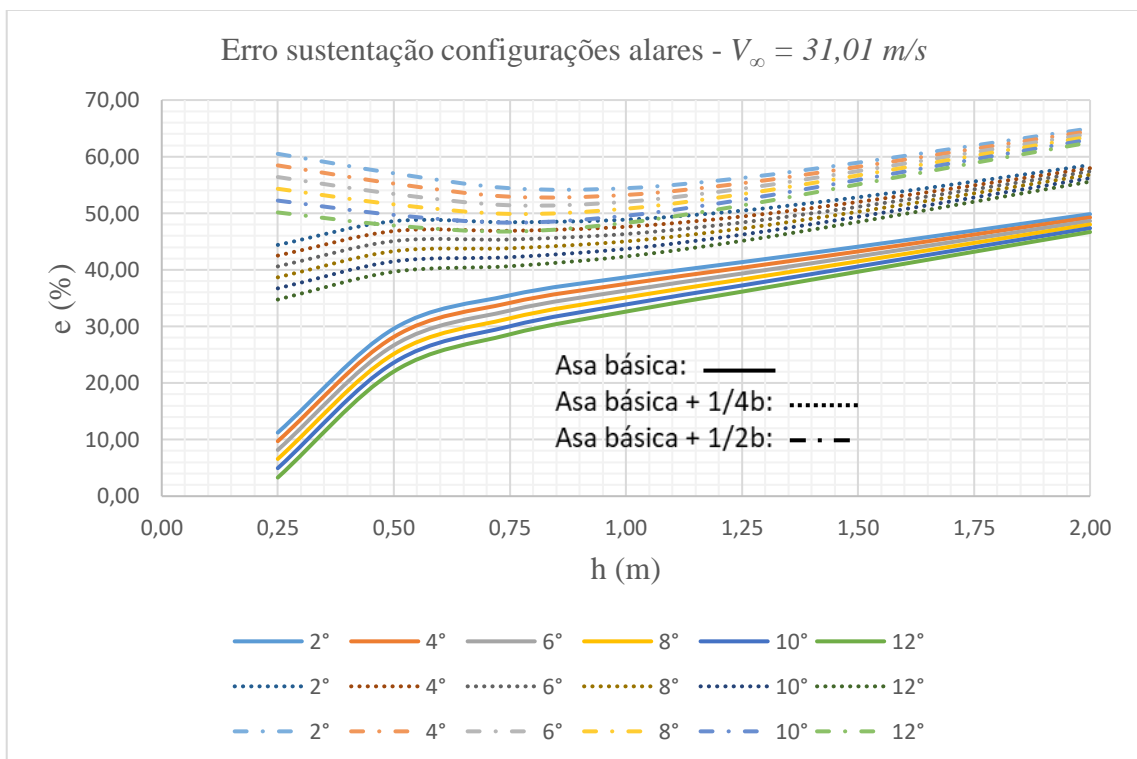


Gráfico 16 - Erros configurações alares -  $V_\infty = 31,01 \text{ m/s}$ .  
 Fonte: O autor.

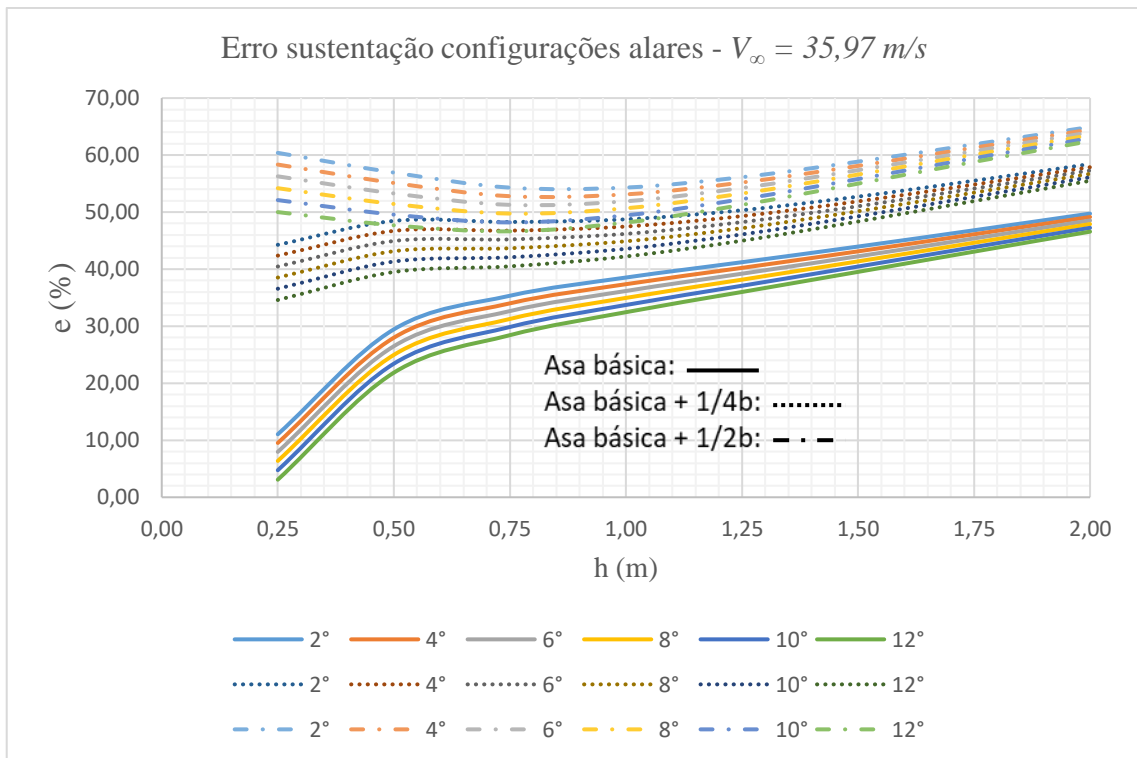


Gráfico 17 -. Erros configurações alares -  $V_\infty = 35,97 \text{ m/s}$ .  
 Fonte: O autor.

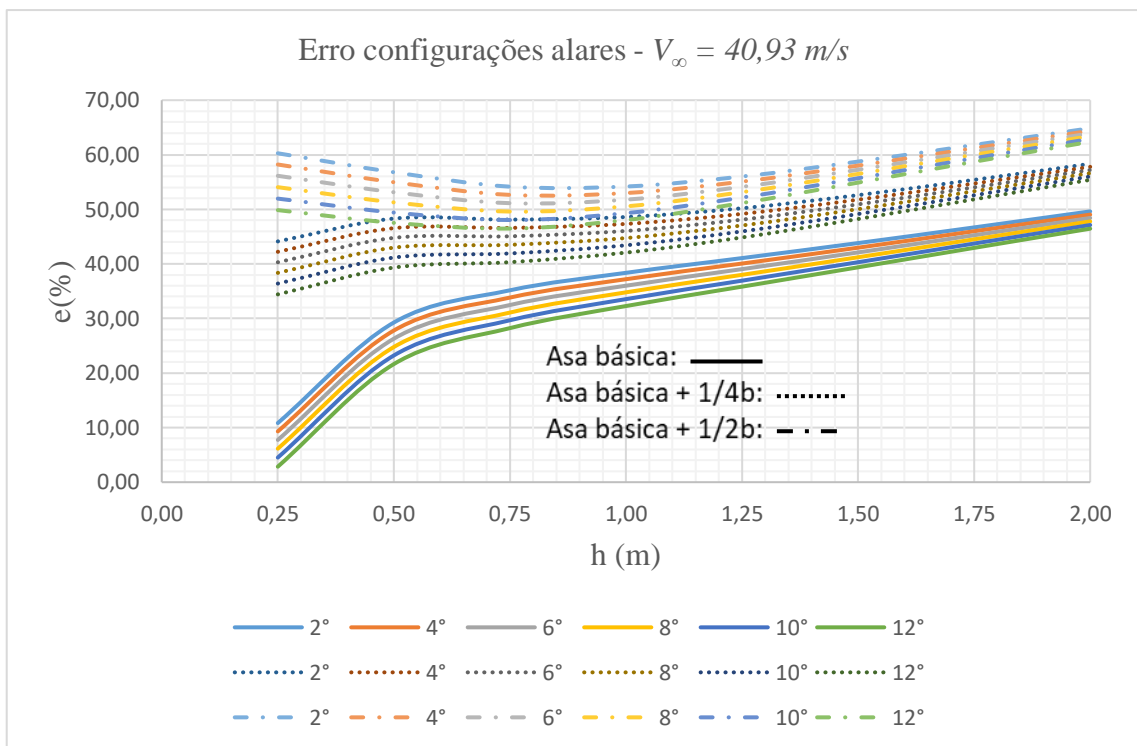


Gráfico 18 - Erros configurações alares -  $V_\infty = 40,93 \text{ m/s}$ .  
 Fonte: O autor.

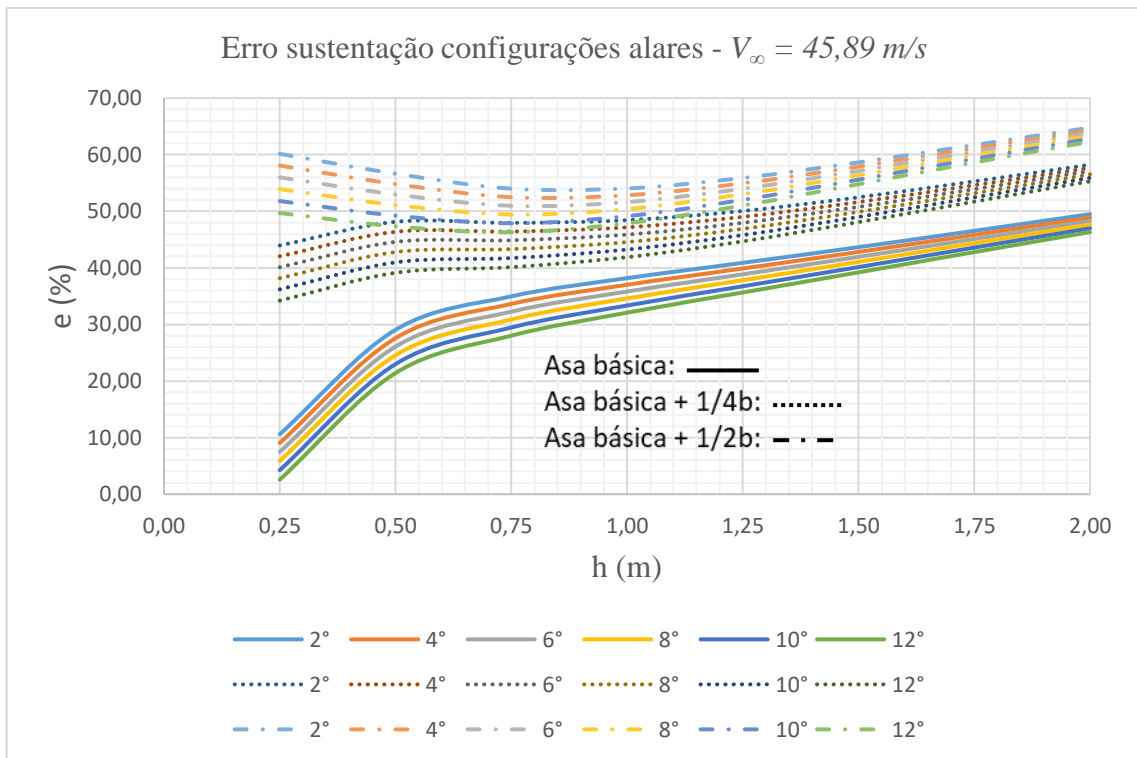


Gráfico 19 - Erros configurações alares -  $V_\infty = 45,89 \text{ m/s}$ .  
Fonte: O autor.

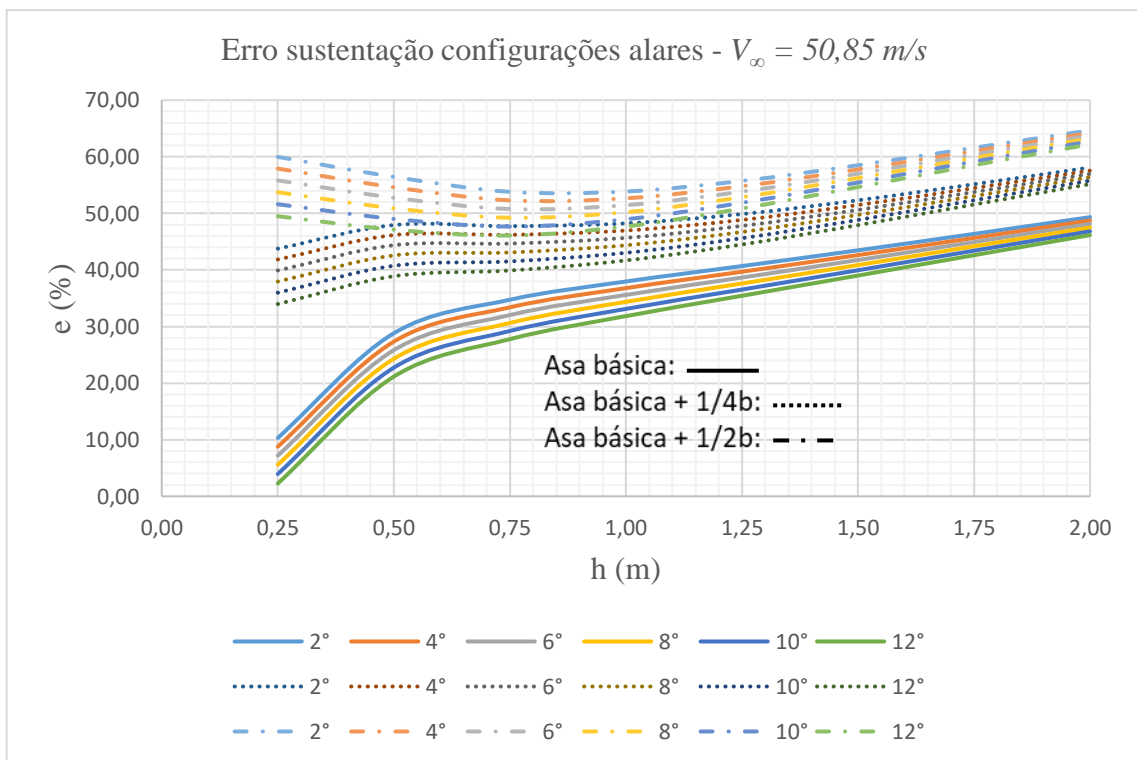


Gráfico 20 - Erros configurações alares -  $V_\infty = 50,85 \text{ m/s}$ .  
Fonte: O autor.



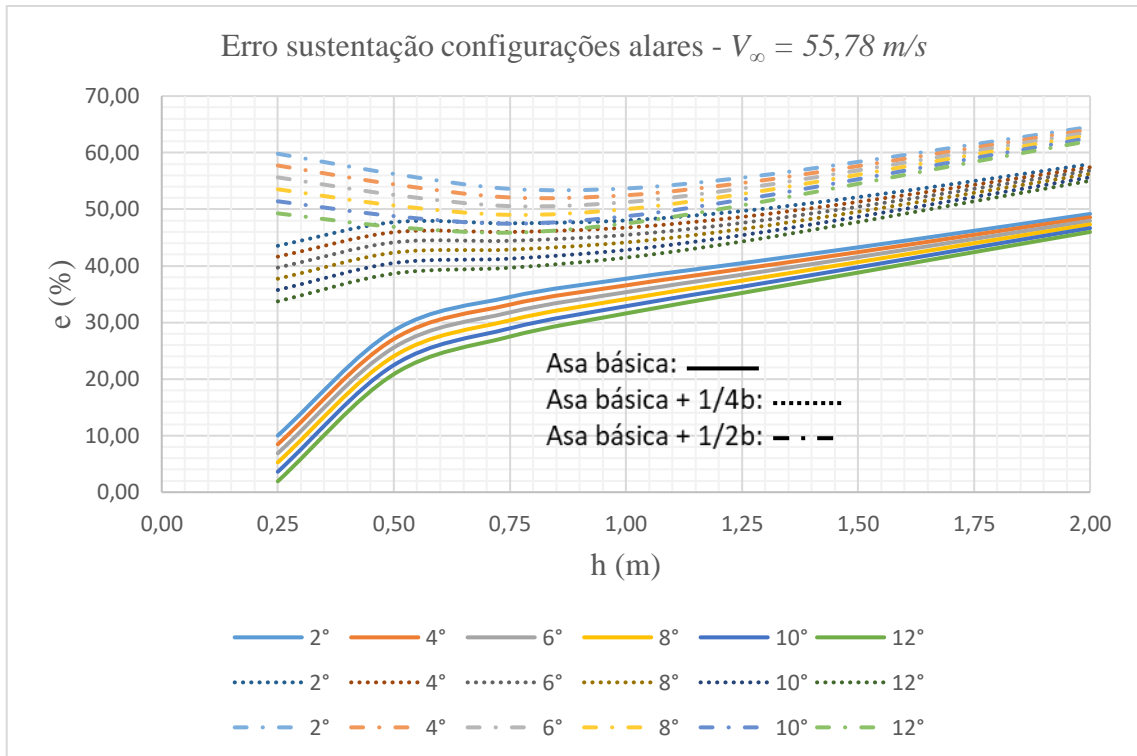


Gráfico 21 - Erros configurações alares -  $V_\infty = 55,78 \text{ m/s}$ .

Fonte: O autor.

- ii) Os menores erros, que se encontram entre 1,92% e 11,55%, são observados na menor altura de voo (0,25 m) e na configuração geométrica de asa básica, onde se tem a menor razão de aspecto entre as três configurações estudadas, conforme elencado nas tabelas 77 a 84, do Apêndice E. Para as duas outras configurações, onde os comprimentos das suas envergaduras são aumentados de um quarto e um meio e acompanhados das respectivas diminuições dos comprimentos das cordas, de modo a se manter a área alar constante, verificam-se erros muito elevados, conforme também pode ser verificado nas tabelas do Apêndice E. A diferença de resultados entre os dois métodos avaliados pode ser melhor ilustrada ao se observar os gráficos 22 a 27 que possibilitam uma comparação nas velocidades extremas do intervalo estudado, onde as curvas representadas por linha contínua referem-se aos resultados obtidos por meio do método analítico e as representadas por linha pontilhada, aos resultados obtidos por meio do método numérico. Este comportamento se repete nas demais velocidades estudadas.

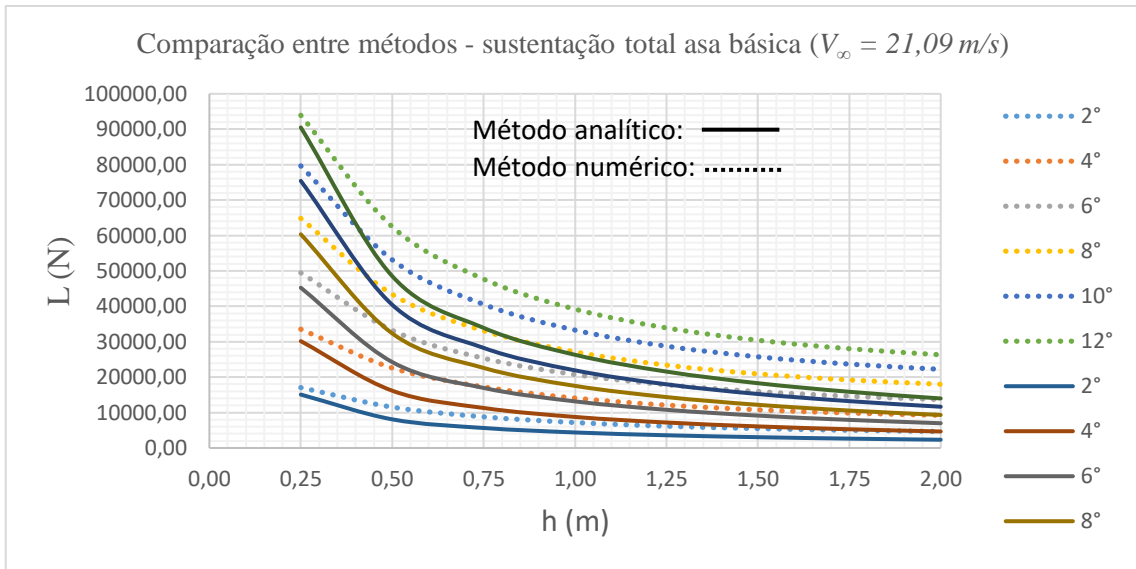


Gráfico 22 – Comparação entre métodos - sustentação total asa básica ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ )  
Fonte: O autor.

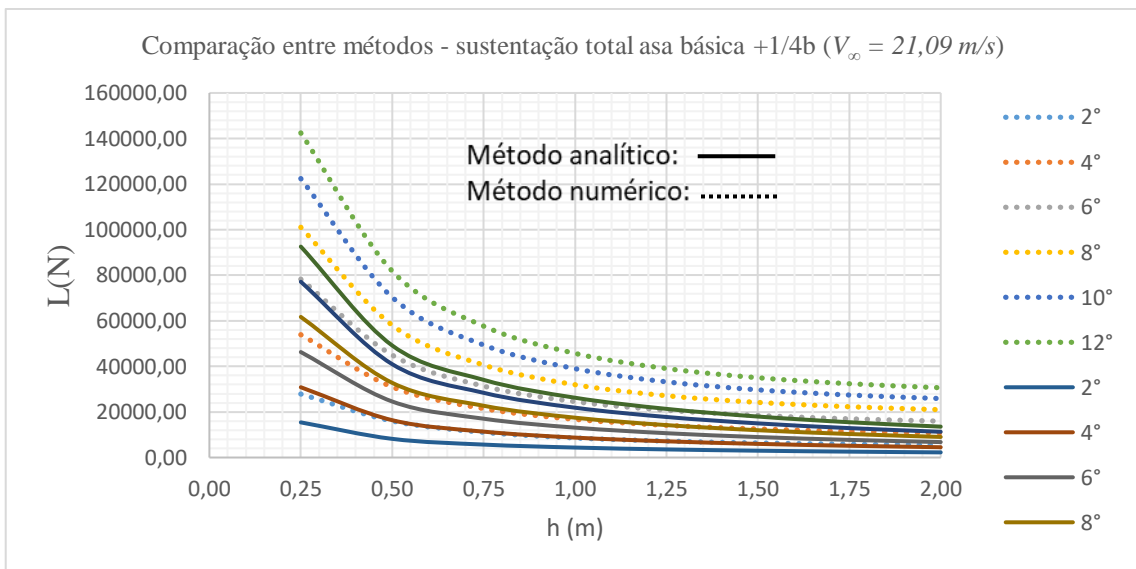


Gráfico 23 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/4b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ )  
Fonte: O autor.

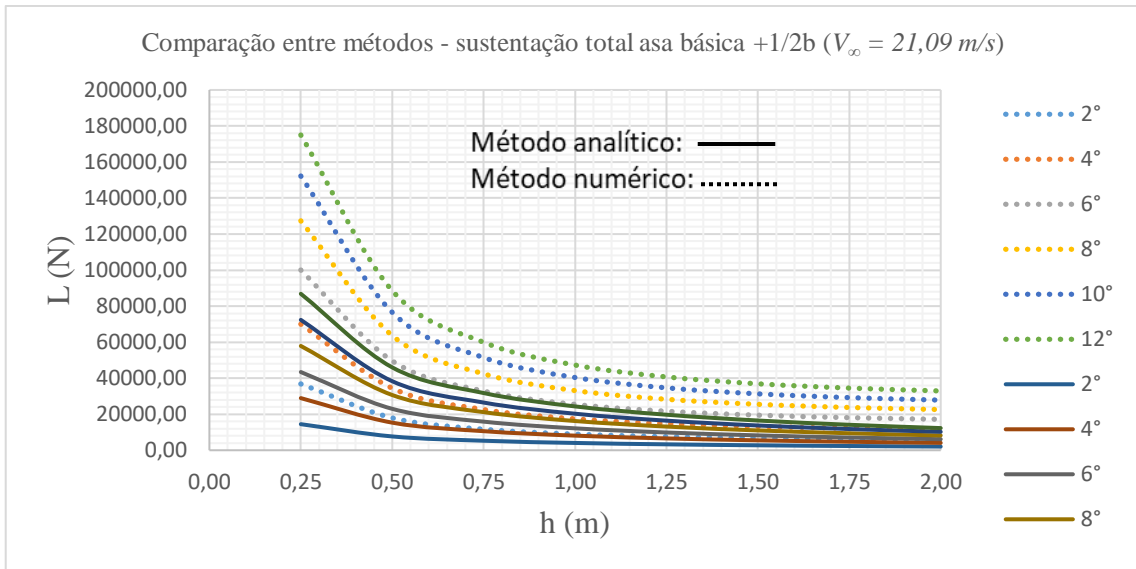


Gráfico 24 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/2b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ )  
 Fonte: O autor.

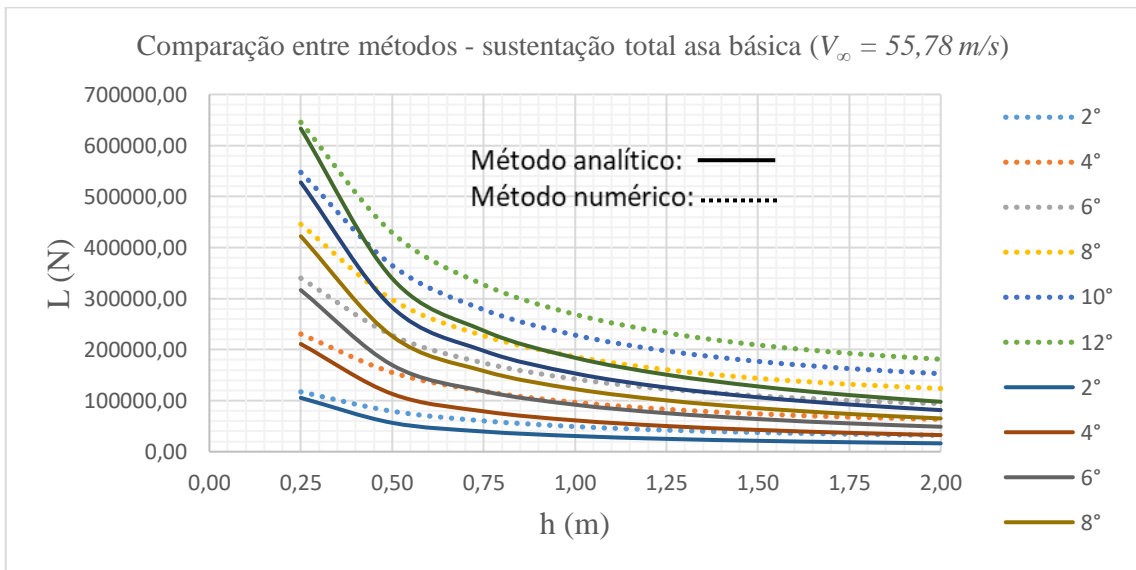


Gráfico 25 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ )  
 Fonte: O autor.

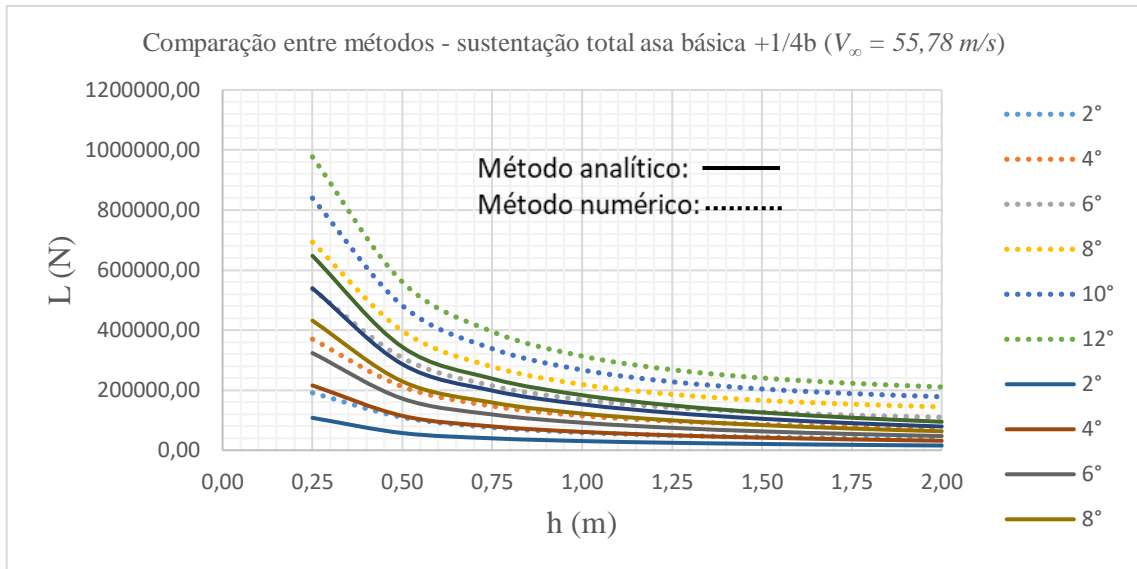


Gráfico 26 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/4b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ )  
Fonte: O autor.

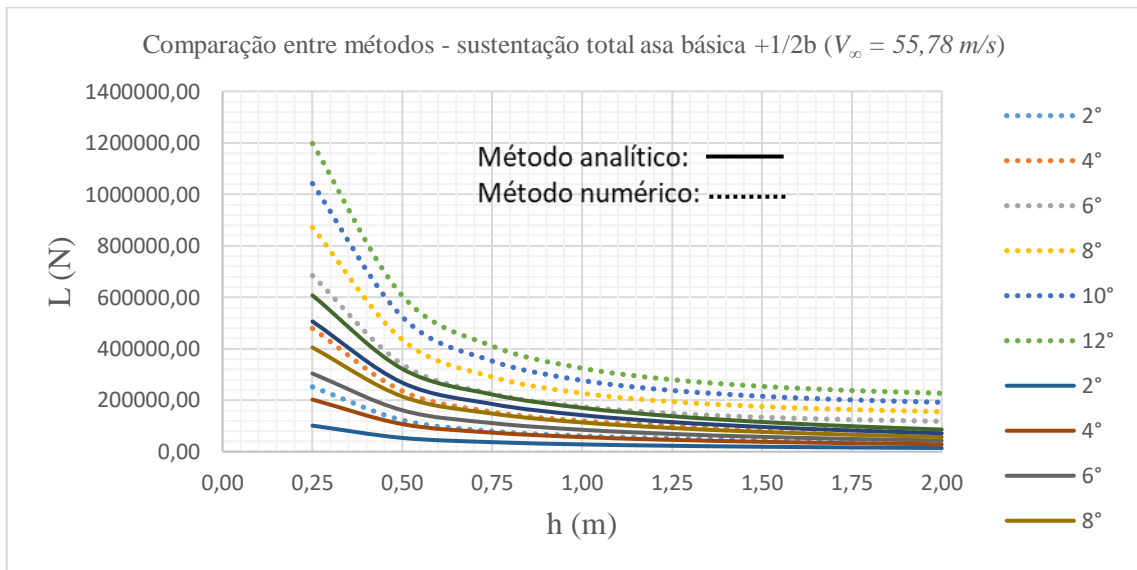


Gráfico 27 - Comparação entre métodos - sustentação total asa básica +1/2b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ )  
Fonte: O autor.

iii) Um comportamento semelhante também é observado ao se comparar os coeficientes de sustentação obtidos por meio dos dois métodos e evidenciado nos gráficos 28 a 30, onde os coeficientes de sustentação determinados segundo o método numérico representam a média dos coeficientes de sustentação, em cada altura de voo, ponderados pelas velocidades, tendo em vista que, para uma mesma altura de voo e velocidades diferentes, estes parâmetros aerodinâmicos apresentam uma variação na ordem da segunda casa decimal.

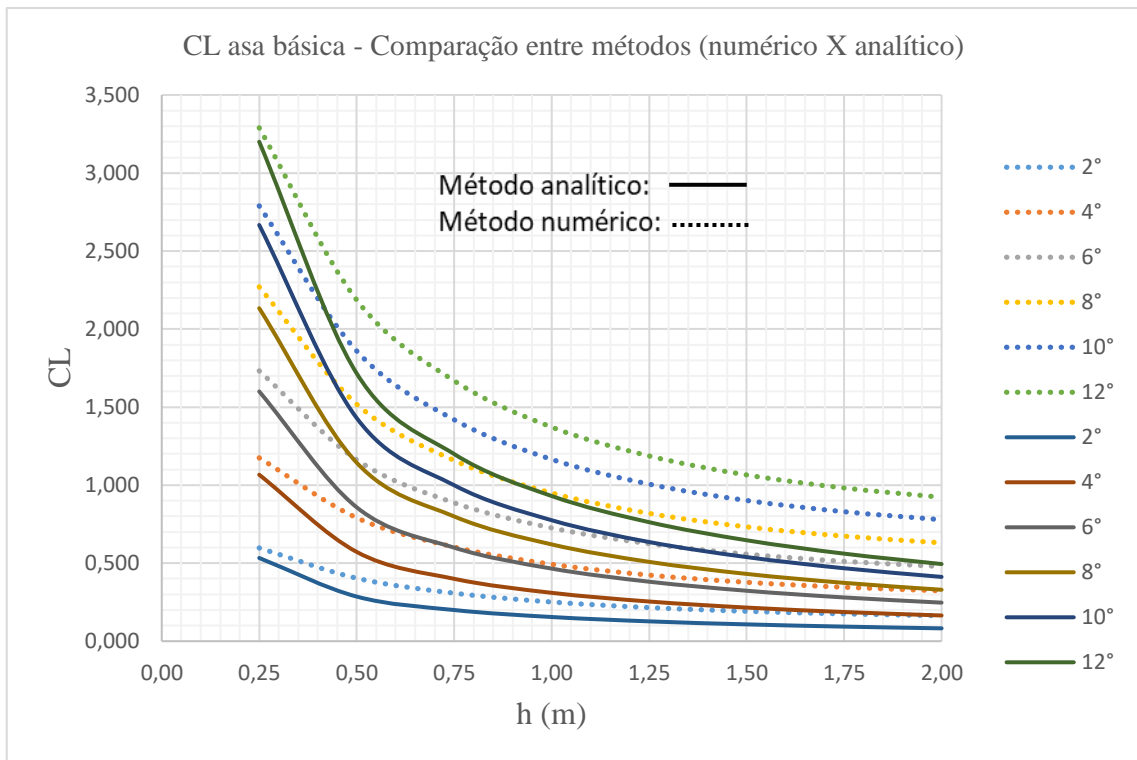


Gráfico 28 - CL asa básica - Comparação entre métodos (numérico X analítico).  
Fonte: O autor.

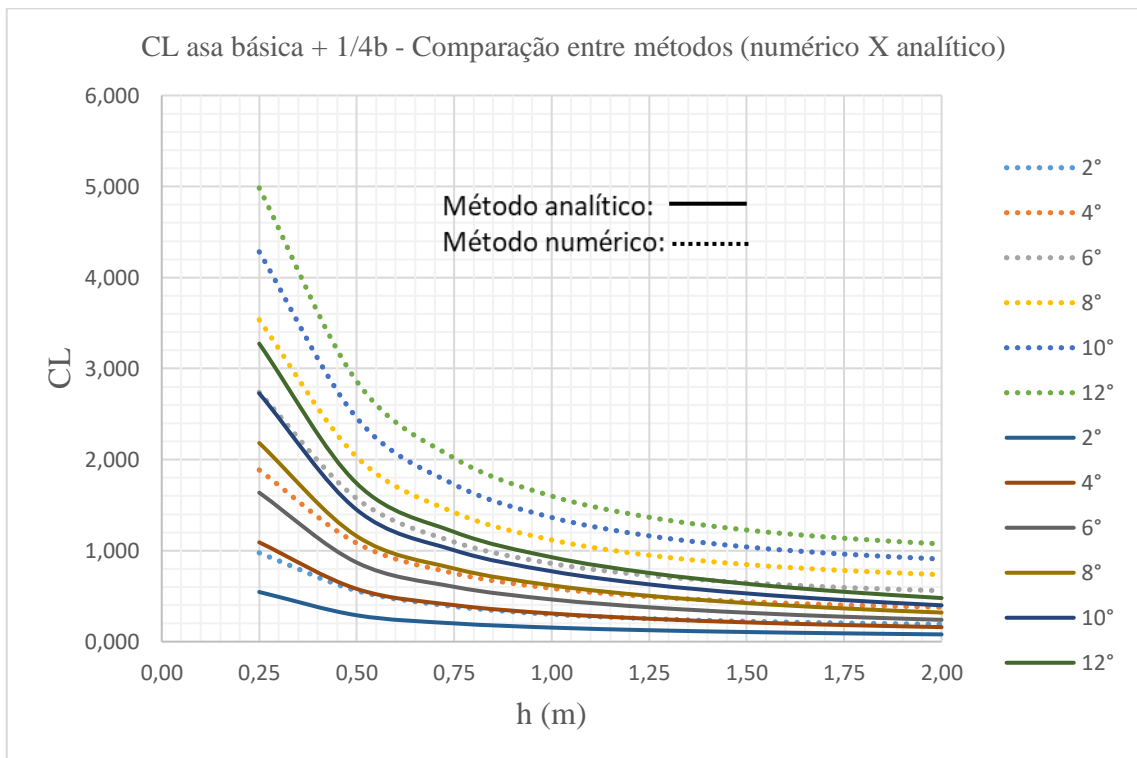


Gráfico 29 - CL asa básica +  $1/4b$  - Comparação entre métodos (numérico X analítico).  
Fonte: O autor.

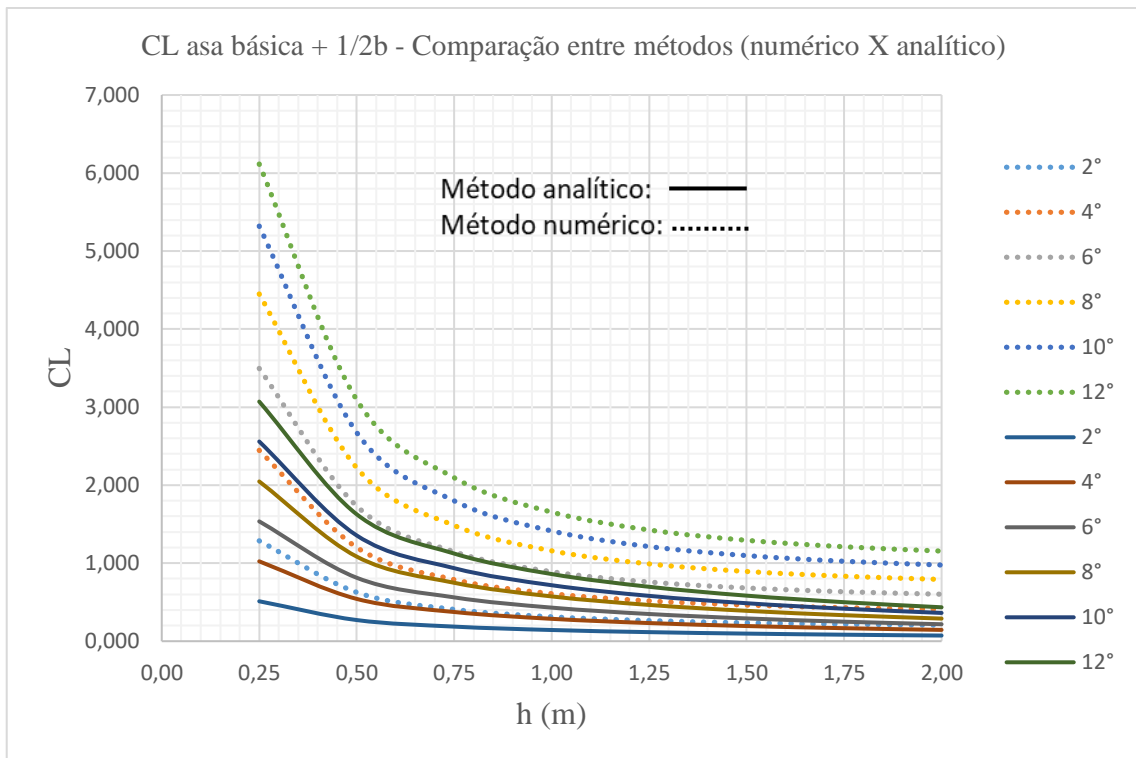


Gráfico 30 - CL asa básica + 1/2b - Comparação entre métodos (numérico X analítico).  
 Fonte: O autor.

- iv) Ao se avaliar os resultados do cálculo das sustentações nas velocidades extremas do intervalo de velocidade estudado, obtidos por meio dos dois métodos e dispostos nos gráficos que se seguem, verificamos comportamentos bastante diferentes entre as curvas geradas, com a ressalva de que, a configuração tipo asa básica, na menor altura (0,25 m) de voo, apresentou os resultados mais próximos, o que sugere que o método analítico, que possui maior simplicidade para a determinação preliminar de parâmetros aerodinâmicos na fase inicial de um projeto, pode ser mais adequado para o empregado nos projetos de veículos que operem em baixíssimas alturas de voo, como é o caso dos veículos com asa em efeito solo tipo DACC, no entanto, para validar esta afirmação, seria necessária uma avaliação em intervalos de voo menores, o que ficou fora do escopo desse trabalho. Vale ressaltar que para as demais velocidades estudadas, as curvas de sustentação geradas por cada método também se comportam de forma diferente entre si, porém seguindo um padrão de diferença igual ao observado nas velocidades extremas supracitadas.

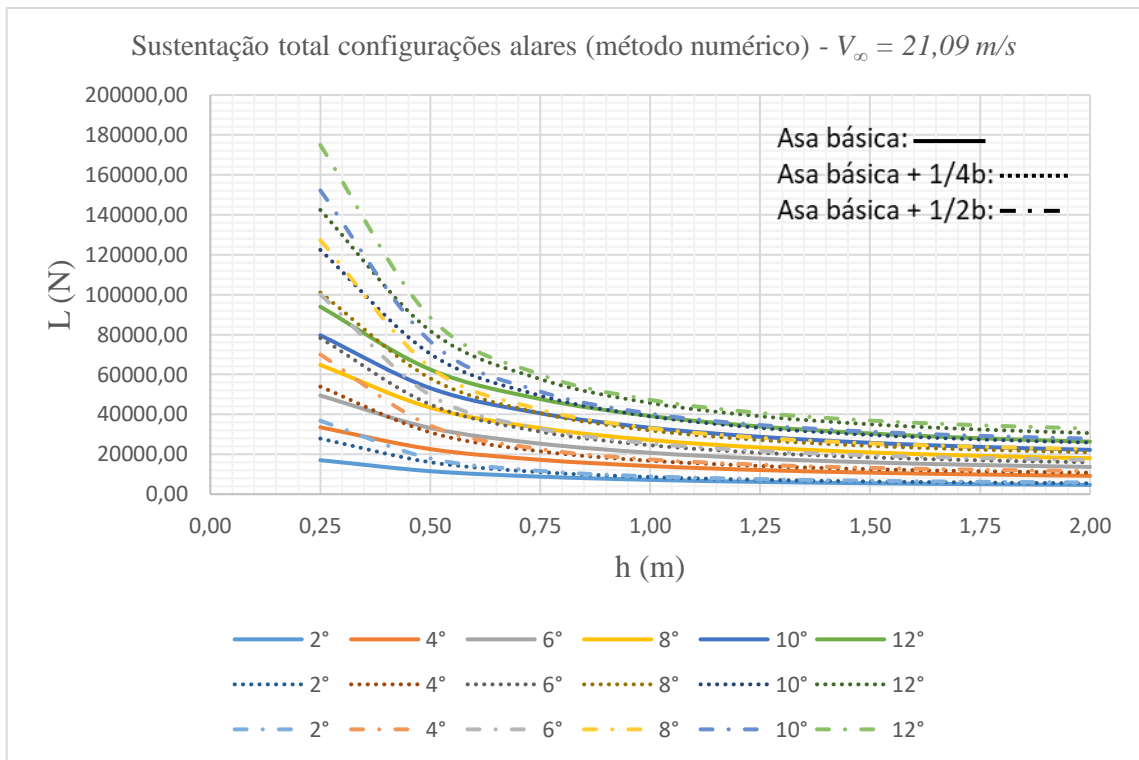


Gráfico 31 - Sustentação total configurações alares (método numérico) -  $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$   
 Fonte: O autor.

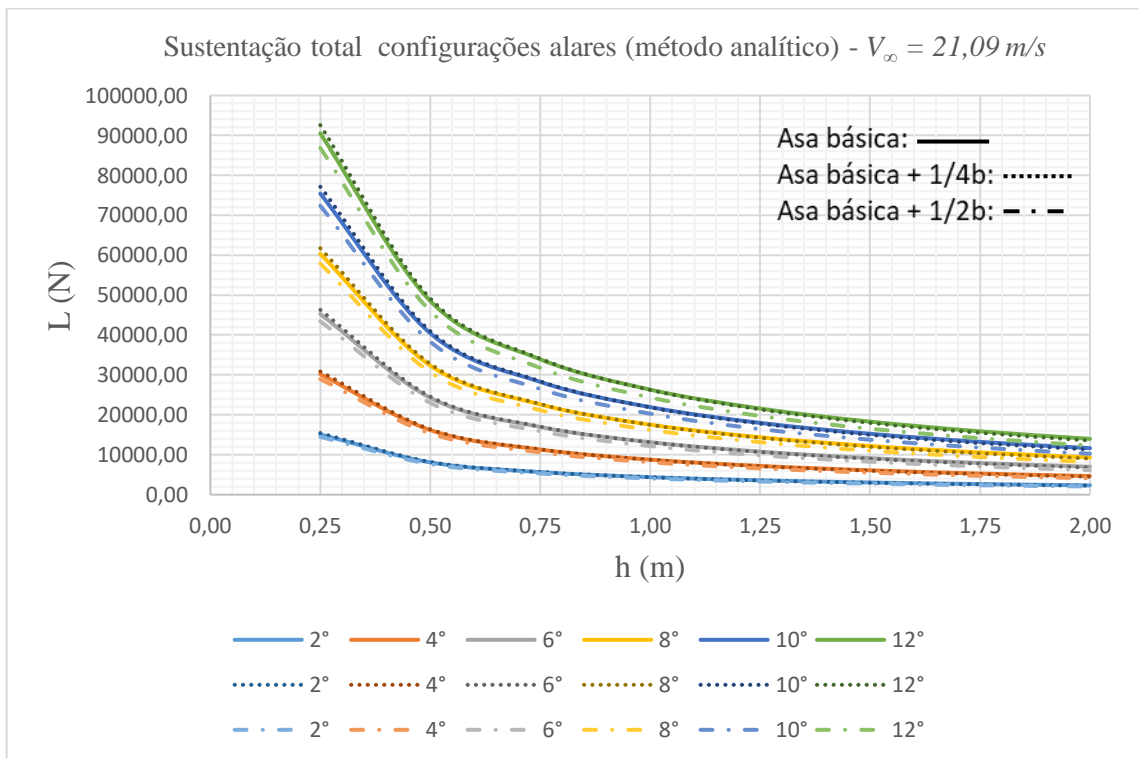


Gráfico 32 - Sustentação total configurações alares (método analítico) -  $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$   
 Fonte: O autor.

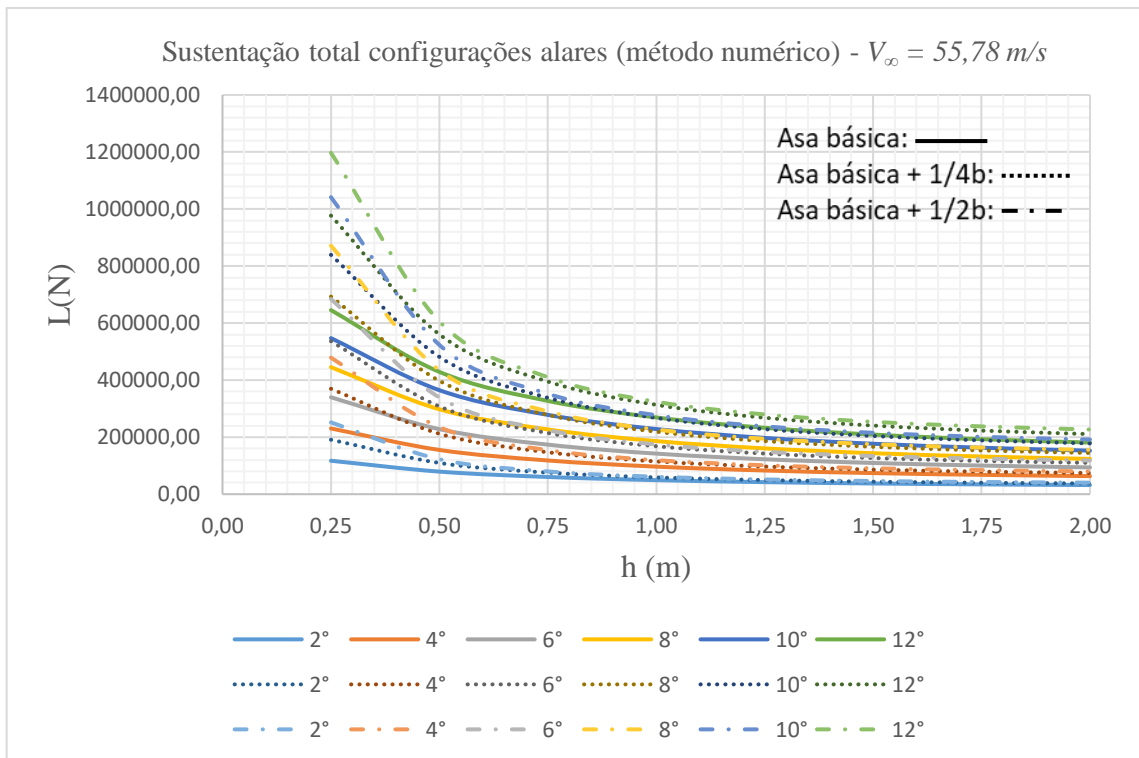


Gráfico 33 - Sustentação total configurações alares (método numérico) -  $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$   
Fonte: O autor.

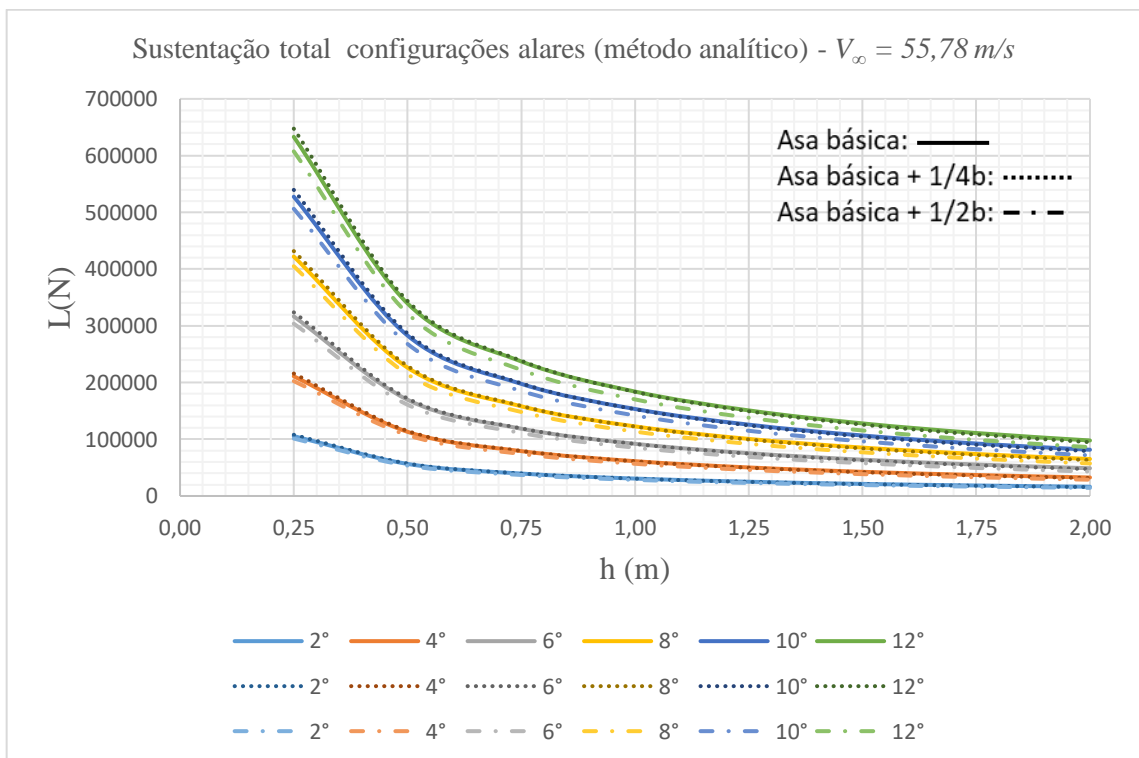


Gráfico 34 - Sustentação total configurações alares (método analítico) -  $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$   
Fonte: O autor.



v) Os gráficos abaixo representam as circulações obtidas por meio do método numérico e demonstram que o comportamento das curvas é fortemente influenciado pelas alturas de voo e fracamente influenciado pelas velocidades, observando-se inclusive que as velocidades não são consideradas na determinação das circulações segundo o método analítico. As curvas em linha cheia, pontilhadas e traço-ponto representam as configurações alares tipo asa básica, asa básica +1/4b e +1/2b, respectivamente. A partir da altura de voo de 0,75m, as circulações da configuração de asa tipo básica adquirem valores predominante até a altura de voo de 2,00m. No método analítico, o comportamento acima descrito ocorre a partir da altura de voo de 1,25m e a ordem de grandeza das circulações determinadas por este método difere consideravelmente, conforme pode ser observado e comparado com os gráficos 17 a 24. Uma outra diferença também notada é que na menor altura de voo estudada (0,25m), segundo o método numérico, as maiores circulações são observadas na configuração tipo asa básica +1/2b e segundo o método analítico, na configuração tipo asa básica +1/4b, o que também representa mais uma discrepância entre os dois métodos.

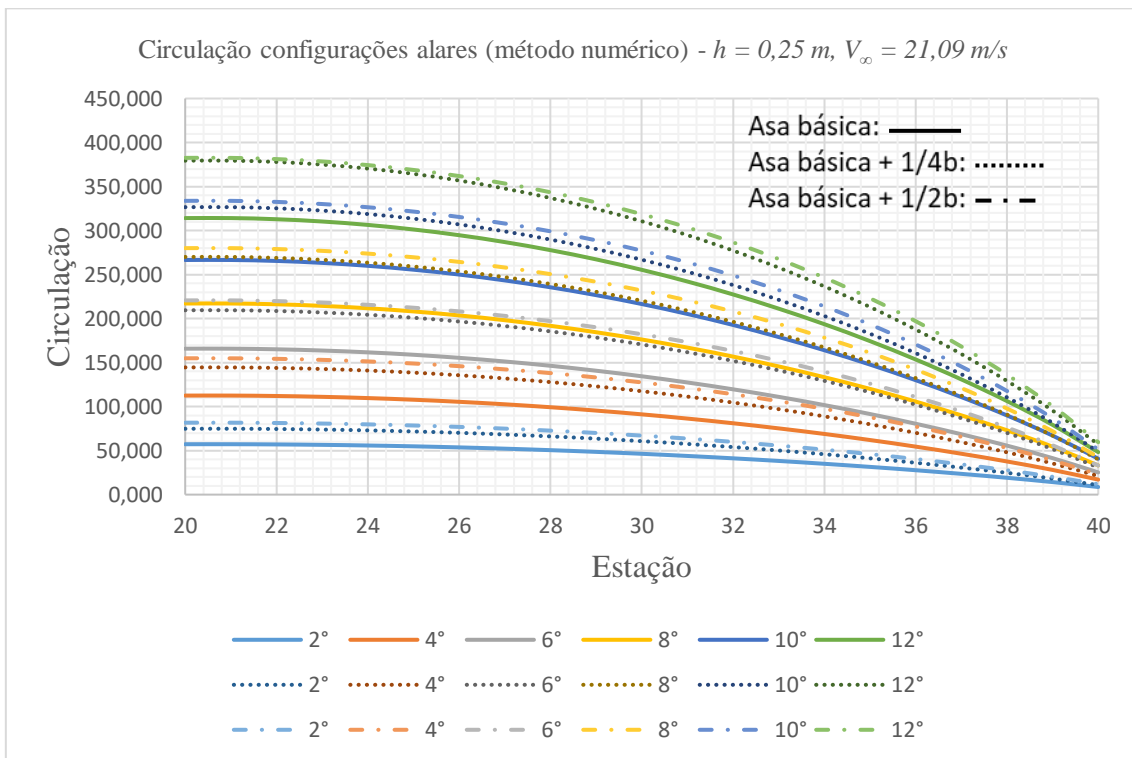


Gráfico 35 - Circulação configurações alares (método numérico) -  $h = 0,25 \text{ m}$ ,  $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$   
Fonte: O autor.

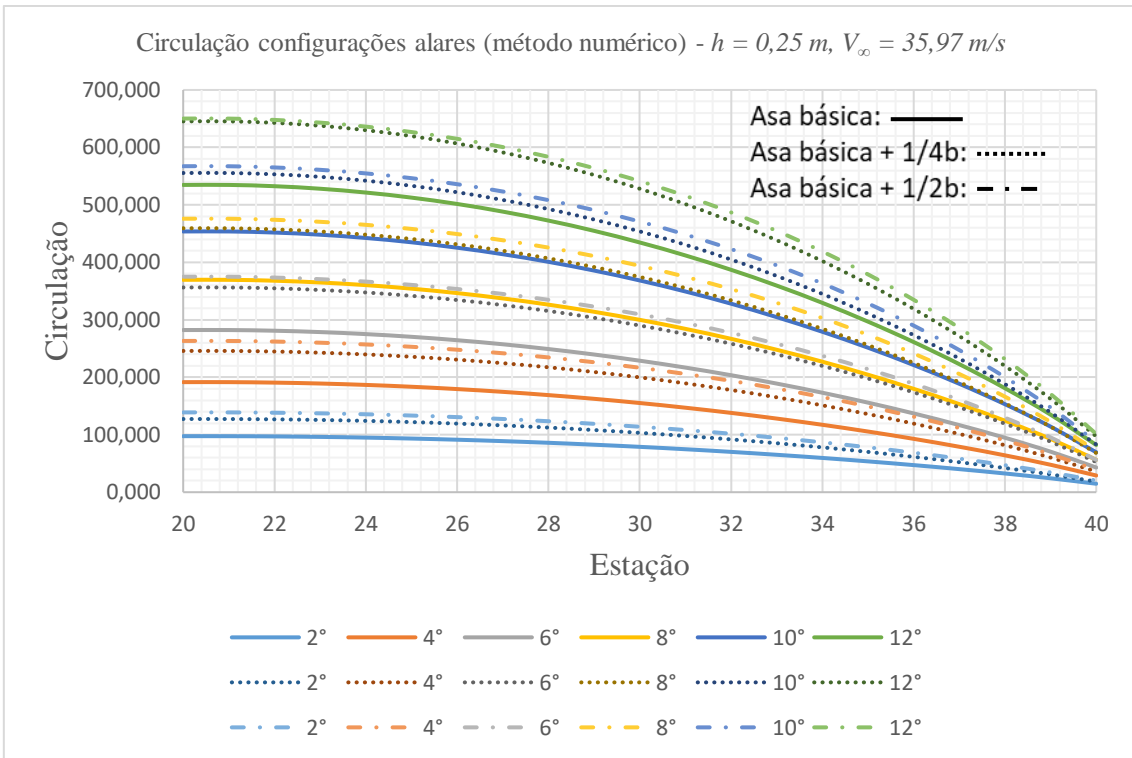


Gráfico 36 – Circulação configurações alares (método numérico) -  $h = 0,25\text{ m}$ ,  $V_\infty = 35,97\text{ m/s}$   
Fonte: O autor.

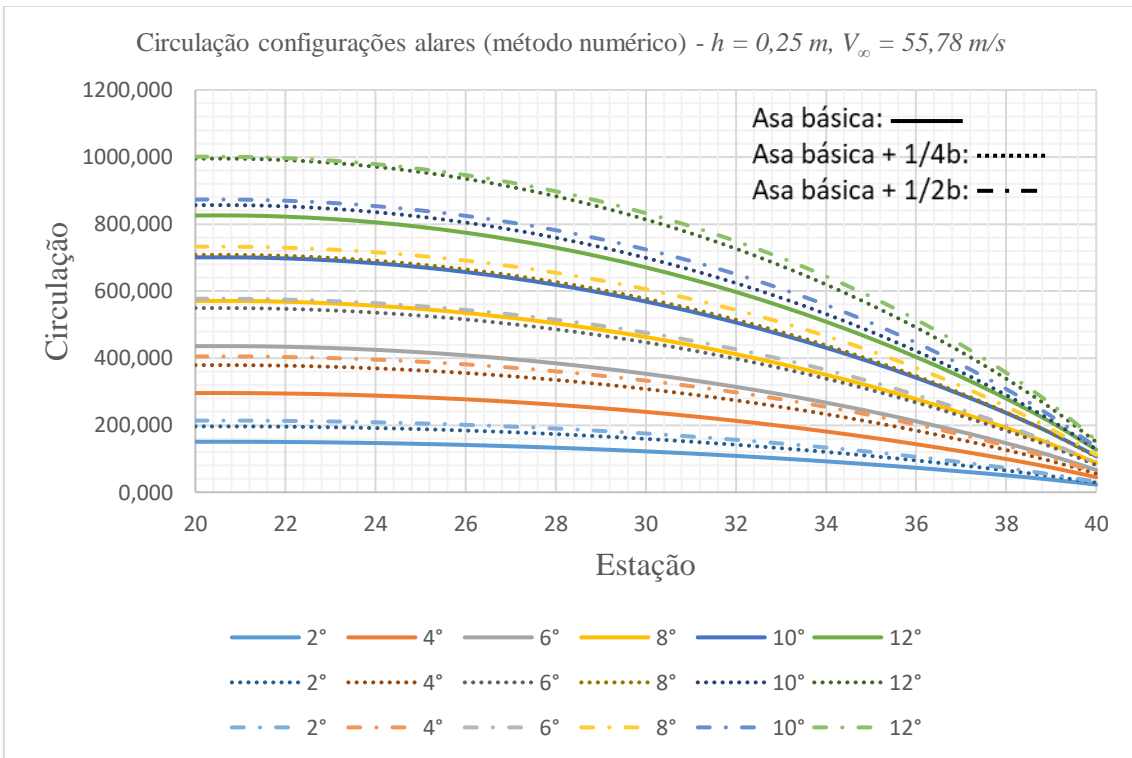


Gráfico 37 - Circulação configurações alares (método numérico) -  $h = 0,25\text{ m}$ ,  $V_\infty = 55,78\text{ m/s}$   
Fonte: O autor.

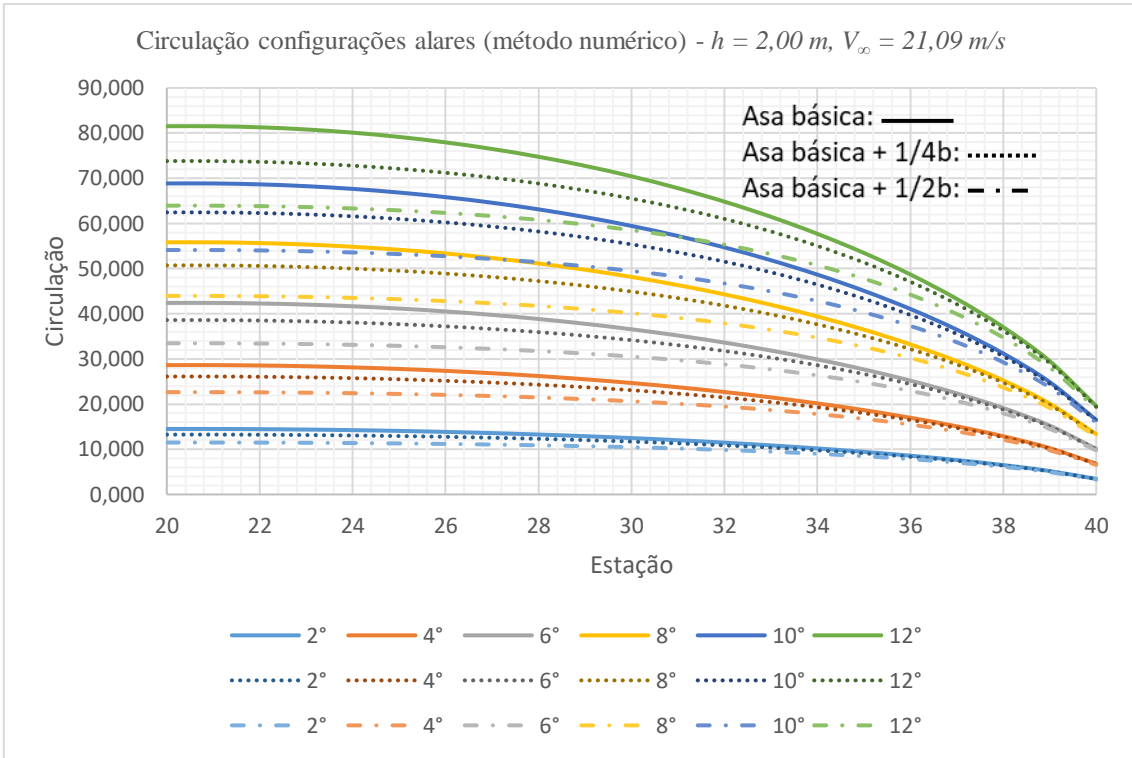


Gráfico 38 – Circulação configurações alares (método numérico) -  $h = 2,00\text{ m}$ ,  $V_{\infty} = 21,09\text{ m/s}$   
Fonte: O autor.

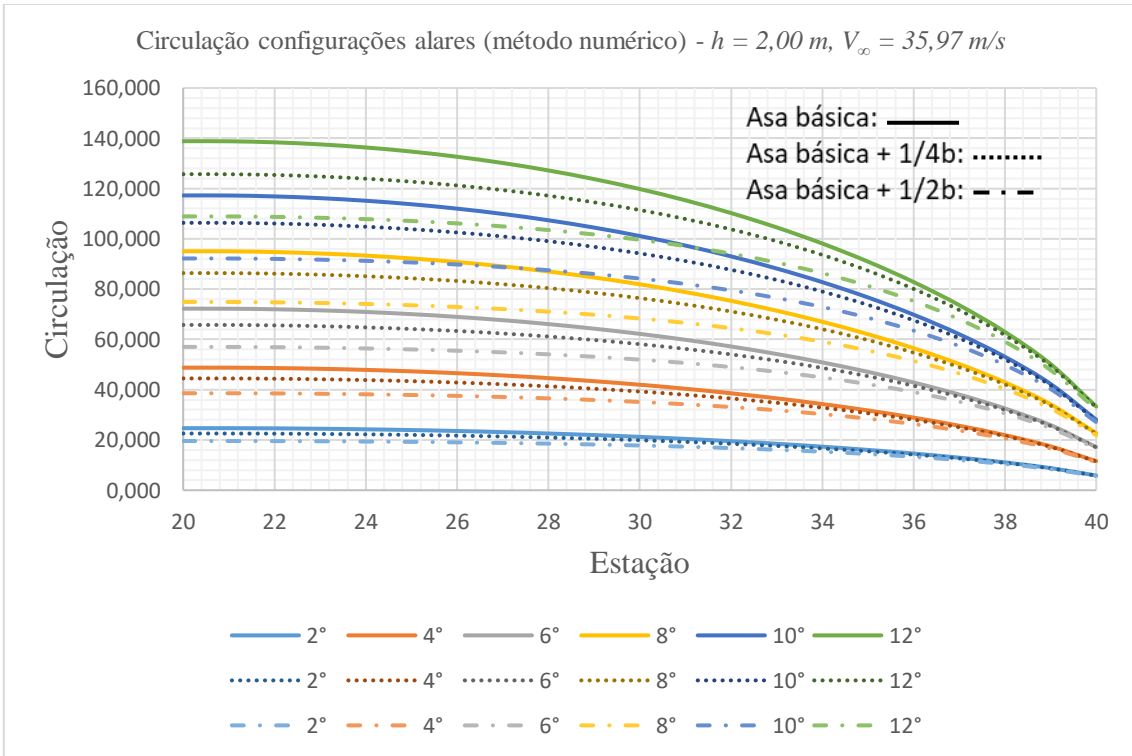


Gráfico 39 - Circulação configurações alares (método numérico) -  $h = 2,00\text{ m}$ ,  $V_{\infty} = 35,97\text{ m/s}$   
Fonte: O autor.

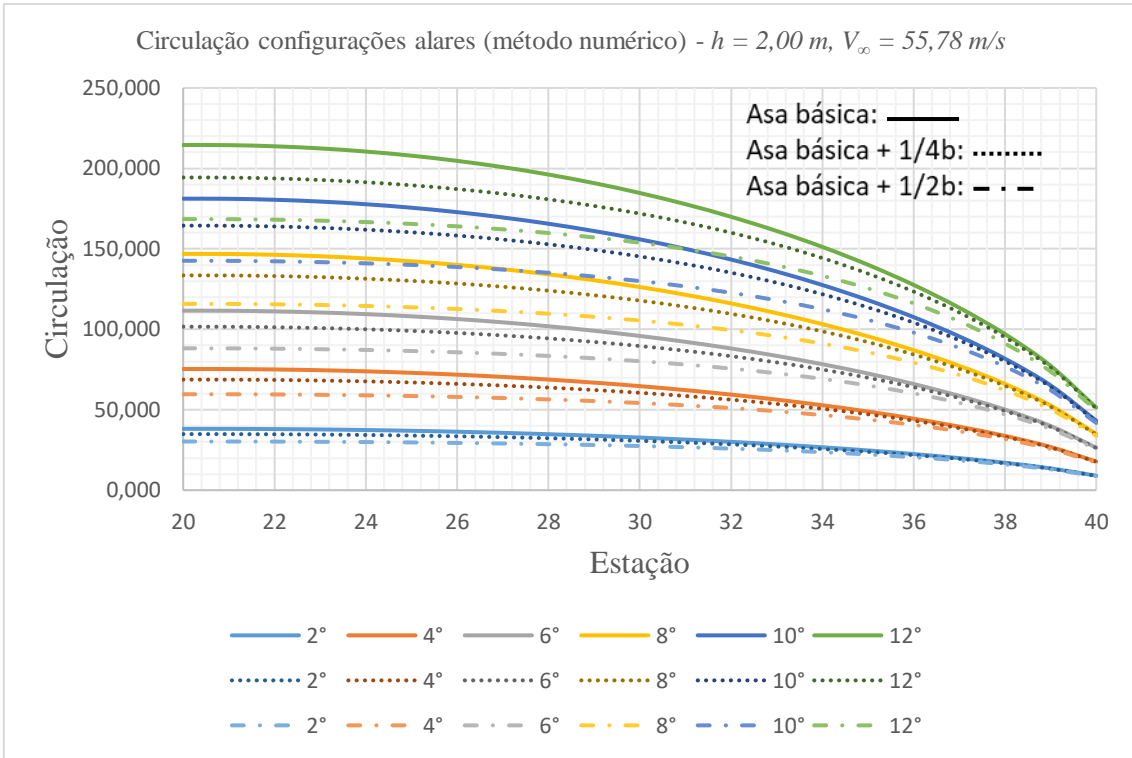


Gráfico 40 - Circulação configurações alares (método numérico) -  $h = 2,00\text{ m}$ ,  $V_\infty = 55,78\text{ m/s}$   
 Fonte: O autor.

## 5 CONCLUSÃO

Esta dissertação abordou um estudo de dois métodos distintos, um analítico e outro numérico, para cálculo de parâmetros aerodinâmicos, comparando os resultados obtidos em cada um deles, ao se testar três asas com configurações geométricas retangulares diferentes e mesma área em planta.

Ao empregar o método numérico para validar os resultados do método analítico, que por apresentar um conjunto de formulações simples, se candidataria a uma adequada ferramenta para os cálculos de parâmetros aerodinâmicos preliminares em um projeto de veículo em efeito solo, notou-se que os resultados obtidos em cada um desses métodos apresentaram valores muito diferentes, não sendo possível validar o emprego do método analítico no intervalo de altura de voo estudado.

As circulações calculadas por meio do método numérico são fortemente influenciadas pelas alturas de voo e fracamente influenciadas pelas velocidades, variáveis estas que não são consideradas nas formulações integrantes do método analítico.

As sustentações nas velocidades extremas do intervalo de velocidade estudado (21,09 m/s e 55,78 m/s), na configuração tipo asa básica e na menor altura de voo (0,25 m), apresentam resultados mais próximos, o que sugere que o método analítico poderá ser mais adequado para o emprego em projetos de veículos que operam em baixíssimas alturas de voo, como é o caso dos veículos com asa em efeito solo tipo DACC. Para validar tal afirmação, seria necessário implementar outros testes num intervalo de alturas de voo abaixo de 0,25 m e compará-los entre si, o que ficou fora do escopo deste trabalho.

As curvas de sustentação geradas por cada método se comportam de forma diferente entre si e seguem um padrão de diferença igual ao observado nas velocidades extremas do intervalo analisado.

Face aos resultados obtidos não convergirem, não foi possível identificar dentre os métodos avaliados o mais adequado para o emprego nas fases iniciais de projeto, num amplo intervalo de alturas de voo. O que se pode concluir é que ambos métodos são passíveis de serem empregados nessas fases, onde se requer uma determinação preliminar da ordem de grandeza dos parâmetros aerodinâmicos, sem necessariamente grandes precisões, pois isto só será obtido após as inúmeras iterações que acontecerão no decorrer do projeto, utilizando inclusive métodos experimentais, que são mais precisos e onerosos.

## **6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A incessante busca do engenheiro aeroespacial por uma otimização da eficiência aerodinâmica do seu projeto aeronáutico, seja este projeto aplicado a um ambiente de atmosfera livre ou de efeito solo, leva a inúmeras tentativas por meio de métodos experimentais, analíticos e numéricos, a fim de se definir as melhores configurações geométricas que atendam aos requisitos de projeto especificados.

Recomenda-se para trabalhos futuros, objetivando ampliar o presente estudo, analisar geometrias de asas mais complexas como a asa em delta invertido e a asa composta com anedro, comparando com os resultados a serem obtidos por meio de outras metodologias numéricas e a experimental. Assim, definir-se-á o melhor método dentre os estudados para definitivamente ser aplicado no projeto preliminar dos veículos de asa em efeito solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, JOHN DAVID. **Fundamentals of Aerodynamics**. 1034 p. 5th ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 2005.

AZEVEDO, GUILHERME. **Alexeev e o Efeito Solo**. Disponível em <http://www.guilhermeazevedo.com/naveg/naveg27.pdf>. Acesso em 20/06/2014.

CASTRO, LUIZ FERNANDO THEODORO. **Análise da viabilidade econômica do projeto de veículos comerciais do tipo asa em efeito solo – WIG “Wing in Ground Effect”**. 61 f. Monografia (Pós-Graduação “Lato Sensu”), Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2011.

DEFESA BR Tecnologia. **Os Barcos Voadores**. Disponível em [http://www.defesabr.com/tecno/asa/tecno\\_barcos\\_voadores.htm](http://www.defesabr.com/tecno/asa/tecno_barcos_voadores.htm). Acesso em 20/06/2018.

GUAHY, ROGERIO DE ASSIS DIAS. **Projeto Preliminar de um WIG-C para Transporte de Passageiros na Hidrovia Solimões-Amazonas**. 228 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Aeroespacial) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

HALLORAN, MICHAEL; O’MEARA, SEAN. **Wing in Ground Effect Craft Review**. 76 f. DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory. Australia: 1999.

LIANG H.; ZONG Z. **A subsonic lifting surface theory for wing-in-ground effect**. School of Naval Architecture Engineering, State Key Laboratory of Structural Analysis for Industrial Equipment, Dalian University of Technology, Dalian, People’s Republic of China, 2011.

PAULA, ADSON AGRICO de. **Apostila de Projeto Aerodinâmico**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2012.

PISTOLESI, E. **Ground Effect – Theory and Practice**. National Advisory Committee for Aeronautics, NACA TM no. 828, Washington, 1937.

PHILLIPS, W. F.; HUNSAKER, D. F. **Lifting-Line Predictions for Induced Drag and Lift in Ground Effect**. 31<sup>st</sup> AIAA Applied Aerodynamics Conference, San Diego, California, 2013.

PRANDTL, L. **Applications of Modern Hydrodynamics to Aeronautics**. National Advisory Committee for Aeronautics, NACA TN no. 182, Washington, 1921.

RODRIGUES, LUIZ EDUARDO MIRANDA J. **Introdução ao Projeto de Aeronaves - Aula 11 – Distribuição de Sustentação, Arrasto e Efeito Solo**. São Paulo: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Taperá Aerodesign.

ROZHDESTVENSKY, KIRILL V. **Aerodynamics of a Lifting System in Extreme Ground Effect**. 352 p. 5th ed. [S.l.]: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2000.

ROZHDESTVENSKY, KIRILL V. **Wing-in-ground Effect vehicles**. Saint-Petersburg State Marine Technical University, Lotsmanskaya 3, Saint-Petersburg, 2006.

SILVA, EDIMAR ALINO DA CRUZ. **Efeito solo em Aeronaves Comerciais: aplicação e análise comparativa de metodologias**. 88 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Aeronáutica) – Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2006.

STRAND, T; ROYCE, W. W.; FUJITA, T. **Cruise performance of channel-flow ground Effect machines**. J. Aero. Sei. 29,702, 1962.

TAYLOR, GRAHAM K. **Wise or otherwise? The dream or reality of commercial wing in ground effect vehicles**. GEM 2000 International Conference, St. Petersburg, 2000.

TORENBEEK, EGBERT. **Synthesis of subsonic airplane design**: an introduction to the preliminary design of subsonic general aviation and transport aircraft, with emphasis on layout, aerodynamic design, propulsion and performance. 598 f. Delft University Press, 1982.

ZONG Z.; LIANG H.; ZHOU L. **Lifting line theory for wing-in-ground effect in proximity to a free surface**. School of Naval Architecture Engineering, Faculty of Vehicle Engineering and Mechanics, State Key Laboratory of Structural Analysis for Industrial Equipment, Dalian University of Technology, Dalian, People's Republic of China, 2011.

WIDNALL, SHEILA E.; BARROWS, TIMOTHY M. **An analytic solution for two- and three-dimensional wings in Ground Effect**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1969.

WIESELSBERGER, C. **Wing Resistance Near the Ground**, National Advisory Committee for Aeronautics, NACA TM 77, 1922.



## DOCUMENTOS CONSULTADOS

- ABRAMOWSKI, T. **Numerical Investigation of Airfoil in Ground Proximity**. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 45, 2, pp. 425-436, Warsaw, January 2007.
- ANDERSON JR., J. D.; CORDA, S.; WIE, D. M. V. **Numerical Lifting Line Theory Applied to Drooped Leading-Edge Wings Below and Above Stall**. Journal Aircraft, vol. 17, no. 12, article no. 80-4129, December 1980.
- BARROS, CLAUDIO PINTO DE. **Uma metodologia para o desenvolvimento de projetos de aeronaves leves subsônicas**. 313 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- BRASIL. Presidência da República, Secretaria de Portos, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros na região amazônica**. 103 p. Brasília: 2013.
- BRASIL. Presidência da República, Secretaria de Portos, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Transporte de cargas nas hidrovias brasileiras 2010: hidrovia Solimões – Amazonas**. Brasília: 2011.
- Diasinos, S.; Barber, T. J.; Doig, G. **Influence of wing span on the aerodynamics of wing in ground Effect**. Journal of Aerospace Engineering, 227 (3), March 2013.
- DYKE, MILTON D. VAN. **Second-order subsonic airfoil theory including edge effects**. National Advisory Committee for Aeronautics, Report 1274 , January 1956.
- FILIPPONE, A.; SELIG M. S. **Low-Aspect-Ratio Wings for Wing-Ships**. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 36th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, NV, USA, January 1998.
- JAMEI, SAEED et al. **Aerodynamic Characteristics of a Compound Wing During Ground Effect**. The International Conference on Marine Technology, Dhaka, Bangladesh, December 2010.
- JAMEI, SAEED et al. **Design Parametric Study of a Compound Wing-in-Ground Effect. II: aerodynamics coefficients**. Journal of Aerospace Engineering, 29 (1), 2016.
- LABES, THIAGO AMERICANO. **Modelos empíricos para estimativas preliminares dos coeficientes de forma de um navio mercante**. 84 p. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Naval) - Centro de Engenharia da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.
- LEE, J.; HAN, C.; BAE, C. **Influence of Wing Configurations on Aerodynamic Characteristics of Wings in Ground Effect**. Journal of Aircraft, Vol. 47, No. 3, May-June 2010.

LEYVA, ALAN LEONEL CANAMAR. **Seaplane conceptual design and sizing**. 116 p. Thesis (Master of Science - Mechanical Engineering) - School of Engineering, University of Glasgow, Glasgow, 2012.

LEYVA, ALAN LEONEL CANAMAR. **Advance seaplane conceptual design: adapating trimaran boat hull concept**. ICAS 2012. 28 th International Congress Of The Aeronautical Sciences, Brisbane, 2012.

PHILLIPS, W. F.; SNYDER, D. O. **Modern Adaptation of Prandtl's Classic Lifting-Line Theory**. Journal of Aircraft, v. 37, n. 4, July-August 2000.

PRANDTL, L. **Induced Drag of Multiplanes**. National Advisory Committee for Aeronautics, NACA TN no. 182, Washington, 1924.

ROSKAM, JAN. **Airplane design – Part I: preliminary sizing of airplanes**. 202 p. Kansas, USA: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1989.

ROSKAM, JAN. **Airplane design – Part II: preliminary configuration design and integration of the propulsion system**. 310 p. Kansas, USA: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1989.

ROSKAM, JAN. **Airplane design – Part IV: layout design of landing gear and systems**. 416 p. Kansas, USA: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1989.

ROSKAM, JAN. **Airplane design – Part V: component weight estimation**. 209 p. Kansas, USA: Roskam Aviation and Engineering Corporation, 1989.

ROSS, J. C. **Computational Aerodynamics in the Design and Analysis of Ram-Air-Inflated Wings**. 12th Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference, At London, UK, May 1993.

SCHMID, S.; LUTZ, TH.; KRÄMER, E. **Impact of Modelling Approaches on the Prediction of Ground Effect Aerodynamics**. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Vol. 3, No. 3, pp.419-429, March 2009.

TAYLOR, GRAHAM K. **Are you missing the boat? The ekranoplan in the 21<sup>ST</sup> century: It's possibilities and limitations**. 18<sup>th</sup> Fast Ferry Conference, Nice, 2002.

TAYLOR, GRAHAM K. **Innovation dying of apathy: WIG – a case study**. RINA International Conference, London, 2006.

WIDNALL, SHEILA E.; BARROWS, TIMOTHY M. **The Aerodynamics of RAM Wing Vehicles for Application to High Speed Ground Transportation**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1970.

WIDNALL, SHEILA E.; BARROWS, TIMOTHY M. **Optimum Lift-Drag Ratio for a Ram Wing Tube Vehicle**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1970.

YANG, ZHIGANG; YANG, WEI. **Aerodynamic investigation on tiltable endplate for WIG craft**. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 84 Iss1 pp. 4-12, 2012.

YANG, ZHIGANG; YANG, WEI; LI, YULONG. **Analysis of Two Configurations for a Commercial WIG Craft based on CFD**. 27th AIAA Applied Aerodynamics Conference, San Antonio, Texas, June 2009.

## GLOSSÁRIO

**AERODINÂMICA:** parte da mecânica dos fluidos que estuda os gases em movimento, e em particular o movimento relativo entre o ar e os corpos sólidos.

**ARFAGEM:** movimento angular no sentido longitudinal.

**COMPRESSIBILIDADE:** propriedade de um corpo material ou substância que, sob aplicação de uma pressão externa, pode ter seu volume reduzido.

**CONTINUIDADE:** condição ou estado de ser regular ou sem interrupções.

**DISCRETIZAR:** dividir em partes menores e menos complexas, tornando algo contínuo em individual.

**DOWNWASH:** é a mudança na direção do ar, que é desviado pela ação aerodinâmica de um aerofólio, asa ou pá do rotor de um helicóptero em movimento, como parte do processo de produção de sustentação.

**ELEMENTO DE FLUIDO:** é uma porção do fluido com volume e dimensões infinitesimais.

**ENERGIA:** capacidade de um sistema de realizar trabalho.

**ENVERGADURA:** distância entre as duas pontas da asa.

**EMPENAGEM:** porção da estrutura do avião constituída pela parte terminal da fuselagem e pelos estabilizadores vertical e horizontal.

**ESCOAMENTO:** é o movimento das partículas de um fluido ao longo de trajetórias bem definidas, compondo lâminas ou camadas, cada uma delas preservando sua característica no meio.

**EXTRADORSO:** plano superior externo convexo da asa.

**FLAPE:** parte da asa de um avião que pode ser deslocada, por rotação, em volta de um eixo paralelo à envergadura da asa, a fim de prover uma hipersustentação.

**FORÇA:** agente capaz de modificar o estado de repouso ou de movimento de um determinado corpo.

**FLUIDO:** é uma substância que se deforma continuamente quando submetida a uma tensão de cisalhamento, independentemente do valor desta tensão. Os fluidos possuem a propriedade de não resistir à deformação e apresentam a capacidade de fluir.

**FUNÇÃO:** é uma relação ou aplicação entre dois conjuntos, expressa por uma lei de correspondência entre os elementos desses conjuntos.

**HELMHOLTZ:** Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz foi um matemático, médico e físico alemão.

**HENRI POINCARÉ:** Jules Henri Poincaré foi um matemático, físico e filósofo da ciência francês.

**INTRADORSO:** plano inferior interno côncavo da asa.

**KUTTA-JOUKOWSKI:** Martin Wilhelm Kutta e Nikolai Joukowski foram dois cientistas, alemão e russo, pioneiros no desenvolvimento das ideias-chave para o desenvolvimento da aerodinâmica, no início dos anos 1920.

**KELVIN:** William Thomson, também conhecido como Lord Kelvin, foi um físico-matemático e engenheiro britânico, nascido na Irlanda em 1824.

**LAPLACE:** Pierre-Simon, Marquês de Laplace (1749 - 1827) foi um matemático, astrônomo e físico francês que organizou a astronomia matemática, resumindo e ampliando o trabalho de seus predecessores nos cinco volumes do seu *Mécanique Céleste* (Mecânica celeste) (1799-1825).

**MÉTODO ANALÍTICO:** procedimento composto por um conjunto de soluções baseadas em formulações matemáticas, desenvolvidas geralmente de forma manual, onde são definidas variáveis de entrada para o cálculo de uma ou mais variáveis de saída.

**MÉTODO EXPERIMENTAL:** procedimento que depende de protótipos físicos do sistema a ser estudado, construídos em escala real ou reduzida, que são submetidos a um ensaio que representa uma determinada condição de operação.

**MÉTODO NUMÉRICO:** procedimento composto por um conjunto de soluções onde é criado um protótipo virtual do sistema de interesse, representado por um sistema de equações fundamentadas em uma determinada teoria matemática. Este modelo pode ser construído diretamente em softwares comerciais de simulação numérica ou por meio de um código de programação desenvolvido pelo próprio usuário.

**MOMENTO:** é uma grandeza que representa a magnitude da força aplicada a um sistema rotacional a uma determinada distância de um eixo de rotação.

**POINCARÉ:** Jules Henri Poincaré foi um matemático, físico e filósofo da ciência francês. Ingressou na Escola Politécnica em 1873, continuou seus estudos na Escola de Minas sob a tutela de Charles Hermite, e se doutorou em matemática em 1879.

**PRANDTL:** Ludwig Prandtl (1875 - 1953) foi um físico alemão, sendo um dos pioneiros da aerodinâmica, tendo desenvolvido a base matemática para os princípios fundamentais da aerodinâmica subsônica na década de 1920. Entre seus estudos mais importantes estão a camada limite, os aerofólios finos e a teoria da linha de sustentação. O número de Prandtl recebeu este nome em sua homenagem.

**SPALART - ALLMARAS:** é um modelo matemático que resolve uma equação de transporte modelada para a viscosidade turbulenta cinemática. Este modelo foi projetado especificamente para aplicações aeroespaciais que envolvem fluxos limitados pela parede e tem mostrado bons resultados para camadas limite submetidas a gradientes de pressão adversos.

**TORENBEEK:** Egbert Torenbeek é um engenheiro holandês e projetista de aeronaves que se tornou famoso na área da engenharia aeronáutica como autor do primeiro livro que reuniu todas as disciplinas de engenharia relevantes em um abrangente livro de design de aeronaves, *Synthesis of Subsonic Airplane Design* (1976). Torenbeek é Professor Emérito de Design de Aeronaves na Universidade de Tecnologia de Delft. Graduou-se como engenheiro em 1961 na TU Delft e em 1964 tornou-se responsável pelo ensino do curso de Design Preliminar de Aeronaves no departamento de Engenharia Aeroespacial. Depois de um ano sabático na Lockheed Georgia Company, ele se tornou

professor sênior e professor titular da cadeira de Design de Aeronaves da TU Delft, iniciando pesquisas e ensinando em projetos de aeronaves assistidas por computador.

**VÓRTICE:** é um escoamento giratório onde as linhas de corrente apresentam um padrão circular ou espiral constituindo movimentos espirais ao redor de um centro de rotação.

**WIG:** abreviatura na língua inglesa de veículos com asa em efeito solo (Wing in Ground Effect).

## APÊNDICE A

Tabela 5 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,0391$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,3037	0,6075	0,9112	1,2149	1,5186	1,8224
0,202	0,032	0,025	0,3037	0,6075	0,9112	1,2149	1,5186	1,8224
0,404	0,063	0,050	0,3032	0,6064	0,9096	1,2128	1,5160	1,8192
0,606	0,095	0,075	0,3023	0,6046	0,9070	1,2093	1,5116	1,8139
0,808	0,126	0,100	0,3011	0,6022	0,9033	1,2043	1,5054	1,8065
1,009	0,158	0,125	0,2995	0,5990	0,8985	1,1980	1,4975	1,7970
1,211	0,189	0,150	0,2976	0,5951	0,8927	1,1902	1,4878	1,7853
1,413	0,221	0,175	0,2953	0,5905	0,8858	1,1811	1,4763	1,7716
1,615	0,252	0,200	0,2926	0,5852	0,8779	1,1705	1,4631	1,7557
1,817	0,284	0,225	0,2896	0,5792	0,8689	1,1585	1,4481	1,7377
2,019	0,315	0,250	0,2863	0,5725	0,8588	1,1451	1,4313	1,7176
2,221	0,347	0,275	0,2826	0,5651	0,8477	1,1303	1,4128	1,6954
2,423	0,379	0,300	0,2785	0,5570	0,8355	1,1140	1,3925	1,6710
2,624	0,410	0,325	0,2741	0,5482	0,8223	1,0964	1,3705	1,6446
2,826	0,442	0,350	0,2693	0,5387	0,8080	1,0773	1,3466	1,6160
3,028	0,473	0,375	0,2642	0,5284	0,7926	1,0568	1,3210	1,5852
3,230	0,505	0,400	0,2587	0,5175	0,7762	1,0349	1,2937	1,5524
3,432	0,536	0,425	0,2529	0,5058	0,7587	1,0116	1,2645	1,5174
3,634	0,568	0,450	0,2467	0,4934	0,7402	0,9869	1,2336	1,4803
3,836	0,599	0,475	0,2402	0,4804	0,7205	0,9607	1,2009	1,4411
4,038	0,631	0,500	0,2333	0,4666	0,6998	0,9331	1,1664	1,3997
4,239	0,662	0,525	0,2260	0,4521	0,6781	0,9041	1,1301	1,3562
4,441	0,694	0,550	0,2184	0,4368	0,6553	0,8737	1,0921	1,3105
4,643	0,725	0,575	0,2104	0,4209	0,6314	0,8418	1,0522	1,2627
4,845	0,757	0,600	0,2021	0,4042	0,6064	0,8085	1,0106	1,2127
5,047	0,789	0,625	0,1934	0,3869	0,5803	0,7738	0,9672	1,1606
5,249	0,820	0,650	0,1844	0,3688	0,5532	0,7376	0,9220	1,1064
5,451	0,852	0,675	0,1750	0,3500	0,5250	0,6999	0,8749	1,0499
5,653	0,883	0,700	0,1652	0,3304	0,4956	0,6609	0,8261	0,9913
5,854	0,915	0,725	0,1551	0,3102	0,4652	0,6203	0,7754	0,9305
6,056	0,946	0,750	0,1446	0,2892	0,4337	0,5783	0,7229	0,8675
6,258	0,978	0,775	0,1337	0,2674	0,4011	0,5349	0,6686	0,8023
6,460	1,009	0,800	0,1225	0,2450	0,3674	0,4899	0,6124	0,7349
6,662	1,041	0,825	0,1109	0,2217	0,3326	0,4434	0,5543	0,6652
6,864	1,072	0,850	0,0989	0,1977	0,2966	0,3955	0,4943	0,5932
7,066	1,104	0,875	0,0865	0,1730	0,2595	0,3460	0,4325	0,5189
7,268	1,136	0,900	0,0737	0,1474	0,2212	0,2949	0,3686	0,4423
7,469	1,167	0,925	0,0605	0,1211	0,1816	0,2422	0,3027	0,3632
7,671	1,199	0,950	0,0469	0,0939	0,1408	0,1877	0,2346	0,2816
7,873	1,230	0,975	0,0328	0,0657	0,0985	0,1313	0,1642	0,1970
8,075	1,262	1,000	0,0180	0,0360	0,0540	0,0721	0,0901	0,1081

Fonte: O autor.

Tabela 6 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,0781$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,1604	0,3208	0,4812	0,6415	0,8019	0,9623
0,202	0,032	0,025	0,1603	0,3206	0,4809	0,6412	0,8015	0,9618
0,404	0,063	0,050	0,1600	0,3201	0,4801	0,6401	0,8002	0,9602
0,606	0,095	0,075	0,1596	0,3192	0,4788	0,6383	0,7979	0,9575
0,808	0,126	0,100	0,1590	0,3179	0,4769	0,6358	0,7948	0,9538
1,009	0,158	0,125	0,1582	0,3163	0,4745	0,6326	0,7908	0,9489
1,211	0,189	0,150	0,1572	0,3143	0,4715	0,6287	0,7858	0,9430
1,413	0,221	0,175	0,1560	0,3120	0,4680	0,6240	0,7800	0,9360
1,615	0,252	0,200	0,1547	0,3093	0,4640	0,6186	0,7733	0,9280
1,817	0,284	0,225	0,1531	0,3063	0,4594	0,6125	0,7657	0,9188
2,019	0,315	0,250	0,1514	0,3029	0,4543	0,6057	0,7572	0,9086
2,221	0,347	0,275	0,1496	0,2991	0,4487	0,5982	0,7478	0,8973
2,423	0,379	0,300	0,1475	0,2950	0,4425	0,5900	0,7375	0,8849
2,624	0,410	0,325	0,1452	0,2905	0,4357	0,5810	0,7262	0,8715
2,826	0,442	0,350	0,1428	0,2857	0,4285	0,5713	0,7141	0,8570
3,028	0,473	0,375	0,1402	0,2805	0,4207	0,5609	0,7011	0,8414
3,230	0,505	0,400	0,1374	0,2749	0,4123	0,5498	0,6872	0,8247
3,432	0,536	0,425	0,1345	0,2690	0,4034	0,5379	0,6724	0,8069
3,634	0,568	0,450	0,1313	0,2627	0,3940	0,5253	0,6567	0,7880
3,836	0,599	0,475	0,1280	0,2560	0,3840	0,5120	0,6400	0,7681
4,038	0,631	0,500	0,1245	0,2490	0,3735	0,4980	0,6225	0,7470
4,239	0,662	0,525	0,1208	0,2416	0,3624	0,4832	0,6041	0,7249
4,441	0,694	0,550	0,1169	0,2339	0,3508	0,4678	0,5847	0,7016
4,643	0,725	0,575	0,1129	0,2258	0,3387	0,4515	0,5644	0,6773
4,845	0,757	0,600	0,1086	0,2173	0,3259	0,4346	0,5432	0,6519
5,047	0,789	0,625	0,1042	0,2084	0,3127	0,4169	0,5211	0,6253
5,249	0,820	0,650	0,0996	0,1992	0,2988	0,3985	0,4981	0,5977
5,451	0,852	0,675	0,0948	0,1896	0,2845	0,3793	0,4741	0,5689
5,653	0,883	0,700	0,0898	0,1797	0,2695	0,3594	0,4492	0,5390
5,854	0,915	0,725	0,0847	0,1693	0,2540	0,3387	0,4233	0,5080
6,056	0,946	0,750	0,0793	0,1586	0,2379	0,3172	0,3966	0,4759
6,258	0,978	0,775	0,0738	0,1475	0,2213	0,2950	0,3688	0,4426
6,460	1,009	0,800	0,0680	0,1360	0,2041	0,2721	0,3401	0,4081
6,662	1,041	0,825	0,0621	0,1242	0,1862	0,2483	0,3104	0,3725
6,864	1,072	0,850	0,0559	0,1119	0,1678	0,2237	0,2797	0,3356
7,066	1,104	0,875	0,0496	0,0992	0,1488	0,1984	0,2480	0,2976
7,268	1,136	0,900	0,0430	0,0861	0,1291	0,1721	0,2152	0,2582
7,469	1,167	0,925	0,0363	0,0725	0,1088	0,1450	0,1813	0,2175
7,671	1,199	0,950	0,0292	0,0585	0,0877	0,1169	0,1462	0,1754
7,873	1,230	0,975	0,0219	0,0439	0,0658	0,0877	0,1097	0,1316
8,075	1,262	1,000	0,0142	0,0283	0,0425	0,0567	0,0708	0,0850

Fonte: O autor.



Tabela 7 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1172$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{\bar{y}}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,1110	0,2219	0,3329	0,4439	0,5548	0,6658
0,202	0,032	0,025	0,1109	0,2218	0,3327	0,4436	0,5545	0,6654
0,404	0,063	0,050	0,1107	0,2215	0,3322	0,4429	0,5536	0,6644
0,606	0,095	0,075	0,1104	0,2208	0,3313	0,4417	0,5521	0,6625
0,808	0,126	0,100	0,1100	0,2200	0,3300	0,4400	0,5500	0,6600
1,009	0,158	0,125	0,1095	0,2189	0,3284	0,4378	0,5473	0,6568
1,211	0,189	0,150	0,1088	0,2176	0,3264	0,4352	0,5440	0,6528
1,413	0,221	0,175	0,1080	0,2160	0,3240	0,4320	0,5401	0,6481
1,615	0,252	0,200	0,1071	0,2142	0,3213	0,4284	0,5355	0,6426
1,817	0,284	0,225	0,1061	0,2122	0,3182	0,4243	0,5304	0,6365
2,019	0,315	0,250	0,1049	0,2099	0,3148	0,4197	0,5247	0,6296
2,221	0,347	0,275	0,1037	0,2073	0,3110	0,4146	0,5183	0,6220
2,423	0,379	0,300	0,1023	0,2045	0,3068	0,4091	0,5114	0,6136
2,624	0,410	0,325	0,1008	0,2015	0,3023	0,4030	0,5038	0,6046
2,826	0,442	0,350	0,0991	0,1983	0,2974	0,3965	0,4956	0,5948
3,028	0,473	0,375	0,0974	0,1947	0,2921	0,3895	0,4869	0,5842
3,230	0,505	0,400	0,0955	0,1910	0,2865	0,3820	0,4775	0,5730
3,432	0,536	0,425	0,0935	0,1870	0,2805	0,3740	0,4675	0,5610
3,634	0,568	0,450	0,0914	0,1828	0,2741	0,3655	0,4569	0,5483
3,836	0,599	0,475	0,0891	0,1783	0,2674	0,3565	0,4457	0,5348
4,038	0,631	0,500	0,0868	0,1735	0,2603	0,3471	0,4338	0,5206
4,239	0,662	0,525	0,0843	0,1685	0,2528	0,3371	0,4214	0,5056
4,441	0,694	0,550	0,0817	0,1633	0,2450	0,3266	0,4083	0,4900
4,643	0,725	0,575	0,0789	0,1578	0,2368	0,3157	0,3946	0,4735
4,845	0,757	0,600	0,0761	0,1521	0,2282	0,3042	0,3803	0,4564
5,047	0,789	0,625	0,0731	0,1461	0,2192	0,2923	0,3654	0,4384
5,249	0,820	0,650	0,0700	0,1399	0,2099	0,2798	0,3498	0,4198
5,451	0,852	0,675	0,0667	0,1334	0,2002	0,2669	0,3336	0,4003
5,653	0,883	0,700	0,0634	0,1267	0,1901	0,2534	0,3168	0,3801
5,854	0,915	0,725	0,0599	0,1197	0,1796	0,2394	0,2993	0,3592
6,056	0,946	0,750	0,0562	0,1125	0,1687	0,2249	0,2812	0,3374
6,258	0,978	0,775	0,0525	0,1050	0,1574	0,2099	0,2624	0,3149
6,460	1,009	0,800	0,0486	0,0972	0,1458	0,1944	0,2430	0,2915
6,662	1,041	0,825	0,0446	0,0891	0,1337	0,1783	0,2228	0,2674
6,864	1,072	0,850	0,0404	0,0808	0,1212	0,1616	0,2020	0,2424
7,066	1,104	0,875	0,0361	0,0722	0,1083	0,1444	0,1805	0,2166
7,268	1,136	0,900	0,0316	0,0633	0,0949	0,1266	0,1582	0,1899
7,469	1,167	0,925	0,0270	0,0541	0,0811	0,1082	0,1352	0,1622
7,671	1,199	0,950	0,0223	0,0445	0,0668	0,0890	0,1113	0,1335
7,873	1,230	0,975	0,0173	0,0345	0,0518	0,0691	0,0863	0,1036
8,075	1,262	1,000	0,0119	0,0238	0,0357	0,0476	0,0596	0,0715

Fonte: O autor.

Tabela 8 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1563$ )

$y$	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0855	0,1710	0,2564	0,3419	0,4274	0,5129
0,202	0,032	0,025	0,0854	0,1709	0,2563	0,3418	0,4272	0,5126
0,404	0,063	0,050	0,0853	0,1706	0,2559	0,3412	0,4265	0,5118
0,606	0,095	0,075	0,0851	0,1701	0,2552	0,3403	0,4254	0,5104
0,808	0,126	0,100	0,0848	0,1695	0,2543	0,3390	0,4238	0,5085
1,009	0,158	0,125	0,0843	0,1687	0,2530	0,3374	0,4217	0,5061
1,211	0,189	0,150	0,0838	0,1677	0,2515	0,3354	0,4192	0,5030
1,413	0,221	0,175	0,0832	0,1665	0,2497	0,3330	0,4162	0,4995
1,615	0,252	0,200	0,0826	0,1651	0,2477	0,3303	0,4128	0,4954
1,817	0,284	0,225	0,0818	0,1636	0,2454	0,3271	0,4089	0,4907
2,019	0,315	0,250	0,0809	0,1618	0,2428	0,3237	0,4046	0,4855
2,221	0,347	0,275	0,0800	0,1599	0,2399	0,3198	0,3998	0,4798
2,423	0,379	0,300	0,0789	0,1578	0,2367	0,3156	0,3945	0,4734
2,624	0,410	0,325	0,0778	0,1555	0,2333	0,3111	0,3888	0,4666
2,826	0,442	0,350	0,0765	0,1531	0,2296	0,3061	0,3826	0,4592
3,028	0,473	0,375	0,0752	0,1504	0,2256	0,3008	0,3760	0,4512
3,230	0,505	0,400	0,0738	0,1476	0,2213	0,2951	0,3689	0,4427
3,432	0,536	0,425	0,0723	0,1445	0,2168	0,2891	0,3614	0,4336
3,634	0,568	0,450	0,0707	0,1413	0,2120	0,2827	0,3533	0,4240
3,836	0,599	0,475	0,0690	0,1379	0,2069	0,2759	0,3448	0,4138
4,038	0,631	0,500	0,0672	0,1344	0,2015	0,2687	0,3359	0,4031
4,239	0,662	0,525	0,0653	0,1306	0,1959	0,2612	0,3265	0,3918
4,441	0,694	0,550	0,0633	0,1266	0,1899	0,2533	0,3166	0,3799
4,643	0,725	0,575	0,0612	0,1225	0,1837	0,2450	0,3062	0,3674
4,845	0,757	0,600	0,0591	0,1181	0,1772	0,2363	0,2954	0,3544
5,047	0,789	0,625	0,0568	0,1136	0,1704	0,2272	0,2841	0,3409
5,249	0,820	0,650	0,0545	0,1089	0,1634	0,2178	0,2723	0,3267
5,451	0,852	0,675	0,0520	0,1040	0,1560	0,2080	0,2600	0,3120
5,653	0,883	0,700	0,0495	0,0989	0,1484	0,1978	0,2473	0,2967
5,854	0,915	0,725	0,0468	0,0936	0,1404	0,1872	0,2340	0,2808
6,056	0,946	0,750	0,0441	0,0881	0,1322	0,1762	0,2203	0,2643
6,258	0,978	0,775	0,0412	0,0824	0,1236	0,1648	0,2060	0,2472
6,460	1,009	0,800	0,0383	0,0765	0,1148	0,1530	0,1913	0,2295
6,662	1,041	0,825	0,0352	0,0704	0,1056	0,1408	0,1760	0,2112
6,864	1,072	0,850	0,0320	0,0641	0,0961	0,1282	0,1602	0,1923
7,066	1,104	0,875	0,0288	0,0575	0,0863	0,1151	0,1439	0,1726
7,268	1,136	0,900	0,0254	0,0508	0,0762	0,1016	0,1269	0,1523
7,469	1,167	0,925	0,0219	0,0438	0,0656	0,0875	0,1094	0,1313
7,671	1,199	0,950	0,0182	0,0365	0,0547	0,0729	0,0912	0,1094
7,873	1,230	0,975	0,0144	0,0289	0,0433	0,0577	0,0721	0,0866
8,075	1,262	1,000	0,0103	0,0206	0,0309	0,0413	0,0516	0,0619

Fonte: O autor.

Tabela 9 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1953$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{\bar{y}}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0697	0,1395	0,2092	0,2789	0,3487	0,4184
0,202	0,032	0,025	0,0697	0,1394	0,2091	0,2788	0,3485	0,4182
0,404	0,063	0,050	0,0696	0,1392	0,2088	0,2783	0,3479	0,4175
0,606	0,095	0,075	0,0694	0,1388	0,2082	0,2776	0,3470	0,4164
0,808	0,126	0,100	0,0691	0,1383	0,2074	0,2766	0,3457	0,4149
1,009	0,158	0,125	0,0688	0,1376	0,2064	0,2753	0,3441	0,4129
1,211	0,189	0,150	0,0684	0,1368	0,2052	0,2736	0,3421	0,4105
1,413	0,221	0,175	0,0679	0,1359	0,2038	0,2717	0,3397	0,4076
1,615	0,252	0,200	0,0674	0,1348	0,2021	0,2695	0,3369	0,4043
1,817	0,284	0,225	0,0668	0,1335	0,2003	0,2670	0,3338	0,4005
2,019	0,315	0,250	0,0661	0,1321	0,1982	0,2642	0,3303	0,3964
2,221	0,347	0,275	0,0653	0,1306	0,1959	0,2611	0,3264	0,3917
2,423	0,379	0,300	0,0644	0,1289	0,1933	0,2578	0,3222	0,3866
2,624	0,410	0,325	0,0635	0,1270	0,1906	0,2541	0,3176	0,3811
2,826	0,442	0,350	0,0625	0,1251	0,1876	0,2501	0,3126	0,3752
3,028	0,473	0,375	0,0615	0,1229	0,1844	0,2458	0,3073	0,3687
3,230	0,505	0,400	0,0603	0,1206	0,1809	0,2413	0,3016	0,3619
3,432	0,536	0,425	0,0591	0,1182	0,1773	0,2364	0,2955	0,3546
3,634	0,568	0,450	0,0578	0,1156	0,1734	0,2312	0,2890	0,3468
3,836	0,599	0,475	0,0564	0,1129	0,1693	0,2258	0,2822	0,3386
4,038	0,631	0,500	0,0550	0,1100	0,1650	0,2200	0,2750	0,3300
4,239	0,662	0,525	0,0535	0,1070	0,1604	0,2139	0,2674	0,3209
4,441	0,694	0,550	0,0519	0,1038	0,1557	0,2075	0,2594	0,3113
4,643	0,725	0,575	0,0502	0,1004	0,1506	0,2009	0,2511	0,3013
4,845	0,757	0,600	0,0485	0,0969	0,1454	0,1939	0,2423	0,2908
5,047	0,789	0,625	0,0466	0,0933	0,1399	0,1866	0,2332	0,2799
5,249	0,820	0,650	0,0447	0,0895	0,1342	0,1790	0,2237	0,2685
5,451	0,852	0,675	0,0428	0,0855	0,1283	0,1711	0,2138	0,2566
5,653	0,883	0,700	0,0407	0,0814	0,1221	0,1629	0,2036	0,2443
5,854	0,915	0,725	0,0386	0,0772	0,1157	0,1543	0,1929	0,2315
6,056	0,946	0,750	0,0364	0,0727	0,1091	0,1455	0,1818	0,2182
6,258	0,978	0,775	0,0341	0,0681	0,1022	0,1363	0,1703	0,2044
6,460	1,009	0,800	0,0317	0,0634	0,0951	0,1267	0,1584	0,1901
6,662	1,041	0,825	0,0292	0,0584	0,0877	0,1169	0,1461	0,1753
6,864	1,072	0,850	0,0267	0,0533	0,0800	0,1067	0,1334	0,1600
7,066	1,104	0,875	0,0240	0,0481	0,0721	0,0961	0,1202	0,1442
7,268	1,136	0,900	0,0213	0,0426	0,0639	0,0852	0,1065	0,1278
7,469	1,167	0,925	0,0185	0,0369	0,0554	0,0738	0,0923	0,1108
7,671	1,199	0,950	0,0155	0,0310	0,0465	0,0620	0,0776	0,0931
7,873	1,230	0,975	0,0124	0,0248	0,0373	0,0497	0,0621	0,0745
8,075	1,262	1,000	0,0091	0,0181	0,0272	0,0363	0,0454	0,0544

Fonte: O autor.

Tabela 10 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,2344$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{\bar{y}}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0589	0,1179	0,1768	0,2357	0,2946	0,3536
0,202	0,032	0,025	0,0589	0,1178	0,1767	0,2356	0,2945	0,3534
0,404	0,063	0,050	0,0588	0,1176	0,1764	0,2352	0,2940	0,3528
0,606	0,095	0,075	0,0587	0,1173	0,1760	0,2346	0,2933	0,3519
0,808	0,126	0,100	0,0584	0,1169	0,1753	0,2337	0,2922	0,3506
1,009	0,158	0,125	0,0582	0,1163	0,1745	0,2326	0,2908	0,3490
1,211	0,189	0,150	0,0578	0,1156	0,1735	0,2313	0,2891	0,3469
1,413	0,221	0,175	0,0574	0,1148	0,1723	0,2297	0,2871	0,3445
1,615	0,252	0,200	0,0570	0,1139	0,1709	0,2278	0,2848	0,3418
1,817	0,284	0,225	0,0564	0,1129	0,1693	0,2258	0,2822	0,3386
2,019	0,315	0,250	0,0559	0,1117	0,1676	0,2234	0,2793	0,3351
2,221	0,347	0,275	0,0552	0,1104	0,1656	0,2208	0,2760	0,3312
2,423	0,379	0,300	0,0545	0,1090	0,1635	0,2180	0,2725	0,3270
2,624	0,410	0,325	0,0537	0,1075	0,1612	0,2149	0,2686	0,3224
2,826	0,442	0,350	0,0529	0,1058	0,1587	0,2116	0,2645	0,3174
3,028	0,473	0,375	0,0520	0,1040	0,1560	0,2080	0,2600	0,3120
3,230	0,505	0,400	0,0510	0,1021	0,1531	0,2042	0,2552	0,3063
3,432	0,536	0,425	0,0500	0,1001	0,1501	0,2001	0,2501	0,3002
3,634	0,568	0,450	0,0489	0,0979	0,1468	0,1958	0,2447	0,2937
3,836	0,599	0,475	0,0478	0,0956	0,1434	0,1912	0,2390	0,2868
4,038	0,631	0,500	0,0466	0,0932	0,1398	0,1864	0,2330	0,2795
4,239	0,662	0,525	0,0453	0,0906	0,1360	0,1813	0,2266	0,2719
4,441	0,694	0,550	0,0440	0,0880	0,1320	0,1759	0,2199	0,2639
4,643	0,725	0,575	0,0426	0,0852	0,1278	0,1704	0,2129	0,2555
4,845	0,757	0,600	0,0411	0,0823	0,1234	0,1645	0,2056	0,2468
5,047	0,789	0,625	0,0396	0,0792	0,1188	0,1584	0,1980	0,2376
5,249	0,820	0,650	0,0380	0,0760	0,1140	0,1520	0,1900	0,2280
5,451	0,852	0,675	0,0364	0,0727	0,1091	0,1454	0,1818	0,2181
5,653	0,883	0,700	0,0346	0,0693	0,1039	0,1385	0,1731	0,2078
5,854	0,915	0,725	0,0328	0,0657	0,0985	0,1314	0,1642	0,1970
6,056	0,946	0,750	0,0310	0,0620	0,0929	0,1239	0,1549	0,1859
6,258	0,978	0,775	0,0291	0,0581	0,0872	0,1162	0,1453	0,1743
6,460	1,009	0,800	0,0271	0,0541	0,0812	0,1082	0,1353	0,1624
6,662	1,041	0,825	0,0250	0,0500	0,0750	0,1000	0,1250	0,1500
6,864	1,072	0,850	0,0229	0,0457	0,0686	0,0914	0,1143	0,1371
7,066	1,104	0,875	0,0206	0,0413	0,0619	0,0826	0,1032	0,1238
7,268	1,136	0,900	0,0183	0,0367	0,0550	0,0734	0,0917	0,1101
7,469	1,167	0,925	0,0160	0,0319	0,0479	0,0639	0,0798	0,0958
7,671	1,199	0,950	0,0135	0,0270	0,0405	0,0539	0,0674	0,0809
7,873	1,230	0,975	0,0109	0,0218	0,0327	0,0435	0,0544	0,0653
8,075	1,262	1,000	0,0081	0,0161	0,0242	0,0322	0,0403	0,0484

Fonte: O autor.

Tabela 11 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,2734$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{\bar{y}}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0510	0,1020	0,1530	0,2040	0,2550	0,3059
0,202	0,032	0,025	0,0510	0,1019	0,1529	0,2039	0,2548	0,3058
0,404	0,063	0,050	0,0509	0,1018	0,1527	0,2035	0,2544	0,3053
0,606	0,095	0,075	0,0508	0,1015	0,1523	0,2030	0,2538	0,3045
0,808	0,126	0,100	0,0506	0,1011	0,1517	0,2023	0,2529	0,3034
1,009	0,158	0,125	0,0503	0,1007	0,1510	0,2013	0,2517	0,3020
1,211	0,189	0,150	0,0500	0,1001	0,1501	0,2002	0,2502	0,3003
1,413	0,221	0,175	0,0497	0,0994	0,1491	0,1988	0,2485	0,2982
1,615	0,252	0,200	0,0493	0,0986	0,1479	0,1972	0,2465	0,2958
1,817	0,284	0,225	0,0489	0,0977	0,1466	0,1954	0,2443	0,2931
2,019	0,315	0,250	0,0483	0,0967	0,1450	0,1934	0,2417	0,2901
2,221	0,347	0,275	0,0478	0,0956	0,1434	0,1912	0,2390	0,2868
2,423	0,379	0,300	0,0472	0,0944	0,1416	0,1887	0,2359	0,2831
2,624	0,410	0,325	0,0465	0,0930	0,1396	0,1861	0,2326	0,2791
2,826	0,442	0,350	0,0458	0,0916	0,1374	0,1832	0,2290	0,2748
3,028	0,473	0,375	0,0450	0,0901	0,1351	0,1801	0,2252	0,2702
3,230	0,505	0,400	0,0442	0,0884	0,1326	0,1769	0,2211	0,2653
3,432	0,536	0,425	0,0433	0,0867	0,1300	0,1734	0,2167	0,2600
3,634	0,568	0,450	0,0424	0,0848	0,1272	0,1696	0,2120	0,2544
3,836	0,599	0,475	0,0414	0,0828	0,1243	0,1657	0,2071	0,2485
4,038	0,631	0,500	0,0404	0,0808	0,1212	0,1615	0,2019	0,2423
4,239	0,662	0,525	0,0393	0,0786	0,1179	0,1572	0,1965	0,2358
4,441	0,694	0,550	0,0381	0,0763	0,1144	0,1526	0,1907	0,2289
4,643	0,725	0,575	0,0369	0,0739	0,1108	0,1478	0,1847	0,2217
4,845	0,757	0,600	0,0357	0,0714	0,1071	0,1427	0,1784	0,2141
5,047	0,789	0,625	0,0344	0,0687	0,1031	0,1375	0,1719	0,2062
5,249	0,820	0,650	0,0330	0,0660	0,0990	0,1320	0,1650	0,1980
5,451	0,852	0,675	0,0316	0,0632	0,0947	0,1263	0,1579	0,1895
5,653	0,883	0,700	0,0301	0,0602	0,0903	0,1204	0,1505	0,1806
5,854	0,915	0,725	0,0286	0,0571	0,0857	0,1142	0,1428	0,1713
6,056	0,946	0,750	0,0270	0,0539	0,0809	0,1078	0,1348	0,1617
6,258	0,978	0,775	0,0253	0,0506	0,0759	0,1012	0,1265	0,1518
6,460	1,009	0,800	0,0236	0,0472	0,0708	0,0943	0,1179	0,1415
6,662	1,041	0,825	0,0218	0,0436	0,0654	0,0872	0,1090	0,1308
6,864	1,072	0,850	0,0200	0,0399	0,0599	0,0799	0,0998	0,1198
7,066	1,104	0,875	0,0181	0,0361	0,0542	0,0722	0,0903	0,1083
7,268	1,136	0,900	0,0161	0,0322	0,0482	0,0643	0,0804	0,0965
7,469	1,167	0,925	0,0140	0,0281	0,0421	0,0561	0,0701	0,0842
7,671	1,199	0,950	0,0119	0,0238	0,0357	0,0476	0,0594	0,0713
7,873	1,230	0,975	0,0096	0,0193	0,0289	0,0386	0,0482	0,0579
8,075	1,262	1,000	0,0072	0,0144	0,0216	0,0288	0,0360	0,0432

Fonte: O autor.

Tabela 12 - Asa retangular básica - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,3125$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0449	0,0898	0,1346	0,1795	0,2244	0,2693
0,202	0,032	0,025	0,0449	0,0897	0,1346	0,1794	0,2243	0,2691
0,404	0,063	0,050	0,0448	0,0896	0,1344	0,1791	0,2239	0,2687
0,606	0,095	0,075	0,0447	0,0893	0,1340	0,1787	0,2234	0,2680
0,808	0,126	0,100	0,0445	0,0890	0,1335	0,1780	0,2225	0,2670
1,009	0,158	0,125	0,0443	0,0886	0,1329	0,1772	0,2215	0,2658
1,211	0,189	0,150	0,0440	0,0881	0,1321	0,1762	0,2202	0,2643
1,413	0,221	0,175	0,0437	0,0875	0,1312	0,1750	0,2187	0,2625
1,615	0,252	0,200	0,0434	0,0868	0,1302	0,1736	0,2170	0,2604
1,817	0,284	0,225	0,0430	0,0860	0,1290	0,1720	0,2150	0,2580
2,019	0,315	0,250	0,0426	0,0851	0,1277	0,1702	0,2128	0,2554
2,221	0,347	0,275	0,0421	0,0841	0,1262	0,1683	0,2104	0,2524
2,423	0,379	0,300	0,0415	0,0831	0,1246	0,1662	0,2077	0,2492
2,624	0,410	0,325	0,0410	0,0819	0,1229	0,1638	0,2048	0,2458
2,826	0,442	0,350	0,0403	0,0807	0,1210	0,1613	0,2017	0,2420
3,028	0,473	0,375	0,0397	0,0793	0,1190	0,1586	0,1983	0,2379
3,230	0,505	0,400	0,0389	0,0779	0,1168	0,1557	0,1947	0,2336
3,432	0,536	0,425	0,0382	0,0763	0,1145	0,1527	0,1908	0,2290
3,634	0,568	0,450	0,0374	0,0747	0,1121	0,1494	0,1868	0,2241
3,836	0,599	0,475	0,0365	0,0730	0,1095	0,1460	0,1824	0,2189
4,038	0,631	0,500	0,0356	0,0712	0,1067	0,1423	0,1779	0,2135
4,239	0,662	0,525	0,0346	0,0692	0,1039	0,1385	0,1731	0,2077
4,441	0,694	0,550	0,0336	0,0672	0,1008	0,1345	0,1681	0,2017
4,643	0,725	0,575	0,0326	0,0651	0,0977	0,1302	0,1628	0,1954
4,845	0,757	0,600	0,0315	0,0629	0,0944	0,1258	0,1573	0,1887
5,047	0,789	0,625	0,0303	0,0606	0,0909	0,1212	0,1515	0,1818
5,249	0,820	0,650	0,0291	0,0582	0,0873	0,1164	0,1455	0,1746
5,451	0,852	0,675	0,0279	0,0557	0,0836	0,1114	0,1393	0,1671
5,653	0,883	0,700	0,0266	0,0531	0,0797	0,1062	0,1328	0,1593
5,854	0,915	0,725	0,0252	0,0504	0,0756	0,1008	0,1260	0,1512
6,056	0,946	0,750	0,0238	0,0476	0,0714	0,0952	0,1190	0,1428
6,258	0,978	0,775	0,0224	0,0447	0,0671	0,0894	0,1118	0,1341
6,460	1,009	0,800	0,0208	0,0417	0,0625	0,0834	0,1042	0,1251
6,662	1,041	0,825	0,0193	0,0386	0,0579	0,0771	0,0964	0,1157
6,864	1,072	0,850	0,0177	0,0353	0,0530	0,0707	0,0883	0,1060
7,066	1,104	0,875	0,0160	0,0320	0,0480	0,0640	0,0800	0,0960
7,268	1,136	0,900	0,0143	0,0285	0,0428	0,0570	0,0713	0,0855
7,469	1,167	0,925	0,0125	0,0249	0,0374	0,0498	0,0623	0,0747
7,671	1,199	0,950	0,0106	0,0212	0,0317	0,0423	0,0529	0,0635
7,873	1,230	0,975	0,0086	0,0172	0,0258	0,0344	0,0431	0,0517
8,075	1,262	1,000	0,0065	0,0129	0,0194	0,0258	0,0323	0,0388

Fonte: O autor.

Tabela 13 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,0488$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,3116	0,6232	0,9347	1,2463	1,5579	1,8695
0,252	0,049	0,025	0,3116	0,6232	0,9347	1,2463	1,5579	1,8695
0,505	0,099	0,050	0,3110	0,6221	0,9331	1,2441	1,5552	1,8662
0,757	0,148	0,075	0,3101	0,6202	0,9304	1,2405	1,5506	1,8607
1,010	0,197	0,100	0,3088	0,6177	0,9265	1,2354	1,5442	1,8531
1,262	0,246	0,125	0,3072	0,6144	0,9216	1,2288	1,5360	1,8433
1,514	0,296	0,150	0,3052	0,6104	0,9156	1,2208	1,5260	1,8312
1,767	0,345	0,175	0,3028	0,6057	0,9085	1,2113	1,5142	1,8170
2,019	0,394	0,200	0,3001	0,6002	0,9003	1,2004	1,5005	1,8006
2,271	0,444	0,225	0,2970	0,5940	0,8910	1,1880	1,4850	1,7820
2,524	0,493	0,250	0,2935	0,5871	0,8806	1,1742	1,4677	1,7613
2,776	0,542	0,275	0,2897	0,5794	0,8691	1,1589	1,4486	1,7383
3,029	0,592	0,300	0,2855	0,5710	0,8566	1,1421	1,4276	1,7131
3,281	0,641	0,325	0,2810	0,5619	0,8429	1,1239	1,4048	1,6858
3,533	0,690	0,350	0,2760	0,5521	0,8281	1,1042	1,3802	1,6562
3,786	0,739	0,375	0,2708	0,5415	0,8123	1,0830	1,3538	1,6245
4,038	0,789	0,400	0,2651	0,5302	0,7953	1,0604	1,3255	1,5906
4,290	0,838	0,425	0,2591	0,5181	0,7772	1,0363	1,2954	1,5544
4,543	0,887	0,450	0,2527	0,5054	0,7581	1,0107	1,2634	1,5161
4,795	0,937	0,475	0,2459	0,4919	0,7378	0,9837	1,2296	1,4756
5,048	0,986	0,500	0,2388	0,4776	0,7164	0,9552	1,1940	1,4328
5,300	1,035	0,525	0,2313	0,4626	0,6939	0,9253	1,1566	1,3879
5,552	1,084	0,550	0,2235	0,4469	0,6704	0,8938	1,1173	1,3407
5,805	1,134	0,575	0,2152	0,4305	0,6457	0,8609	1,0761	1,2914
6,057	1,183	0,600	0,2066	0,4133	0,6199	0,8265	1,0331	1,2398
6,309	1,232	0,625	0,1977	0,3953	0,5930	0,7906	0,9883	1,1860
6,562	1,282	0,650	0,1883	0,3766	0,5650	0,7533	0,9416	1,1299
6,814	1,331	0,675	0,1786	0,3572	0,5358	0,7144	0,8930	1,0716
7,067	1,380	0,700	0,1685	0,3370	0,5056	0,6741	0,8426	1,0111
7,319	1,429	0,725	0,1581	0,3161	0,4742	0,6322	0,7903	0,9484
7,571	1,479	0,750	0,1472	0,2944	0,4417	0,5889	0,7361	0,8833
7,824	1,528	0,775	0,1360	0,2720	0,4080	0,5440	0,6800	0,8160
8,076	1,577	0,800	0,1244	0,2488	0,3732	0,4976	0,6220	0,7464
8,328	1,627	0,825	0,1124	0,2248	0,3373	0,4497	0,5621	0,6745
8,581	1,676	0,850	0,1001	0,2001	0,3002	0,4002	0,5003	0,6003
8,833	1,725	0,875	0,0873	0,1746	0,2618	0,3491	0,4364	0,5237
9,086	1,775	0,900	0,0741	0,1482	0,2223	0,2964	0,3706	0,4447
9,338	1,824	0,925	0,0605	0,1211	0,1816	0,2421	0,3026	0,3632
9,590	1,873	0,950	0,0465	0,0930	0,1395	0,1860	0,2325	0,2790
9,843	1,922	0,975	0,0320	0,0640	0,0960	0,1280	0,1600	0,1920
10,095	1,972	1,000	0,0168	0,0335	0,0503	0,0671	0,0839	0,1006

Fonte: O autor.

Tabela 14 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,0977$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,1633	0,3266	0,4899	0,6532	0,8165	0,9798
0,252	0,049	0,025	0,1632	0,3264	0,4896	0,6529	0,8161	0,9793
0,505	0,099	0,050	0,1629	0,3259	0,4888	0,6517	0,8147	0,9776
0,757	0,148	0,075	0,1625	0,3250	0,4874	0,6499	0,8124	0,9749
1,010	0,197	0,100	0,1618	0,3237	0,4855	0,6473	0,8091	0,9710
1,262	0,246	0,125	0,1610	0,3220	0,4830	0,6440	0,8050	0,9660
1,514	0,296	0,150	0,1600	0,3200	0,4800	0,6399	0,7999	0,9599
1,767	0,345	0,175	0,1588	0,3176	0,4764	0,6351	0,7939	0,9527
2,019	0,394	0,200	0,1574	0,3148	0,4722	0,6296	0,7870	0,9444
2,271	0,444	0,225	0,1558	0,3117	0,4675	0,6233	0,7791	0,9350
2,524	0,493	0,250	0,1541	0,3081	0,4622	0,6163	0,7704	0,9244
2,776	0,542	0,275	0,1521	0,3043	0,4564	0,6085	0,7607	0,9128
3,029	0,592	0,300	0,1500	0,3000	0,4500	0,6000	0,7500	0,9001
3,281	0,641	0,325	0,1477	0,2954	0,4431	0,5908	0,7385	0,8862
3,533	0,690	0,350	0,1452	0,2904	0,4356	0,5808	0,7260	0,8712
3,786	0,739	0,375	0,1425	0,2850	0,4276	0,5701	0,7126	0,8551
4,038	0,789	0,400	0,1397	0,2793	0,4190	0,5586	0,6983	0,8379
4,290	0,838	0,425	0,1366	0,2732	0,4098	0,5464	0,6830	0,8196
4,543	0,887	0,450	0,1334	0,2667	0,4001	0,5334	0,6668	0,8002
4,795	0,937	0,475	0,1299	0,2599	0,3898	0,5197	0,6497	0,7796
5,048	0,986	0,500	0,1263	0,2526	0,3790	0,5053	0,6316	0,7579
5,300	1,035	0,525	0,1225	0,2450	0,3676	0,4901	0,6126	0,7351
5,552	1,084	0,550	0,1185	0,2371	0,3556	0,4741	0,5926	0,7112
5,805	1,134	0,575	0,1144	0,2287	0,3431	0,4574	0,5718	0,6861
6,057	1,183	0,600	0,1100	0,2200	0,3300	0,4399	0,5499	0,6599
6,309	1,232	0,625	0,1054	0,2109	0,3163	0,4217	0,5272	0,6326
6,562	1,282	0,650	0,1007	0,2014	0,3021	0,4027	0,5034	0,6041
6,814	1,331	0,675	0,0957	0,1915	0,2872	0,3830	0,4787	0,5745
7,067	1,380	0,700	0,0906	0,1812	0,2719	0,3625	0,4531	0,5437
7,319	1,429	0,725	0,0853	0,1706	0,2559	0,3412	0,4265	0,5118
7,571	1,479	0,750	0,0798	0,1596	0,2394	0,3191	0,3989	0,4787
7,824	1,528	0,775	0,0741	0,1482	0,2222	0,2963	0,3704	0,4445
8,076	1,577	0,800	0,0682	0,1363	0,2045	0,2727	0,3408	0,4090
8,328	1,627	0,825	0,0621	0,1241	0,1862	0,2482	0,3103	0,3724
8,581	1,676	0,850	0,0557	0,1115	0,1672	0,2230	0,2787	0,3345
8,833	1,725	0,875	0,0492	0,0985	0,1477	0,1969	0,2461	0,2954
9,086	1,775	0,900	0,0425	0,0850	0,1275	0,1700	0,2125	0,2549
9,338	1,824	0,925	0,0355	0,0711	0,1066	0,1421	0,1777	0,2132
9,590	1,873	0,950	0,0283	0,0567	0,0850	0,1133	0,1417	0,1700
9,843	1,922	0,975	0,0209	0,0417	0,0626	0,0834	0,1043	0,1251
10,095	1,972	1,000	0,0129	0,0258	0,0388	0,0517	0,0646	0,0775

Fonte: O autor.



Tabela 15 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1465$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,1122	0,2245	0,3367	0,4489	0,5612	0,6734
0,252	0,049	0,025	0,1122	0,2243	0,3365	0,4487	0,5609	0,6730
0,505	0,099	0,050	0,1120	0,2240	0,3360	0,4479	0,5599	0,6719
0,757	0,148	0,075	0,1117	0,2234	0,3350	0,4467	0,5584	0,6701
1,010	0,197	0,100	0,1112	0,2225	0,3337	0,4450	0,5562	0,6675
1,262	0,246	0,125	0,1107	0,2214	0,3320	0,4427	0,5534	0,6641
1,514	0,296	0,150	0,1100	0,2200	0,3300	0,4400	0,5500	0,6600
1,767	0,345	0,175	0,1092	0,2184	0,3276	0,4368	0,5460	0,6552
2,019	0,394	0,200	0,1083	0,2165	0,3248	0,4330	0,5413	0,6496
2,271	0,444	0,225	0,1072	0,2144	0,3216	0,4288	0,5360	0,6432
2,524	0,493	0,250	0,1060	0,2120	0,3181	0,4241	0,5301	0,6362
2,776	0,542	0,275	0,1047	0,2094	0,3142	0,4189	0,5236	0,6283
3,029	0,592	0,300	0,1033	0,2066	0,3099	0,4132	0,5165	0,6197
3,281	0,641	0,325	0,1017	0,2035	0,3052	0,4069	0,5087	0,6104
3,533	0,690	0,350	0,1001	0,2001	0,3002	0,4002	0,5003	0,6003
3,786	0,739	0,375	0,0983	0,1965	0,2948	0,3930	0,4913	0,5895
4,038	0,789	0,400	0,0963	0,1926	0,2890	0,3853	0,4816	0,5779
4,290	0,838	0,425	0,0943	0,1885	0,2828	0,3771	0,4713	0,5656
4,543	0,887	0,450	0,0921	0,1842	0,2763	0,3683	0,4604	0,5525
4,795	0,937	0,475	0,0898	0,1796	0,2693	0,3591	0,4489	0,5387
5,048	0,986	0,500	0,0873	0,1747	0,2620	0,3494	0,4367	0,5241
5,300	1,035	0,525	0,0848	0,1696	0,2544	0,3391	0,4239	0,5087
5,552	1,084	0,550	0,0821	0,1642	0,2463	0,3284	0,4105	0,4926
5,805	1,134	0,575	0,0793	0,1586	0,2379	0,3172	0,3964	0,4757
6,057	1,183	0,600	0,0763	0,1527	0,2290	0,3054	0,3817	0,4581
6,309	1,232	0,625	0,0733	0,1466	0,2198	0,2931	0,3664	0,4397
6,562	1,282	0,650	0,0701	0,1402	0,2102	0,2803	0,3504	0,4205
6,814	1,331	0,675	0,0668	0,1335	0,2003	0,2670	0,3338	0,4005
7,067	1,380	0,700	0,0633	0,1266	0,1899	0,2532	0,3165	0,3798
7,319	1,429	0,725	0,0597	0,1194	0,1791	0,2388	0,2985	0,3583
7,571	1,479	0,750	0,0560	0,1120	0,1680	0,2240	0,2799	0,3359
7,824	1,528	0,775	0,0521	0,1043	0,1564	0,2085	0,2607	0,3128
8,076	1,577	0,800	0,0481	0,0963	0,1444	0,1926	0,2407	0,2889
8,328	1,627	0,825	0,0440	0,0880	0,1321	0,1761	0,2201	0,2641
8,581	1,676	0,850	0,0398	0,0795	0,1193	0,1590	0,1988	0,2385
8,833	1,725	0,875	0,0353	0,0707	0,1060	0,1414	0,1767	0,2121
9,086	1,775	0,900	0,0308	0,0616	0,0924	0,1232	0,1539	0,1847
9,338	1,824	0,925	0,0261	0,0521	0,0782	0,1043	0,1304	0,1564
9,590	1,873	0,950	0,0212	0,0424	0,0636	0,0848	0,1059	0,1271
9,843	1,922	0,975	0,0161	0,0322	0,0483	0,0644	0,0805	0,0966
10,095	1,972	1,000	0,0107	0,0213	0,0320	0,0427	0,0534	0,0640

Fonte: O autor.

Tabela 16 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1953$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0859	0,1718	0,2578	0,3437	0,4296	0,5155
0,252	0,049	0,025	0,0859	0,1718	0,2576	0,3435	0,4294	0,5153
0,505	0,099	0,050	0,0857	0,1715	0,2572	0,3430	0,4287	0,5144
0,757	0,148	0,075	0,0855	0,1710	0,2565	0,3420	0,4275	0,5130
1,010	0,197	0,100	0,0852	0,1704	0,2555	0,3407	0,4259	0,5111
1,262	0,246	0,125	0,0848	0,1695	0,2543	0,3390	0,4238	0,5085
1,514	0,296	0,150	0,0842	0,1685	0,2527	0,3370	0,4212	0,5054
1,767	0,345	0,175	0,0836	0,1673	0,2509	0,3345	0,4182	0,5018
2,019	0,394	0,200	0,0829	0,1659	0,2488	0,3317	0,4146	0,4976
2,271	0,444	0,225	0,0821	0,1643	0,2464	0,3285	0,4107	0,4928
2,524	0,493	0,250	0,0812	0,1625	0,2437	0,3250	0,4062	0,4874
2,776	0,542	0,275	0,0803	0,1605	0,2408	0,3210	0,4013	0,4815
3,029	0,592	0,300	0,0792	0,1584	0,2375	0,3167	0,3959	0,4751
3,281	0,641	0,325	0,0780	0,1560	0,2340	0,3120	0,3900	0,4680
3,533	0,690	0,350	0,0767	0,1535	0,2302	0,3069	0,3837	0,4604
3,786	0,739	0,375	0,0754	0,1507	0,2261	0,3015	0,3769	0,4522
4,038	0,789	0,400	0,0739	0,1478	0,2218	0,2957	0,3696	0,4435
4,290	0,838	0,425	0,0724	0,1447	0,2171	0,2895	0,3618	0,4342
4,543	0,887	0,450	0,0707	0,1414	0,2122	0,2829	0,3536	0,4243
4,795	0,937	0,475	0,0690	0,1380	0,2069	0,2759	0,3449	0,4139
5,048	0,986	0,500	0,0671	0,1343	0,2014	0,2686	0,3357	0,4028
5,300	1,035	0,525	0,0652	0,1304	0,1956	0,2608	0,3260	0,3912
5,552	1,084	0,550	0,0632	0,1264	0,1895	0,2527	0,3159	0,3791
5,805	1,134	0,575	0,0611	0,1221	0,1832	0,2442	0,3053	0,3663
6,057	1,183	0,600	0,0588	0,1177	0,1765	0,2353	0,2942	0,3530
6,309	1,232	0,625	0,0565	0,1130	0,1695	0,2261	0,2826	0,3391
6,562	1,282	0,650	0,0541	0,1082	0,1623	0,2164	0,2705	0,3246
6,814	1,331	0,675	0,0516	0,1032	0,1548	0,2063	0,2579	0,3095
7,067	1,380	0,700	0,0490	0,0979	0,1469	0,1959	0,2449	0,2938
7,319	1,429	0,725	0,0463	0,0925	0,1388	0,1850	0,2313	0,2776
7,571	1,479	0,750	0,0434	0,0869	0,1303	0,1738	0,2172	0,2607
7,824	1,528	0,775	0,0405	0,0811	0,1216	0,1621	0,2027	0,2432
8,076	1,577	0,800	0,0375	0,0750	0,1125	0,1501	0,1876	0,2251
8,328	1,627	0,825	0,0344	0,0688	0,1032	0,1376	0,1720	0,2064
8,581	1,676	0,850	0,0312	0,0623	0,0935	0,1247	0,1558	0,1870
8,833	1,725	0,875	0,0278	0,0557	0,0835	0,1113	0,1391	0,1670
9,086	1,775	0,900	0,0244	0,0487	0,0731	0,0975	0,1219	0,1462
9,338	1,824	0,925	0,0208	0,0416	0,0624	0,0832	0,1040	0,1248
9,590	1,873	0,950	0,0171	0,0342	0,0513	0,0684	0,0854	0,1025
9,843	1,922	0,975	0,0132	0,0264	0,0397	0,0529	0,0661	0,0793
10,095	1,972	1,000	0,0091	0,0181	0,0272	0,0363	0,0454	0,0544

Fonte: O autor.

Tabela 17 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,2441$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0697	0,1394	0,2090	0,2787	0,3484	0,4181
0,252	0,049	0,025	0,0696	0,1393	0,2089	0,2786	0,3482	0,4179
0,505	0,099	0,050	0,0695	0,1391	0,2086	0,2781	0,3477	0,4172
0,757	0,148	0,075	0,0693	0,1387	0,2080	0,2774	0,3467	0,4161
1,010	0,197	0,100	0,0691	0,1382	0,2072	0,2763	0,3454	0,4145
1,262	0,246	0,125	0,0687	0,1375	0,2062	0,2750	0,3437	0,4125
1,514	0,296	0,150	0,0683	0,1367	0,2050	0,2733	0,3416	0,4100
1,767	0,345	0,175	0,0678	0,1357	0,2035	0,2714	0,3392	0,4070
2,019	0,394	0,200	0,0673	0,1345	0,2018	0,2691	0,3364	0,4036
2,271	0,444	0,225	0,0666	0,1333	0,1999	0,2665	0,3332	0,3998
2,524	0,493	0,250	0,0659	0,1318	0,1978	0,2637	0,3296	0,3955
2,776	0,542	0,275	0,0651	0,1303	0,1954	0,2605	0,3256	0,3908
3,029	0,592	0,300	0,0643	0,1285	0,1928	0,2570	0,3213	0,3856
3,281	0,641	0,325	0,0633	0,1266	0,1900	0,2533	0,3166	0,3799
3,533	0,690	0,350	0,0623	0,1246	0,1869	0,2492	0,3115	0,3738
3,786	0,739	0,375	0,0612	0,1224	0,1836	0,2448	0,3060	0,3672
4,038	0,789	0,400	0,0600	0,1201	0,1801	0,2401	0,3002	0,3602
4,290	0,838	0,425	0,0588	0,1176	0,1764	0,2351	0,2939	0,3527
4,543	0,887	0,450	0,0575	0,1149	0,1724	0,2299	0,2873	0,3448
4,795	0,937	0,475	0,0561	0,1121	0,1682	0,2243	0,2803	0,3364
5,048	0,986	0,500	0,0546	0,1092	0,1638	0,2184	0,2729	0,3275
5,300	1,035	0,525	0,0530	0,1061	0,1591	0,2121	0,2652	0,3182
5,552	1,084	0,550	0,0514	0,1028	0,1542	0,2056	0,2570	0,3084
5,805	1,134	0,575	0,0497	0,0994	0,1491	0,1988	0,2485	0,2982
6,057	1,183	0,600	0,0479	0,0958	0,1437	0,1916	0,2396	0,2875
6,309	1,232	0,625	0,0460	0,0921	0,1381	0,1842	0,2302	0,2763
6,562	1,282	0,650	0,0441	0,0882	0,1323	0,1764	0,2205	0,2646
6,814	1,331	0,675	0,0421	0,0842	0,1263	0,1683	0,2104	0,2525
7,067	1,380	0,700	0,0400	0,0800	0,1200	0,1599	0,1999	0,2399
7,319	1,429	0,725	0,0378	0,0756	0,1134	0,1512	0,1890	0,2268
7,571	1,479	0,750	0,0355	0,0711	0,1066	0,1422	0,1777	0,2132
7,824	1,528	0,775	0,0332	0,0664	0,0996	0,1328	0,1660	0,1992
8,076	1,577	0,800	0,0308	0,0615	0,0923	0,1231	0,1538	0,1846
8,328	1,627	0,825	0,0283	0,0565	0,0848	0,1130	0,1413	0,1695
8,581	1,676	0,850	0,0257	0,0513	0,0770	0,1026	0,1283	0,1539
8,833	1,725	0,875	0,0230	0,0459	0,0689	0,0919	0,1148	0,1378
9,086	1,775	0,900	0,0202	0,0404	0,0606	0,0807	0,1009	0,1211
9,338	1,824	0,925	0,0173	0,0346	0,0519	0,0692	0,0865	0,1038
9,590	1,873	0,950	0,0143	0,0286	0,0429	0,0573	0,0716	0,0859
9,843	1,922	0,975	0,0112	0,0224	0,0336	0,0448	0,0560	0,0672
10,095	1,972	1,000	0,0078	0,0157	0,0235	0,0313	0,0392	0,0470

Fonte: O autor.

Tabela 18 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,2930$ )

$y$	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0585	0,1171	0,1756	0,2342	0,2927	0,3513
0,252	0,049	0,025	0,0585	0,1170	0,1755	0,2341	0,2926	0,3511
0,505	0,099	0,050	0,0584	0,1168	0,1753	0,2337	0,2921	0,3505
0,757	0,148	0,075	0,0583	0,1165	0,1748	0,2331	0,2913	0,3496
1,010	0,197	0,100	0,0580	0,1161	0,1741	0,2322	0,2902	0,3483
1,262	0,246	0,125	0,0578	0,1155	0,1733	0,2310	0,2888	0,3466
1,514	0,296	0,150	0,0574	0,1148	0,1722	0,2297	0,2871	0,3445
1,767	0,345	0,175	0,0570	0,1140	0,1710	0,2280	0,2850	0,3420
2,019	0,394	0,200	0,0565	0,1131	0,1696	0,2261	0,2827	0,3392
2,271	0,444	0,225	0,0560	0,1120	0,1680	0,2240	0,2800	0,3360
2,524	0,493	0,250	0,0554	0,1108	0,1662	0,2216	0,2770	0,3324
2,776	0,542	0,275	0,0547	0,1095	0,1642	0,2190	0,2737	0,3285
3,029	0,592	0,300	0,0540	0,1080	0,1621	0,2161	0,2701	0,3241
3,281	0,641	0,325	0,0532	0,1065	0,1597	0,2129	0,2661	0,3194
3,533	0,690	0,350	0,0524	0,1048	0,1571	0,2095	0,2619	0,3143
3,786	0,739	0,375	0,0515	0,1029	0,1544	0,2059	0,2573	0,3088
4,038	0,789	0,400	0,0505	0,1010	0,1515	0,2019	0,2524	0,3029
4,290	0,838	0,425	0,0494	0,0989	0,1483	0,1978	0,2472	0,2967
4,543	0,887	0,450	0,0483	0,0967	0,1450	0,1934	0,2417	0,2900
4,795	0,937	0,475	0,0472	0,0943	0,1415	0,1887	0,2359	0,2830
5,048	0,986	0,500	0,0459	0,0919	0,1378	0,1837	0,2297	0,2756
5,300	1,035	0,525	0,0446	0,0893	0,1339	0,1786	0,2232	0,2678
5,552	1,084	0,550	0,0433	0,0866	0,1298	0,1731	0,2164	0,2597
5,805	1,134	0,575	0,0418	0,0837	0,1255	0,1674	0,2092	0,2511
6,057	1,183	0,600	0,0404	0,0807	0,1211	0,1614	0,2018	0,2421
6,309	1,232	0,625	0,0388	0,0776	0,1164	0,1552	0,1940	0,2328
6,562	1,282	0,650	0,0372	0,0744	0,1115	0,1487	0,1859	0,2231
6,814	1,331	0,675	0,0355	0,0710	0,1065	0,1419	0,1774	0,2129
7,067	1,380	0,700	0,0337	0,0675	0,1012	0,1349	0,1687	0,2024
7,319	1,429	0,725	0,0319	0,0638	0,0957	0,1276	0,1595	0,1914
7,571	1,479	0,750	0,0300	0,0600	0,0900	0,1201	0,1501	0,1801
7,824	1,528	0,775	0,0281	0,0561	0,0842	0,1122	0,1403	0,1683
8,076	1,577	0,800	0,0260	0,0521	0,0781	0,1041	0,1301	0,1562
8,328	1,627	0,825	0,0239	0,0478	0,0718	0,0957	0,1196	0,1435
8,581	1,676	0,850	0,0218	0,0435	0,0653	0,0870	0,1088	0,1305
8,833	1,725	0,875	0,0195	0,0390	0,0585	0,0780	0,0975	0,1170
9,086	1,775	0,900	0,0172	0,0343	0,0515	0,0687	0,0859	0,1030
9,338	1,824	0,925	0,0148	0,0295	0,0443	0,0590	0,0738	0,0886
9,590	1,873	0,950	0,0123	0,0245	0,0368	0,0490	0,0613	0,0735
9,843	1,922	0,975	0,0096	0,0193	0,0289	0,0386	0,0482	0,0578
10,095	1,972	1,000	0,0068	0,0136	0,0205	0,0273	0,0341	0,0409

Fonte: O autor.

Tabela 19 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,3418$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0504	0,1008	0,1511	0,2015	0,2519	0,3023
0,252	0,049	0,025	0,0503	0,1007	0,1510	0,2014	0,2517	0,3021
0,505	0,099	0,050	0,0503	0,1005	0,1508	0,2011	0,2513	0,3016
0,757	0,148	0,075	0,0501	0,1003	0,1504	0,2005	0,2507	0,3008
1,010	0,197	0,100	0,0499	0,0999	0,1498	0,1998	0,2497	0,2997
1,262	0,246	0,125	0,0497	0,0994	0,1491	0,1988	0,2485	0,2982
1,514	0,296	0,150	0,0494	0,0988	0,1482	0,1976	0,2470	0,2964
1,767	0,345	0,175	0,0491	0,0981	0,1472	0,1962	0,2453	0,2943
2,019	0,394	0,200	0,0486	0,0973	0,1460	0,1946	0,2432	0,2919
2,271	0,444	0,225	0,0482	0,0964	0,1446	0,1928	0,2410	0,2891
2,524	0,493	0,250	0,0477	0,0954	0,1430	0,1907	0,2384	0,2861
2,776	0,542	0,275	0,0471	0,0942	0,1413	0,1884	0,2356	0,2827
3,029	0,592	0,300	0,0465	0,0930	0,1395	0,1860	0,2324	0,2789
3,281	0,641	0,325	0,0458	0,0916	0,1374	0,1833	0,2291	0,2749
3,533	0,690	0,350	0,0451	0,0902	0,1352	0,1803	0,2254	0,2705
3,786	0,739	0,375	0,0443	0,0886	0,1329	0,1772	0,2215	0,2658
4,038	0,789	0,400	0,0435	0,0869	0,1304	0,1738	0,2173	0,2608
4,290	0,838	0,425	0,0426	0,0851	0,1277	0,1703	0,2128	0,2554
4,543	0,887	0,450	0,0416	0,0832	0,1249	0,1665	0,2081	0,2497
4,795	0,937	0,475	0,0406	0,0812	0,1218	0,1625	0,2031	0,2437
5,048	0,986	0,500	0,0396	0,0791	0,1187	0,1582	0,1978	0,2373
5,300	1,035	0,525	0,0384	0,0769	0,1153	0,1538	0,1922	0,2306
5,552	1,084	0,550	0,0373	0,0745	0,1118	0,1491	0,1864	0,2236
5,805	1,134	0,575	0,0360	0,0721	0,1081	0,1442	0,1802	0,2163
6,057	1,183	0,600	0,0348	0,0695	0,1043	0,1391	0,1738	0,2086
6,309	1,232	0,625	0,0334	0,0669	0,1003	0,1337	0,1671	0,2006
6,562	1,282	0,650	0,0320	0,0641	0,0961	0,1281	0,1602	0,1922
6,814	1,331	0,675	0,0306	0,0612	0,0918	0,1223	0,1529	0,1835
7,067	1,380	0,700	0,0291	0,0582	0,0872	0,1163	0,1454	0,1745
7,319	1,429	0,725	0,0275	0,0550	0,0825	0,1100	0,1376	0,1651
7,571	1,479	0,750	0,0259	0,0518	0,0777	0,1036	0,1294	0,1553
7,824	1,528	0,775	0,0242	0,0484	0,0726	0,0968	0,1210	0,1452
8,076	1,577	0,800	0,0225	0,0449	0,0674	0,0899	0,1123	0,1348
8,328	1,627	0,825	0,0207	0,0413	0,0620	0,0826	0,1033	0,1240
8,581	1,676	0,850	0,0188	0,0376	0,0564	0,0752	0,0940	0,1128
8,833	1,725	0,875	0,0169	0,0337	0,0506	0,0674	0,0843	0,1012
9,086	1,775	0,900	0,0149	0,0297	0,0446	0,0594	0,0743	0,0892
9,338	1,824	0,925	0,0128	0,0256	0,0384	0,0512	0,0639	0,0767
9,590	1,873	0,950	0,0106	0,0213	0,0319	0,0426	0,0532	0,0638
9,843	1,922	0,975	0,0084	0,0168	0,0252	0,0336	0,0419	0,0503
10,095	1,972	1,000	0,0060	0,0119	0,0179	0,0239	0,0298	0,0358

Fonte: O autor.

Tabela 20 - Asa retangular +1/4 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,3906$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0441	0,0882	0,1323	0,1763	0,2204	0,2645
0,252	0,049	0,025	0,0441	0,0881	0,1322	0,1762	0,2203	0,2644
0,505	0,099	0,050	0,0440	0,0880	0,1320	0,1760	0,2200	0,2639
0,757	0,148	0,075	0,0439	0,0877	0,1316	0,1755	0,2194	0,2632
1,010	0,197	0,100	0,0437	0,0874	0,1311	0,1748	0,2185	0,2622
1,262	0,246	0,125	0,0435	0,0870	0,1305	0,1740	0,2175	0,2610
1,514	0,296	0,150	0,0432	0,0865	0,1297	0,1729	0,2162	0,2594
1,767	0,345	0,175	0,0429	0,0859	0,1288	0,1717	0,2146	0,2576
2,019	0,394	0,200	0,0426	0,0851	0,1277	0,1703	0,2129	0,2554
2,271	0,444	0,225	0,0422	0,0843	0,1265	0,1687	0,2109	0,2530
2,524	0,493	0,250	0,0417	0,0834	0,1252	0,1669	0,2086	0,2503
2,776	0,542	0,275	0,0412	0,0825	0,1237	0,1649	0,2061	0,2474
3,029	0,592	0,300	0,0407	0,0814	0,1221	0,1627	0,2034	0,2441
3,281	0,641	0,325	0,0401	0,0802	0,1203	0,1604	0,2005	0,2406
3,533	0,690	0,350	0,0395	0,0789	0,1184	0,1578	0,1973	0,2367
3,786	0,739	0,375	0,0388	0,0775	0,1163	0,1551	0,1938	0,2326
4,038	0,789	0,400	0,0380	0,0761	0,1141	0,1521	0,1902	0,2282
4,290	0,838	0,425	0,0373	0,0745	0,1118	0,1490	0,1863	0,2235
4,543	0,887	0,450	0,0364	0,0728	0,1093	0,1457	0,1821	0,2185
4,795	0,937	0,475	0,0355	0,0711	0,1066	0,1422	0,1777	0,2133
5,048	0,986	0,500	0,0346	0,0692	0,1038	0,1385	0,1731	0,2077
5,300	1,035	0,525	0,0336	0,0673	0,1009	0,1346	0,1682	0,2018
5,552	1,084	0,550	0,0326	0,0652	0,0979	0,1305	0,1631	0,1957
5,805	1,134	0,575	0,0315	0,0631	0,0946	0,1262	0,1577	0,1893
6,057	1,183	0,600	0,0304	0,0609	0,0913	0,1217	0,1521	0,1826
6,309	1,232	0,625	0,0293	0,0585	0,0878	0,1170	0,1463	0,1755
6,562	1,282	0,650	0,0280	0,0561	0,0841	0,1121	0,1402	0,1682
6,814	1,331	0,675	0,0268	0,0535	0,0803	0,1071	0,1338	0,1606
7,067	1,380	0,700	0,0254	0,0509	0,0763	0,1018	0,1272	0,1527
7,319	1,429	0,725	0,0241	0,0482	0,0722	0,0963	0,1204	0,1445
7,571	1,479	0,750	0,0227	0,0453	0,0680	0,0906	0,1133	0,1359
7,824	1,528	0,775	0,0212	0,0424	0,0636	0,0847	0,1059	0,1271
8,076	1,577	0,800	0,0197	0,0393	0,0590	0,0786	0,0983	0,1180
8,328	1,627	0,825	0,0181	0,0362	0,0542	0,0723	0,0904	0,1085
8,581	1,676	0,850	0,0164	0,0329	0,0493	0,0658	0,0822	0,0987
8,833	1,725	0,875	0,0148	0,0295	0,0443	0,0590	0,0738	0,0885
9,086	1,775	0,900	0,0130	0,0260	0,0390	0,0520	0,0650	0,0780
9,338	1,824	0,925	0,0112	0,0224	0,0336	0,0448	0,0560	0,0672
9,590	1,873	0,950	0,0093	0,0186	0,0279	0,0372	0,0466	0,0559
9,843	1,922	0,975	0,0073	0,0147	0,0220	0,0294	0,0367	0,0441
10,095	1,972	1,000	0,0052	0,0104	0,0157	0,0209	0,0261	0,0313

Fonte: O autor.

Tabela 21 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,0581$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,2923	0,5846	0,8768	1,1691	1,4614	1,7537
0,303	0,070	0,303	0,2923	0,5846	0,8768	1,1691	1,4614	1,7537
0,606	0,141	0,606	0,2918	0,5835	0,8753	1,1671	1,4588	1,7506
0,908	0,211	0,908	0,2909	0,5818	0,8727	1,1637	1,4546	1,7455
1,211	0,282	1,211	0,2897	0,5794	0,8692	1,1589	1,4486	1,7383
1,514	0,352	1,514	0,2882	0,5764	0,8645	1,1527	1,4409	1,7291
1,817	0,422	1,817	0,2863	0,5726	0,8589	1,1452	1,4315	1,7178
2,119	0,493	2,119	0,2841	0,5682	0,8522	1,1363	1,4204	1,7045
2,422	0,563	2,422	0,2815	0,5630	0,8446	1,1261	1,4076	1,6891
2,725	0,634	2,725	0,2786	0,5572	0,8358	1,1145	1,3931	1,6717
3,028	0,704	3,028	0,2754	0,5507	0,8261	1,1015	1,3768	1,6522
3,330	0,774	3,330	0,2718	0,5436	0,8153	1,0871	1,3589	1,6307
3,633	0,845	3,633	0,2678	0,5357	0,8035	1,0714	1,3392	1,6071
3,936	0,915	3,936	0,2636	0,5271	0,7907	1,0543	1,3179	1,5814
4,239	0,986	4,239	0,2590	0,5179	0,7769	1,0358	1,2948	1,5537
4,541	1,056	4,541	0,2540	0,5080	0,7620	1,0160	1,2700	1,5240
4,844	1,127	4,844	0,2487	0,4974	0,7461	0,9948	1,2434	1,4921
5,147	1,197	5,147	0,2430	0,4861	0,7291	0,9722	1,2152	1,4582
5,450	1,267	5,450	0,2371	0,4741	0,7112	0,9482	1,1853	1,4223
5,752	1,338	5,752	0,2307	0,4614	0,6921	0,9229	1,1536	1,3843
6,055	1,408	6,055	0,2240	0,4481	0,6721	0,8961	1,1202	1,3442
6,358	1,479	6,358	0,2170	0,4340	0,6510	0,8680	1,0850	1,3021
6,661	1,549	6,661	0,2096	0,4193	0,6289	0,8386	1,0482	1,2578
6,963	1,619	6,963	0,2019	0,4038	0,6058	0,8077	1,0096	1,2115
7,266	1,690	7,266	0,1939	0,3877	0,5816	0,7754	0,9693	1,1632
7,569	1,760	7,569	0,1854	0,3709	0,5563	0,7418	0,9272	1,1127
7,872	1,831	7,872	0,1767	0,3534	0,5301	0,7068	0,8834	1,0601
8,174	1,901	8,174	0,1676	0,3352	0,5027	0,6703	0,8379	1,0055
8,477	1,971	8,477	0,1581	0,3162	0,4744	0,6325	0,7906	0,9487
8,780	2,042	8,780	0,1483	0,2966	0,4449	0,5932	0,7416	0,8899
9,082	2,112	9,082	0,1381	0,2763	0,4144	0,5526	0,6907	0,8289
9,385	2,183	9,385	0,1276	0,2553	0,3829	0,5105	0,6381	0,7658
9,688	2,253	9,688	0,1168	0,2335	0,3503	0,4670	0,5838	0,7005
9,991	2,323	9,991	0,1055	0,2110	0,3165	0,4220	0,5276	0,6331
10,294	2,394	10,294	0,0939	0,1878	0,2817	0,3756	0,4695	0,5635
10,596	2,464	10,596	0,0819	0,1639	0,2458	0,3277	0,4097	0,4916
10,899	2,535	10,899	0,0696	0,1392	0,2088	0,2783	0,3479	0,4175
11,202	2,605	11,202	0,0568	0,1137	0,1705	0,2274	0,2842	0,3410
11,505	2,675	11,505	0,0437	0,0874	0,1311	0,1748	0,2184	0,2621
11,807	2,746	11,807	0,0301	0,0602	0,0902	0,1203	0,1504	0,1805
12,110	2,816	12,110	0,0158	0,0316	0,0474	0,0632	0,0790	0,0948

Fonte: O autor.

Tabela 22 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1163$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,1529	0,3057	0,4586	0,6114	0,7643	0,9171
0,303	0,070	0,303	0,1528	0,3055	0,4583	0,6111	0,7639	0,9166
0,606	0,141	0,606	0,1525	0,3050	0,4575	0,6100	0,7626	0,9151
0,908	0,211	0,908	0,1521	0,3042	0,4562	0,6083	0,7604	0,9125
1,211	0,282	1,211	0,1515	0,3029	0,4544	0,6059	0,7574	0,9088
1,514	0,352	1,514	0,1507	0,3014	0,4521	0,6028	0,7535	0,9042
1,817	0,422	1,817	0,1497	0,2995	0,4492	0,5990	0,7487	0,8985
2,119	0,493	2,119	0,1486	0,2972	0,4459	0,5945	0,7431	0,8917
2,422	0,563	2,422	0,1473	0,2946	0,4420	0,5893	0,7366	0,8839
2,725	0,634	2,725	0,1458	0,2917	0,4376	0,5834	0,7292	0,8751
3,028	0,704	3,028	0,1442	0,2884	0,4326	0,5768	0,7210	0,8652
3,330	0,774	3,330	0,1424	0,2848	0,4272	0,5695	0,7119	0,8543
3,633	0,845	3,633	0,1404	0,2808	0,4212	0,5616	0,7020	0,8424
3,936	0,915	3,936	0,1382	0,2765	0,4147	0,5529	0,6912	0,8294
4,239	0,986	4,239	0,1359	0,2718	0,4077	0,5436	0,6795	0,8153
4,541	1,056	4,541	0,1334	0,2668	0,4001	0,5335	0,6669	0,8003
4,844	1,127	4,844	0,1307	0,2614	0,3921	0,5228	0,6535	0,7841
5,147	1,197	5,147	0,1278	0,2557	0,3835	0,5113	0,6391	0,7670
5,450	1,267	5,450	0,1248	0,2496	0,3744	0,4992	0,6240	0,7488
5,752	1,338	5,752	0,1216	0,2432	0,3647	0,4863	0,6079	0,7295
6,055	1,408	6,055	0,1182	0,2364	0,3546	0,4728	0,5910	0,7092
6,358	1,479	6,358	0,1146	0,2293	0,3439	0,4585	0,5732	0,6878
6,661	1,549	6,661	0,1109	0,2218	0,3327	0,4436	0,5545	0,6654
6,963	1,619	6,963	0,1070	0,2140	0,3209	0,4279	0,5349	0,6419
7,266	1,690	7,266	0,1029	0,2058	0,3087	0,4116	0,5144	0,6173
7,569	1,760	7,569	0,0986	0,1972	0,2959	0,3945	0,4931	0,5917
7,872	1,831	7,872	0,0942	0,1883	0,2825	0,3767	0,4709	0,5650
8,174	1,901	8,174	0,0895	0,1791	0,2686	0,3582	0,4477	0,5373
8,477	1,971	8,477	0,0847	0,1695	0,2542	0,3390	0,4237	0,5085
8,780	2,042	8,780	0,0798	0,1595	0,2393	0,3190	0,3988	0,4785
9,082	2,112	9,082	0,0746	0,1492	0,2238	0,2984	0,3729	0,4475
9,385	2,183	9,385	0,0692	0,1385	0,2077	0,2770	0,3462	0,4154
9,688	2,253	9,688	0,0637	0,1274	0,1911	0,2548	0,3185	0,3822
9,991	2,323	9,991	0,0580	0,1160	0,1739	0,2319	0,2899	0,3479
10,294	2,394	10,294	0,0521	0,1041	0,1562	0,2083	0,2603	0,3124
10,596	2,464	10,596	0,0460	0,0919	0,1379	0,1838	0,2298	0,2757
10,899	2,535	10,899	0,0396	0,0793	0,1189	0,1586	0,1982	0,2379
11,202	2,605	11,202	0,0331	0,0663	0,0994	0,1325	0,1656	0,1988
11,505	2,675	11,505	0,0264	0,0528	0,0791	0,1055	0,1319	0,1583
11,807	2,746	11,807	0,0194	0,0388	0,0581	0,0775	0,0969	0,1163
12,110	2,816	12,110	0,0120	0,0239	0,0359	0,0478	0,0598	0,0717

Fonte: O autor.



Tabela 23 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,1744$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,1047	0,2095	0,3142	0,4189	0,5237	0,6284
0,303	0,070	0,303	0,1047	0,2094	0,3140	0,4187	0,5234	0,6281
0,606	0,141	0,606	0,1045	0,2090	0,3135	0,4180	0,5225	0,6270
0,908	0,211	0,908	0,1042	0,2084	0,3127	0,4169	0,5211	0,6253
1,211	0,282	1,211	0,1038	0,2076	0,3114	0,4152	0,5190	0,6229
1,514	0,352	1,514	0,1033	0,2066	0,3099	0,4131	0,5164	0,6197
1,817	0,422	1,817	0,1026	0,2053	0,3079	0,4106	0,5132	0,6159
2,119	0,493	2,119	0,1019	0,2038	0,3057	0,4076	0,5095	0,6113
2,422	0,563	2,422	0,1010	0,2020	0,3031	0,4041	0,5051	0,6061
2,725	0,634	2,725	0,1000	0,2001	0,3001	0,4001	0,5002	0,6002
3,028	0,704	3,028	0,0989	0,1979	0,2968	0,3957	0,4946	0,5936
3,330	0,774	3,330	0,0977	0,1954	0,2931	0,3908	0,4885	0,5862
3,633	0,845	3,633	0,0964	0,1927	0,2891	0,3855	0,4818	0,5782
3,936	0,915	3,936	0,0949	0,1898	0,2847	0,3796	0,4745	0,5695
4,239	0,986	4,239	0,0933	0,1867	0,2800	0,3733	0,4667	0,5600
4,541	1,056	4,541	0,0916	0,1833	0,2749	0,3666	0,4582	0,5499
4,844	1,127	4,844	0,0898	0,1797	0,2695	0,3594	0,4492	0,5390
5,147	1,197	5,147	0,0879	0,1758	0,2637	0,3517	0,4396	0,5275
5,450	1,267	5,450	0,0859	0,1717	0,2576	0,3435	0,4294	0,5152
5,752	1,338	5,752	0,0837	0,1674	0,2511	0,3349	0,4186	0,5023
6,055	1,408	6,055	0,0814	0,1629	0,2443	0,3257	0,4072	0,4886
6,358	1,479	6,358	0,0790	0,1581	0,2371	0,3162	0,3952	0,4742
6,661	1,549	6,661	0,0765	0,1531	0,2296	0,3061	0,3826	0,4592
6,963	1,619	6,963	0,0739	0,1478	0,2217	0,2956	0,3695	0,4434
7,266	1,690	7,266	0,0711	0,1423	0,2134	0,2846	0,3557	0,4268
7,569	1,760	7,569	0,0683	0,1365	0,2048	0,2731	0,3413	0,4096
7,872	1,831	7,872	0,0653	0,1305	0,1958	0,2611	0,3264	0,3916
8,174	1,901	8,174	0,0622	0,1243	0,1865	0,2486	0,3108	0,3730
8,477	1,971	8,477	0,0589	0,1178	0,1768	0,2357	0,2946	0,3535
8,780	2,042	8,780	0,0556	0,1111	0,1667	0,2223	0,2778	0,3334
9,082	2,112	9,082	0,0521	0,1042	0,1563	0,2083	0,2604	0,3125
9,385	2,183	9,385	0,0485	0,0970	0,1454	0,1939	0,2424	0,2909
9,688	2,253	9,688	0,0447	0,0895	0,1342	0,1790	0,2237	0,2685
9,991	2,323	9,991	0,0409	0,0818	0,1227	0,1635	0,2044	0,2453
10,294	2,394	10,294	0,0369	0,0738	0,1107	0,1476	0,1845	0,2214
10,596	2,464	10,596	0,0328	0,0655	0,0983	0,1311	0,1638	0,1966
10,899	2,535	10,899	0,0285	0,0570	0,0855	0,1140	0,1425	0,1710
11,202	2,605	11,202	0,0241	0,0482	0,0723	0,0964	0,1205	0,1446
11,505	2,675	11,505	0,0195	0,0391	0,0586	0,0781	0,0976	0,1172
11,807	2,746	11,807	0,0148	0,0295	0,0443	0,0591	0,0739	0,0886
12,110	2,816	12,110	0,0097	0,0194	0,0291	0,0388	0,0485	0,0582

Fonte: O autor.

Tabela 24 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,2326$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{\bar{y}}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0799	0,1598	0,2397	0,3196	0,3995	0,4794
0,303	0,070	0,303	0,0799	0,1597	0,2396	0,3195	0,3993	0,4792
0,606	0,141	0,606	0,0797	0,1595	0,2392	0,3189	0,3987	0,4784
0,908	0,211	0,908	0,0795	0,1590	0,2385	0,3181	0,3976	0,4771
1,211	0,282	1,211	0,0792	0,1584	0,2376	0,3168	0,3960	0,4752
1,514	0,352	1,514	0,0788	0,1576	0,2364	0,3153	0,3941	0,4729
1,817	0,422	1,817	0,0783	0,1567	0,2350	0,3133	0,3917	0,4700
2,119	0,493	2,119	0,0778	0,1555	0,2333	0,3110	0,3888	0,4666
2,422	0,563	2,422	0,0771	0,1542	0,2313	0,3084	0,3855	0,4626
2,725	0,634	2,725	0,0764	0,1527	0,2291	0,3054	0,3818	0,4582
3,028	0,704	3,028	0,0755	0,1511	0,2266	0,3021	0,3776	0,4532
3,330	0,774	3,330	0,0746	0,1492	0,2238	0,2984	0,3730	0,4476
3,633	0,845	3,633	0,0736	0,1472	0,2208	0,2944	0,3680	0,4416
3,936	0,915	3,936	0,0725	0,1450	0,2175	0,2900	0,3625	0,4350
4,239	0,986	4,239	0,0713	0,1426	0,2139	0,2852	0,3566	0,4279
4,541	1,056	4,541	0,0700	0,1401	0,2101	0,2802	0,3502	0,4202
4,844	1,127	4,844	0,0687	0,1374	0,2060	0,2747	0,3434	0,4121
5,147	1,197	5,147	0,0672	0,1345	0,2017	0,2689	0,3361	0,4034
5,450	1,267	5,450	0,0657	0,1314	0,1971	0,2627	0,3284	0,3941
5,752	1,338	5,752	0,0641	0,1281	0,1922	0,2562	0,3203	0,3843
6,055	1,408	6,055	0,0623	0,1247	0,1870	0,2494	0,3117	0,3740
6,358	1,479	6,358	0,0605	0,1211	0,1816	0,2421	0,3027	0,3632
6,661	1,549	6,661	0,0586	0,1173	0,1759	0,2345	0,2932	0,3518
6,963	1,619	6,963	0,0566	0,1133	0,1699	0,2266	0,2832	0,3399
7,266	1,690	7,266	0,0546	0,1091	0,1637	0,2183	0,2729	0,3274
7,569	1,760	7,569	0,0524	0,1048	0,1572	0,2096	0,2620	0,3144
7,872	1,831	7,872	0,0501	0,1003	0,1504	0,2006	0,2507	0,3009
8,174	1,901	8,174	0,0478	0,0956	0,1434	0,1912	0,2390	0,2868
8,477	1,971	8,477	0,0454	0,0907	0,1361	0,1814	0,2268	0,2721
8,780	2,042	8,780	0,0428	0,0856	0,1285	0,1713	0,2141	0,2569
9,082	2,112	9,082	0,0402	0,0804	0,1206	0,1608	0,2009	0,2411
9,385	2,183	9,385	0,0375	0,0749	0,1124	0,1499	0,1873	0,2248
9,688	2,253	9,688	0,0346	0,0693	0,1039	0,1386	0,1732	0,2079
9,991	2,323	9,991	0,0317	0,0635	0,0952	0,1269	0,1586	0,1904
10,294	2,394	10,294	0,0287	0,0574	0,0861	0,1149	0,1436	0,1723
10,596	2,464	10,596	0,0256	0,0512	0,0768	0,1024	0,1280	0,1536
10,899	2,535	10,899	0,0224	0,0447	0,0671	0,0895	0,1118	0,1342
11,202	2,605	11,202	0,0190	0,0381	0,0571	0,0761	0,0952	0,1142
11,505	2,675	11,505	0,0156	0,0311	0,0467	0,0623	0,0779	0,0934
11,807	2,746	11,807	0,0120	0,0239	0,0359	0,0479	0,0598	0,0718
12,110	2,816	12,110	0,0081	0,0162	0,0243	0,0324	0,0405	0,0486

Fonte: O autor.

Tabela 25 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,2907$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0645	0,1291	0,1936	0,2582	0,3227	0,3873
0,303	0,070	0,303	0,0645	0,1290	0,1935	0,2581	0,3226	0,3871
0,606	0,141	0,606	0,0644	0,1288	0,1932	0,2576	0,3220	0,3865
0,908	0,211	0,908	0,0642	0,1285	0,1927	0,2569	0,3212	0,3854
1,211	0,282	1,211	0,0640	0,1280	0,1920	0,2560	0,3199	0,3839
1,514	0,352	1,514	0,0637	0,1273	0,1910	0,2547	0,3184	0,3820
1,817	0,422	1,817	0,0633	0,1266	0,1899	0,2531	0,3164	0,3797
2,119	0,493	2,119	0,0628	0,1257	0,1885	0,2513	0,3141	0,3770
2,422	0,563	2,422	0,0623	0,1246	0,1869	0,2492	0,3115	0,3738
2,725	0,634	2,725	0,0617	0,1234	0,1851	0,2468	0,3085	0,3702
3,028	0,704	3,028	0,0610	0,1221	0,1831	0,2441	0,3052	0,3662
3,330	0,774	3,330	0,0603	0,1206	0,1809	0,2412	0,3015	0,3618
3,633	0,845	3,633	0,0595	0,1190	0,1785	0,2379	0,2974	0,3569
3,936	0,915	3,936	0,0586	0,1172	0,1758	0,2344	0,2930	0,3516
4,239	0,986	4,239	0,0577	0,1153	0,1730	0,2306	0,2883	0,3459
4,541	1,056	4,541	0,0566	0,1133	0,1699	0,2265	0,2832	0,3398
4,844	1,127	4,844	0,0555	0,1111	0,1666	0,2221	0,2777	0,3332
5,147	1,197	5,147	0,0544	0,1087	0,1631	0,2175	0,2719	0,3262
5,450	1,267	5,450	0,0531	0,1063	0,1594	0,2125	0,2657	0,3188
5,752	1,338	5,752	0,0518	0,1037	0,1555	0,2073	0,2592	0,3110
6,055	1,408	6,055	0,0505	0,1009	0,1514	0,2018	0,2523	0,3027
6,358	1,479	6,358	0,0490	0,0980	0,1470	0,1960	0,2450	0,2940
6,661	1,549	6,661	0,0475	0,0950	0,1424	0,1899	0,2374	0,2849
6,963	1,619	6,963	0,0459	0,0918	0,1377	0,1835	0,2294	0,2753
7,266	1,690	7,266	0,0442	0,0884	0,1327	0,1769	0,2211	0,2653
7,569	1,760	7,569	0,0425	0,0850	0,1274	0,1699	0,2124	0,2549
7,872	1,831	7,872	0,0407	0,0813	0,1220	0,1627	0,2033	0,2440
8,174	1,901	8,174	0,0388	0,0776	0,1163	0,1551	0,1939	0,2327
8,477	1,971	8,477	0,0368	0,0736	0,1104	0,1473	0,1841	0,2209
8,780	2,042	8,780	0,0348	0,0696	0,1043	0,1391	0,1739	0,2087
9,082	2,112	9,082	0,0327	0,0653	0,0980	0,1307	0,1633	0,1960
9,385	2,183	9,385	0,0305	0,0610	0,0914	0,1219	0,1524	0,1829
9,688	2,253	9,688	0,0282	0,0564	0,0847	0,1129	0,1411	0,1693
9,991	2,323	9,991	0,0259	0,0517	0,0776	0,1035	0,1294	0,1552
10,294	2,394	10,294	0,0235	0,0469	0,0704	0,0938	0,1173	0,1407
10,596	2,464	10,596	0,0209	0,0419	0,0628	0,0838	0,1047	0,1257
10,899	2,535	10,899	0,0184	0,0367	0,0551	0,0734	0,0918	0,1101
11,202	2,605	11,202	0,0157	0,0313	0,0470	0,0627	0,0783	0,0940
11,505	2,675	11,505	0,0129	0,0258	0,0387	0,0515	0,0644	0,0773
11,807	2,746	11,807	0,0100	0,0200	0,0299	0,0399	0,0499	0,0599
12,110	2,816	12,110	0,0069	0,0137	0,0206	0,0275	0,0343	0,0412

Fonte: O autor.

Tabela 26 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,3488$ )

$y$	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0540	0,1080	0,1620	0,2160	0,2700	0,3240
0,303	0,070	0,303	0,0540	0,1080	0,1619	0,2159	0,2699	0,3239
0,606	0,141	0,606	0,0539	0,1078	0,1617	0,2156	0,2694	0,3233
0,908	0,211	0,908	0,0537	0,1075	0,1612	0,2150	0,2687	0,3225
1,211	0,282	1,211	0,0535	0,1071	0,1606	0,2141	0,2677	0,3212
1,514	0,352	1,514	0,0533	0,1065	0,1598	0,2131	0,2664	0,3196
1,817	0,422	1,817	0,0530	0,1059	0,1589	0,2118	0,2648	0,3177
2,119	0,493	2,119	0,0526	0,1051	0,1577	0,2103	0,2628	0,3154
2,422	0,563	2,422	0,0521	0,1043	0,1564	0,2085	0,2606	0,3128
2,725	0,634	2,725	0,0516	0,1033	0,1549	0,2065	0,2582	0,3098
3,028	0,704	3,028	0,0511	0,1021	0,1532	0,2043	0,2554	0,3064
3,330	0,774	3,330	0,0505	0,1009	0,1514	0,2018	0,2523	0,3027
3,633	0,845	3,633	0,0498	0,0996	0,1493	0,1991	0,2489	0,2987
3,936	0,915	3,936	0,0490	0,0981	0,1471	0,1962	0,2452	0,2943
4,239	0,986	4,239	0,0483	0,0965	0,1448	0,1930	0,2413	0,2895
4,541	1,056	4,541	0,0474	0,0948	0,1422	0,1896	0,2370	0,2844
4,844	1,127	4,844	0,0465	0,0930	0,1395	0,1859	0,2324	0,2789
5,147	1,197	5,147	0,0455	0,0910	0,1365	0,1821	0,2276	0,2731
5,450	1,267	5,450	0,0445	0,0890	0,1335	0,1779	0,2224	0,2669
5,752	1,338	5,752	0,0434	0,0868	0,1302	0,1736	0,2170	0,2604
6,055	1,408	6,055	0,0422	0,0845	0,1267	0,1690	0,2112	0,2535
6,358	1,479	6,358	0,0410	0,0821	0,1231	0,1641	0,2052	0,2462
6,661	1,549	6,661	0,0398	0,0795	0,1193	0,1590	0,1988	0,2386
6,963	1,619	6,963	0,0384	0,0769	0,1153	0,1537	0,1922	0,2306
7,266	1,690	7,266	0,0370	0,0741	0,1111	0,1482	0,1852	0,2222
7,569	1,760	7,569	0,0356	0,0712	0,1068	0,1424	0,1779	0,2135
7,872	1,831	7,872	0,0341	0,0682	0,1022	0,1363	0,1704	0,2045
8,174	1,901	8,174	0,0325	0,0650	0,0975	0,1300	0,1625	0,1950
8,477	1,971	8,477	0,0309	0,0617	0,0926	0,1235	0,1543	0,1852
8,780	2,042	8,780	0,0292	0,0583	0,0875	0,1167	0,1458	0,1750
9,082	2,112	9,082	0,0274	0,0548	0,0822	0,1096	0,1370	0,1644
9,385	2,183	9,385	0,0256	0,0512	0,0767	0,1023	0,1279	0,1535
9,688	2,253	9,688	0,0237	0,0474	0,0711	0,0947	0,1184	0,1421
9,991	2,323	9,991	0,0217	0,0435	0,0652	0,0869	0,1087	0,1304
10,294	2,394	10,294	0,0197	0,0394	0,0591	0,0788	0,0985	0,1182
10,596	2,464	10,596	0,0176	0,0352	0,0528	0,0705	0,0881	0,1057
10,899	2,535	10,899	0,0155	0,0309	0,0464	0,0618	0,0773	0,0927
11,202	2,605	11,202	0,0132	0,0264	0,0396	0,0528	0,0660	0,0793
11,505	2,675	11,505	0,0109	0,0218	0,0326	0,0435	0,0544	0,0653
11,807	2,746	11,807	0,0085	0,0169	0,0254	0,0338	0,0423	0,0507
12,110	2,816	12,110	0,0059	0,0117	0,0176	0,0234	0,0293	0,0351

Fonte: O autor.

Tabela 27 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,4070$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{tot}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0463	0,0925	0,1388	0,1850	0,2313	0,2775
0,303	0,070	0,303	0,0462	0,0925	0,1387	0,1849	0,2312	0,2774
0,606	0,141	0,606	0,0462	0,0923	0,1385	0,1846	0,2308	0,2769
0,908	0,211	0,908	0,0460	0,0921	0,1381	0,1841	0,2302	0,2762
1,211	0,282	1,211	0,0459	0,0917	0,1376	0,1834	0,2293	0,2751
1,514	0,352	1,514	0,0456	0,0913	0,1369	0,1825	0,2281	0,2738
1,817	0,422	1,817	0,0454	0,0907	0,1361	0,1814	0,2268	0,2721
2,119	0,493	2,119	0,0450	0,0901	0,1351	0,1801	0,2251	0,2702
2,422	0,563	2,422	0,0446	0,0893	0,1339	0,1786	0,2232	0,2679
2,725	0,634	2,725	0,0442	0,0884	0,1327	0,1769	0,2211	0,2653
3,028	0,704	3,028	0,0437	0,0875	0,1312	0,1750	0,2187	0,2625
3,330	0,774	3,330	0,0432	0,0864	0,1296	0,1729	0,2161	0,2593
3,633	0,845	3,633	0,0426	0,0853	0,1279	0,1705	0,2132	0,2558
3,936	0,915	3,936	0,0420	0,0840	0,1260	0,1680	0,2100	0,2520
4,239	0,986	4,239	0,0413	0,0827	0,1240	0,1653	0,2066	0,2480
4,541	1,056	4,541	0,0406	0,0812	0,1218	0,1624	0,2030	0,2436
4,844	1,127	4,844	0,0398	0,0796	0,1194	0,1593	0,1991	0,2389
5,147	1,197	5,147	0,0390	0,0780	0,1169	0,1559	0,1949	0,2339
5,450	1,267	5,450	0,0381	0,0762	0,1143	0,1524	0,1905	0,2286
5,752	1,338	5,752	0,0372	0,0743	0,1115	0,1487	0,1858	0,2230
6,055	1,408	6,055	0,0362	0,0724	0,1085	0,1447	0,1809	0,2171
6,358	1,479	6,358	0,0351	0,0703	0,1054	0,1406	0,1757	0,2108
6,661	1,549	6,661	0,0341	0,0681	0,1022	0,1362	0,1703	0,2043
6,963	1,619	6,963	0,0329	0,0658	0,0987	0,1316	0,1646	0,1975
7,266	1,690	7,266	0,0317	0,0634	0,0952	0,1269	0,1586	0,1903
7,569	1,760	7,569	0,0305	0,0609	0,0914	0,1219	0,1524	0,1828
7,872	1,831	7,872	0,0292	0,0584	0,0875	0,1167	0,1459	0,1751
8,174	1,901	8,174	0,0278	0,0557	0,0835	0,1113	0,1391	0,1670
8,477	1,971	8,477	0,0264	0,0529	0,0793	0,1057	0,1321	0,1586
8,780	2,042	8,780	0,0250	0,0499	0,0749	0,0999	0,1249	0,1498
9,082	2,112	9,082	0,0235	0,0469	0,0704	0,0938	0,1173	0,1408
9,385	2,183	9,385	0,0219	0,0438	0,0657	0,0876	0,1095	0,1314
9,688	2,253	9,688	0,0203	0,0406	0,0608	0,0811	0,1014	0,1217
9,991	2,323	9,991	0,0186	0,0372	0,0558	0,0744	0,0930	0,1116
10,294	2,394	10,294	0,0169	0,0337	0,0506	0,0675	0,0843	0,1012
10,596	2,464	10,596	0,0151	0,0301	0,0452	0,0603	0,0754	0,0904
10,899	2,535	10,899	0,0132	0,0264	0,0397	0,0529	0,0661	0,0793
11,202	2,605	11,202	0,0113	0,0226	0,0339	0,0452	0,0565	0,0678
11,505	2,675	11,505	0,0093	0,0186	0,0279	0,0372	0,0465	0,0558
11,807	2,746	11,807	0,0072	0,0145	0,0217	0,0289	0,0361	0,0434
12,110	2,816	12,110	0,0050	0,0100	0,0150	0,0200	0,0250	0,0300

Fonte: O autor.

Tabela 28 - Asa retangular +1/2 b - circulação total, método analítico ( $h/c = 0,4651$ )

y	$\bar{y}$	$\bar{y}$	$\Gamma_{\text{tot}}(\bar{y})$ $\alpha = 2^\circ$	$\Gamma_{\text{tot}}(\bar{y})$ $\alpha = 4^\circ$	$\Gamma_{\text{tot}}(\bar{y})$ $\alpha = 6^\circ$	$\Gamma_{\text{tot}}(\bar{y})$ $\alpha = 8^\circ$	$\Gamma_{\text{tot}}(\bar{y})$ $\alpha = 10^\circ$	$\Gamma_{\text{tot}}(\bar{y})$ $\alpha = 12^\circ$
0,000	0,000	0,000	0,0403	0,0806	0,1208	0,1611	0,2014	0,2417
0,303	0,070	0,303	0,0403	0,0805	0,1208	0,1610	0,2013	0,2416
0,606	0,141	0,606	0,0402	0,0804	0,1206	0,1608	0,2010	0,2412
0,908	0,211	0,908	0,0401	0,0802	0,1203	0,1603	0,2004	0,2405
1,211	0,282	1,211	0,0399	0,0799	0,1198	0,1597	0,1997	0,2396
1,514	0,352	1,514	0,0397	0,0795	0,1192	0,1589	0,1987	0,2384
1,817	0,422	1,817	0,0395	0,0790	0,1185	0,1580	0,1975	0,2370
2,119	0,493	2,119	0,0392	0,0784	0,1176	0,1568	0,1960	0,2352
2,422	0,563	2,422	0,0389	0,0778	0,1166	0,1555	0,1944	0,2333
2,725	0,634	2,725	0,0385	0,0770	0,1155	0,1540	0,1925	0,2310
3,028	0,704	3,028	0,0381	0,0762	0,1143	0,1523	0,1904	0,2285
3,330	0,774	3,330	0,0376	0,0752	0,1129	0,1505	0,1881	0,2257
3,633	0,845	3,633	0,0371	0,0742	0,1114	0,1485	0,1856	0,2227
3,936	0,915	3,936	0,0366	0,0731	0,1097	0,1463	0,1828	0,2194
4,239	0,986	4,239	0,0360	0,0719	0,1079	0,1439	0,1799	0,2158
4,541	1,056	4,541	0,0353	0,0707	0,1060	0,1413	0,1767	0,2120
4,844	1,127	4,844	0,0347	0,0693	0,1040	0,1386	0,1733	0,2079
5,147	1,197	5,147	0,0339	0,0679	0,1018	0,1357	0,1696	0,2036
5,450	1,267	5,450	0,0332	0,0663	0,0995	0,1326	0,1658	0,1989
5,752	1,338	5,752	0,0323	0,0647	0,0970	0,1293	0,1617	0,1940
6,055	1,408	6,055	0,0315	0,0630	0,0944	0,1259	0,1574	0,1889
6,358	1,479	6,358	0,0306	0,0611	0,0917	0,1223	0,1528	0,1834
6,661	1,549	6,661	0,0296	0,0592	0,0889	0,1185	0,1481	0,1777
6,963	1,619	6,963	0,0286	0,0572	0,0859	0,1145	0,1431	0,1717
7,266	1,690	7,266	0,0276	0,0552	0,0827	0,1103	0,1379	0,1655
7,569	1,760	7,569	0,0265	0,0530	0,0795	0,1060	0,1325	0,1590
7,872	1,831	7,872	0,0254	0,0507	0,0761	0,1014	0,1268	0,1522
8,174	1,901	8,174	0,0242	0,0484	0,0725	0,0967	0,1209	0,1451
8,477	1,971	8,477	0,0230	0,0459	0,0689	0,0918	0,1148	0,1377
8,780	2,042	8,780	0,0217	0,0434	0,0651	0,0867	0,1084	0,1301
9,082	2,112	9,082	0,0204	0,0407	0,0611	0,0815	0,1018	0,1222
9,385	2,183	9,385	0,0190	0,0380	0,0570	0,0760	0,0950	0,1140
9,688	2,253	9,688	0,0176	0,0352	0,0528	0,0703	0,0879	0,1055
9,991	2,323	9,991	0,0161	0,0322	0,0484	0,0645	0,0806	0,0967
10,294	2,394	10,294	0,0146	0,0292	0,0438	0,0584	0,0731	0,0877
10,596	2,464	10,596	0,0130	0,0261	0,0391	0,0522	0,0652	0,0783
10,899	2,535	10,899	0,0114	0,0229	0,0343	0,0457	0,0571	0,0686
11,202	2,605	11,202	0,0097	0,0195	0,0292	0,0390	0,0487	0,0585
11,505	2,675	11,505	0,0080	0,0160	0,0240	0,0320	0,0401	0,0481
11,807	2,746	11,807	0,0062	0,0124	0,0186	0,0248	0,0310	0,0372
12,110	2,816	12,110	0,0043	0,0085	0,0128	0,0170	0,0213	0,0255

Fonte: O autor.

## APÊNDICE B

Tabela 29 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_\infty = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico – asa retangular básica</b>								
V	21,09			$\rho$	1,2298		S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$		
0,0391	15084,54	30169,07	45253,69	60337,97	75422,68	90507,38		
0,0781	8087,04	16174,07	24261,16	32348,06	40435,19	48522,32		
0,1172	5652,17	11304,33	16956,53	22608,60	28260,83	33913,06		
0,1563	4384,87	8769,74	13154,63	17539,43	21924,35	26309,27		
0,1953	3594,83	7189,66	10784,51	14379,28	17974,16	21569,03		
0,2344	3048,44	6096,88	9145,34	12193,73	15242,21	18290,69		
0,2734	2644,12	5288,25	7932,38	10576,46	13220,62	15864,77		
0,3125	2330,37	4660,73	6991,12	9321,44	11651,84	13982,23		

Fonte: O autor.

Tabela 30 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_\infty = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>								
V	21,09			$\rho$	1,2298		S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$		
0,0488	15428,51	30857,01	46285,60	61713,84	77142,53	92571,21		
0,0977	8193,54	16387,07	24580,66	32774,05	40967,68	49161,31		
0,1465	5679,51	11359,02	17038,56	22717,97	28397,54	34077,11		
0,1953	4372,63	8745,27	13117,92	17490,48	21863,17	26235,85		
0,2441	3558,85	7117,69	10676,56	14235,35	17794,24	21353,13		
0,2930	2996,63	5993,25	8989,90	11986,47	14983,13	17979,79		
0,3418	2581,00	5162,00	7743,01	10323,97	12905,00	15486,03		
0,3906	2258,76	4517,53	6776,30	9035,03	11293,81	13552,60		

Fonte: O autor.

Tabela 31 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_\infty = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>								
V	21,09			$\rho$	1,2298		S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$		
0,0581	14474,71	28949,43	43424,23	57898,69	72373,57	86848,45		
0,1163	7665,42	15330,84	22996,30	30661,59	38327,09	45992,60		
0,1744	5293,28	10586,56	15879,87	21173,06	26466,40	31759,75		
0,2326	4057,35	8114,70	12172,08	16229,36	20286,76	24344,16		
0,2907	3286,13	6572,27	9858,42	13144,50	16430,67	19716,84		
0,3488	2752,29	5504,58	8256,89	11009,13	13761,45	16513,78		
0,4070	2356,93	4713,87	7070,82	9427,71	11784,67	14141,63		
0,4651	2049,90	4099,80	6149,71	8199,58	10249,50	12299,42		

Fonte: O autor.

Tabela 32 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
V	26,07	$\rho$	1,2298	S	103,40	
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	23049,46	46098,93	69148,52	92197,59	115247,32	138297,05
0,0781	12357,15	24714,30	37071,52	49428,46	61785,75	74143,05
0,1172	8636,62	17273,24	25909,91	34546,38	43183,10	51819,82
0,1563	6700,17	13400,33	20100,54	26800,59	33500,83	40201,08
0,1953	5492,97	10985,94	16478,95	21971,83	27464,86	32957,90
0,2344	4658,08	9316,16	13974,26	18632,26	23290,39	27948,52
0,2734	4040,27	8080,54	12120,84	16161,04	20201,36	24241,68
0,3125	3560,85	7121,69	10682,56	14243,35	17804,23	21365,12

Fonte: O autor.

Tabela 33 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
V	26,07	$\rho$	1,2298	S	103,40	
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	23575,06	47150,11	70725,31	94299,96	117875,29	141450,61
0,0977	12519,88	25039,77	37559,72	50079,39	62599,42	75119,44
0,1465	8678,40	17356,80	26035,25	34713,50	43391,99	52070,49
0,1953	6681,47	13362,94	20044,44	26725,80	33407,34	40088,89
0,2441	5437,99	10875,98	16314,00	21751,89	27189,94	32627,99
0,2930	4578,90	9157,81	13736,74	18315,56	22894,52	27473,48
0,3418	3943,82	7887,64	11831,48	15775,23	19719,09	23662,95
0,3906	3451,43	6902,87	10354,32	13805,69	17257,17	20708,64

Fonte: O autor.

Tabela 34 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
V	26,07	$\rho$	1,2298	S	103,40	
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	22117,65	44235,29	66353,06	88470,33	110588,23	132706,13
0,1163	11712,91	23425,82	35138,79	46851,50	58564,54	70277,59
0,1744	8088,24	16176,47	24264,76	32352,85	40441,18	48529,51
0,2326	6199,71	12399,43	18599,17	24798,78	30998,56	37198,35
0,2907	5021,28	10042,55	15063,86	20085,05	25106,38	30127,72
0,3488	4205,55	8411,11	12616,69	16822,17	21027,77	25233,37
0,4070	3601,44	7202,88	10804,35	14405,73	18007,21	21608,69
0,4651	3132,29	6264,57	9396,88	12529,11	15661,44	18793,76

Fonte: O autor.



Tabela 35 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
	<b>V</b>	31,01	$\rho$	1,2298	<b>S</b>	103,40
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0391	32612,37	65224,73	97837,28	130449,09	163061,83	195674,57
0,0781	17483,96	34967,92	52451,98	69935,64	87419,80	104903,96
0,1172	12219,83	24439,67	36659,57	48879,19	61099,16	73319,14
0,1563	9479,97	18959,94	28439,97	37919,78	47399,86	56879,94
0,1953	7771,93	15543,86	23315,83	31087,63	38859,65	46631,67
0,2344	6590,65	13181,30	19771,99	26362,53	32953,25	39543,98
0,2734	5716,52	11433,05	17149,61	22866,03	28582,62	34299,21
0,3125	5038,19	10076,38	15114,61	20152,71	25190,96	30229,21

Fonte: O autor.

Tabela 36 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
	<b>V</b>	31,01	$\rho$	1,2298	<b>S</b>	103,40
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0488	33356,02	66712,04	100068,25	133423,70	166780,10	200136,50
0,0977	17714,21	35428,42	53142,73	70856,63	88571,04	106285,45
0,1465	12278,95	24557,89	36836,91	49115,64	61394,73	73673,81
0,1953	9453,52	18907,03	28360,60	37813,96	47267,58	56721,21
0,2441	7694,13	15388,27	23082,45	30776,45	38470,67	46164,89
0,2930	6478,63	12957,25	19435,92	25914,43	32393,14	38871,84
0,3418	5580,05	11160,11	16740,19	22320,15	27900,27	33480,38
0,3906	4883,39	9766,77	14650,18	19533,49	24416,93	29300,37

Fonte: O autor.

Tabela 37 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
	<b>V</b>	31,01	$\rho$	1,2298	<b>S</b>	103,40
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0581	31293,95	62587,90	93882,03	125175,44	156469,74	187764,05
0,1163	16572,43	33144,86	49717,39	66289,54	82862,16	99434,78
0,1744	11443,93	22887,87	34331,87	45775,60	57219,67	68663,73
0,2326	8771,89	17543,77	26315,71	35087,45	43859,44	52631,42
0,2907	7104,53	14209,07	21313,64	28418,05	35522,67	42627,28
0,3488	5950,38	11900,76	17851,17	23801,45	29751,90	35702,35
0,4070	5095,63	10191,26	15286,92	20382,46	25478,15	30573,84
0,4651	4431,83	8863,66	13295,51	17727,27	22159,15	26591,03

Fonte: O autor.

Tabela 38 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
	V	35,97	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	43879,30	87758,59	131638,14	175516,68	219396,48	263276,28
0,0781	23524,32	47048,65	70573,11	94097,03	117621,62	141146,22
0,1172	16441,54	32883,09	49324,73	65765,99	82207,72	98649,46
0,1563	12755,12	25510,23	38265,42	51020,32	63775,58	76530,84
0,1953	10456,98	20913,96	31371,00	41827,80	52284,89	62741,99
0,2344	8867,59	17735,18	26602,82	35470,26	44337,95	53205,64
0,2734	7691,47	15382,94	23074,46	30765,80	38457,36	46148,91
0,3125	6778,79	13557,58	20336,40	27115,08	33893,94	40672,81

Fonte: O autor.

Tabela 39 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	35,97	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	44879,87	89759,74	134639,86	179518,96	224399,34	269279,72
0,0977	23834,12	47668,24	71502,49	95336,20	119170,59	143004,98
0,1465	16521,08	33042,16	49563,33	66084,13	82605,40	99126,66
0,1953	12719,52	25439,04	38158,63	50877,94	63597,60	76317,27
0,2441	10352,31	20704,61	31056,98	41409,10	51761,53	62113,95
0,2930	8716,87	17433,73	26150,65	34867,36	43584,33	52301,29
0,3418	7507,85	15015,70	22523,60	30031,32	37539,26	45047,20
0,3906	6570,50	13141,00	19711,53	26281,92	32852,49	39423,07

Fonte: O autor.

Tabela 40 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	35,97	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	42105,39	84210,78	126316,42	168421,08	210526,96	252632,83
0,1163	22297,88	44595,76	66893,77	89191,26	111489,40	133787,54
0,1744	15397,59	30795,17	46192,85	61590,17	76987,93	92385,70
0,2326	11802,40	23604,80	35407,27	47209,47	59012,01	70814,54
0,2907	9559,01	19118,02	28677,09	38235,93	47795,05	57354,17
0,3488	8006,12	16012,24	24018,40	32024,38	40030,59	48036,81
0,4070	6856,07	13712,14	20568,25	27424,20	34280,35	41136,49
0,4651	5962,94	11925,88	17888,85	23851,69	29814,70	35777,70

Fonte: O autor.

Tabela 41 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
	V	40,93	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	56814,90	113629,80	170445,03	227258,96	284074,51	340890,06
0,0781	30459,29	60918,58	91378,04	121836,81	152296,45	182756,09
0,1172	21288,51	42577,02	63865,65	85153,79	106442,54	127731,29
0,1563	16515,32	33030,64	49546,06	66061,10	82576,61	99092,12
0,1953	13539,69	27079,39	40619,16	54158,62	67698,47	81238,32
0,2344	11481,75	22963,51	34445,33	45926,88	57408,77	68890,65
0,2734	9958,91	19917,83	29876,80	39835,55	49794,57	59753,60
0,3125	8777,17	17554,35	26331,57	35108,60	43885,87	52663,14

Fonte: O autor.

Tabela 42 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	40,93	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	58110,44	116220,89	174331,66	232441,11	290552,21	348663,32
0,0977	30860,41	61720,82	92581,41	123441,29	154302,06	185162,82
0,1465	21391,49	42782,98	64174,59	85565,71	106957,45	128349,18
0,1953	16469,23	32938,46	49407,79	65876,74	82346,16	98815,58
0,2441	13404,16	26808,33	40212,57	53616,50	67020,82	80425,13
0,2930	11286,60	22573,19	33859,85	45146,25	56432,98	67719,70
0,3418	9721,16	19442,33	29163,55	38884,55	48605,82	58327,10
0,3906	8507,48	17014,96	25522,49	34029,82	42537,40	51044,98

Fonte: O autor.

Tabela 43 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	40,93	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	54518,05	109036,10	163554,47	218071,58	272590,26	327108,93
0,1163	28871,29	57742,58	86614,04	115484,83	144356,45	173228,07
0,1744	19936,79	39873,58	59810,49	79746,94	99683,96	119620,98
0,2326	15281,75	30563,49	45845,33	61126,81	76408,73	91690,65
0,2907	12377,00	24754,01	37131,08	49507,88	61885,02	74262,17
0,3488	10366,32	20732,64	31099,02	41465,17	51831,61	62198,04
0,4070	8877,24	17754,47	26631,76	35508,85	44386,18	53263,52
0,4651	7720,81	15441,62	23162,48	30883,16	38604,06	46324,96

Fonte: O autor.

Tabela 44 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
V	45,89		$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	71419,18	142838,37	214257,96	285675,92	357095,92	428515,92
0,0781	38288,86	76577,71	114866,79	153154,99	191444,28	229733,58
0,1172	26760,72	53521,45	80282,32	107042,59	133803,62	160564,65
0,1563	20760,59	41521,18	62281,88	83042,11	103802,94	124563,77
0,1953	17020,08	34040,15	51060,32	68080,11	85100,38	102120,65
0,2344	14433,14	28866,28	43299,51	57732,40	72165,71	86599,01
0,2734	12518,86	25037,71	37556,64	50075,28	62594,28	75113,28
0,3125	11033,35	22066,70	33100,11	44133,27	55166,74	66200,22

Fonte: O autor.

Tabela 45 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
V	45,89		$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	73047,74	146095,49	219143,65	292190,14	365238,72	438287,30
0,0977	38793,09	77586,17	116379,48	155171,90	193965,43	232758,96
0,1465	26890,18	53780,35	80670,68	107560,40	134450,88	161341,37
0,1953	20702,65	41405,30	62108,07	82810,37	103513,26	124216,15
0,2441	16849,71	33699,41	50549,21	67398,63	84248,53	101098,43
0,2930	14187,82	28375,63	42563,53	56751,10	70939,08	85127,06
0,3418	12219,99	24439,98	36660,05	48879,83	61099,96	73320,09
0,3906	10694,33	21388,66	32083,05	42777,20	53471,65	64166,10

Fonte: O autor.

Tabela 46 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
V	45,89		$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	68531,93	137063,86	205596,18	274126,93	342659,64	411192,35
0,1163	36292,66	72585,32	108878,19	145170,23	181463,31	217756,38
0,1744	25061,55	50123,10	75184,79	100245,91	125307,74	150369,58
0,2326	19209,92	38419,85	57629,88	76839,47	96049,61	115259,76
0,2907	15558,52	31117,03	46675,64	62233,89	77792,58	93351,27
0,3488	13030,99	26061,97	39093,03	52123,79	65154,93	78186,07
0,4070	11159,13	22318,27	33477,46	44636,40	55795,66	66954,92
0,4651	9705,45	19410,90	29116,40	38821,68	48527,24	58232,80

Fonte: O autor.

Tabela 47 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
	V	50,85	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	87692,14	175384,29	263076,93	350767,57	438460,72	526153,87
0,0781	47013,03	94026,05	141039,35	188051,56	235065,13	282078,69
0,1172	32858,19	65716,38	98574,76	131432,39	164290,96	197149,52
0,1563	25490,92	50981,83	76472,90	101963,37	127454,58	152945,79
0,1953	20898,12	41796,24	62694,49	83592,25	104490,61	125388,97
0,2344	17721,75	35443,50	53165,36	70886,80	88608,76	106330,71
0,2734	15371,29	30742,59	46113,97	61485,00	76856,47	92227,94
0,3125	13547,31	27094,62	40642,01	54189,09	67736,56	81284,03

Fonte: O autor.

Tabela 48 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	50,85	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	89691,77	179383,55	269075,83	358766,06	448458,87	538151,67
0,0977	47632,14	95264,29	142896,71	190528,03	238160,72	285793,41
0,1465	33017,14	66034,28	99051,61	132068,18	165085,70	198103,22
0,1953	25419,78	50839,56	76259,48	101678,83	127098,90	152518,97
0,2441	20688,93	41377,87	62066,92	82755,50	103444,67	124133,85
0,2930	17420,53	34841,06	52261,69	69681,92	87102,65	104523,38
0,3418	15004,33	30008,67	45013,09	60017,17	75021,67	90026,18
0,3906	13131,05	26262,10	39393,22	52524,04	65655,24	78786,44

Fonte: O autor.

Tabela 49 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	50,85	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	84147,02	168294,04	252441,55	336587,12	420735,11	504883,09
0,1163	44561,99	89123,99	133686,24	178247,46	222809,97	267372,47
0,1744	30771,86	61543,71	92315,75	123087,07	153859,28	184631,49
0,2326	23586,93	47173,86	70760,93	94347,45	117934,65	141521,85
0,2907	19103,55	38207,09	57310,75	76413,96	95517,73	114621,49
0,3488	16000,11	32000,23	48000,43	64000,27	80000,57	96000,87
0,4070	13701,76	27403,51	41105,35	54806,87	68508,78	82210,69
0,4651	11916,85	23833,70	35750,61	47667,26	59584,24	71501,23

Fonte: O autor.

Tabela 50 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular básica</b>						
<b>V</b>	55,78		<b><math>\rho</math></b>	1,2298	<b>S</b>	103,40
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0391	105520,25	211040,49	316561,34	422079,77	527601,23	633122,68
0,0781	56570,93	113141,86	169713,11	226283,06	282854,64	339426,22
0,1172	39538,37	79076,74	118615,34	158153,03	197691,85	237230,67
0,1563	30673,30	61346,61	92020,09	122692,86	153366,52	184040,17
0,1953	25146,78	50293,56	75440,48	100586,83	125733,90	150880,97
0,2344	21324,64	42649,29	63974,05	85298,33	106623,21	127948,10
0,2734	18496,33	36992,66	55489,09	73985,11	92481,65	110978,19
0,3125	16301,53	32603,05	48904,67	65205,91	81507,63	97809,34

Fonte: O autor.

Tabela 51 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/4 b</b>						
<b>V</b>	55,78		<b><math>\rho</math></b>	1,2298	<b>S</b>	103,40
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0488	107926,41	215852,81	323779,84	431704,39	539632,03	647559,67
0,0977	57315,92	114631,83	171948,08	229263,01	286579,58	343896,15
0,1465	39729,63	79459,27	119189,13	158918,08	198648,16	238378,25
0,1953	30587,70	61175,41	91763,29	122350,47	152938,52	183526,58
0,2441	24895,06	49790,13	74685,33	99579,97	124475,32	149370,67
0,2930	20962,18	41924,36	62886,66	83848,49	104810,91	125773,33
0,3418	18054,76	36109,53	54164,40	72218,85	90273,82	108328,80
0,3906	15800,63	31601,27	47401,99	63202,35	79003,16	94803,98

Fonte: O autor.

Tabela 52 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método analítico

<b>Método analítico - asa retangular +1/2 b</b>						
<b>V</b>	55,78		<b><math>\rho</math></b>	1,2298	<b>S</b>	103,40
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0581	101254,39	202508,78	303763,74	405016,39	506271,94	607527,49
0,1163	53621,59	107243,19	160865,09	214485,76	268107,97	321730,18
0,1744	37027,88	74055,75	111083,84	148111,08	185139,38	222167,68
0,2326	28382,23	56764,46	85146,85	113528,60	141911,15	170293,71
0,2907	22987,36	45974,72	68962,21	91949,17	114936,79	137924,42
0,3488	19252,99	38505,98	57759,08	77011,74	96264,95	115518,16
0,4070	16487,37	32974,74	49462,20	65949,28	82436,84	98924,40
0,4651	14339,58	28679,17	43018,83	57358,17	71697,91	86037,66

Fonte: O autor.

## APÊNDICE C

Tabela 53 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico – asa retangular básica</b>						
V	21,09		$\rho$		1,2298	
S	103,40					
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	17054,72	33536,06	49453,62	64817,50	79638,24	93926,65
0,0781	11531,71	22594,95	33205,33	43378,12	53128,24	62470,21
0,1172	8796,34	17237,50	25335,11	33100,62	40545,20	47679,71
0,1563	7178,87	14089,94	20740,10	27136,32	33285,51	39194,55
0,1953	6153,92	12101,90	17847,33	23393,78	28744,98	33904,75
0,2344	5472,52	10782,48	15930,92	20919,11	25748,59	30421,06
0,2734	5000,80	9870,01	14607,10	19211,83	23684,23	28024,56
0,3125	4662,44	9215,96	13659,00	17990,29	22208,84	26313,91

Fonte: O autor.

Tabela 54 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
V	21,09		$\rho$		1,2298	
S	103,40					
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	27862,87	53893,90	78241,38	101038,33	122404,34	142447,16
0,0977	16011,13	30967,18	44954,05	58048,73	70320,38	81831,26
0,1465	11058,49	21485,22	31322,00	40607,18	49376,01	57660,86
0,1953	8588,56	16762,92	24543,55	31949,77	38999,84	45710,94
0,2441	7211,96	14129,55	20762,77	27121,43	33215,04	39052,87
0,2930	6376,67	12530,81	18466,93	24189,66	29703,73	35013,91
0,3418	5834,74	11493,39	16977,34	22288,21	27427,89	32398,45
0,3906	5463,73	10783,32	15958,24	20988,26	25873,48	30614,22

Fonte: O autor.

Tabela 55 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 21,09 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
V	21,09		$\rho$		1,2298	
S	103,40					
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	36812,15	69994,95	100032,38	127325,84	152210,96	174970,50
0,1163	17940,45	34421,61	49599,80	63609,76	76568,21	88576,72
0,1744	11668,16	22592,47	32831,07	42436,30	51455,34	59930,86
0,2326	8941,35	17426,14	25479,55	33125,09	40384,73	47279,01
0,2907	7538,19	14759,70	21676,19	28298,95	34638,92	40706,63
0,3488	6727,37	13216,84	19473,52	25502,66	31309,56	36899,55
0,4070	6217,67	12246,76	18088,84	23745,77	29219,65	34512,77
0,4651	5876,12	11597,06	17162,27	22571,57	27825,06	32923,11

Fonte: O autor.

Tabela 56 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
V	26,07	$\rho$	1,2298	S	103,40	
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	26016,24	51157,46	75438,33	98874,32	121481,52	143276,43
0,0781	17589,16	34463,69	50647,37	66163,53	81034,94	95283,73
0,1172	13416,11	26290,56	38641,13	50485,21	61839,85	72721,63
0,1563	10949,14	21489,96	31633,00	41388,84	50768,01	59781,00
0,1953	9386,24	18458,54	27222,05	35682,22	43844,69	51715,31
0,2344	8347,39	16447,01	24300,40	31909,52	39276,65	46404,42
0,2734	7628,33	15056,09	22282,45	29307,05	36129,91	42751,43
0,3125	7112,60	14059,18	20837,35	27445,19	33881,16	40144,12

Fonte: O autor.

Tabela 57 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
V	26,07	$\rho$	1,2298	S	103,40	
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	42492,85	82191,46	119322,07	154087,66	186670,67	217235,49
0,0977	24413,56	47218,65	68546,20	88513,55	107226,11	124778,78
0,1465	16861,60	32760,38	47760,00	61918,87	75290,67	87924,72
0,1953	13096,58	25561,97	37427,31	48722,03	59473,90	69709,11
0,2441	10998,59	21548,60	31665,26	41363,46	50657,69	59562,03
0,2930	9725,75	19112,39	28166,77	36895,92	45307,03	53407,36
0,3418	8899,99	17531,65	25897,04	33998,66	41839,33	49422,21
0,3906	8334,70	16449,74	24344,29	32018,01	39470,99	46703,74

Fonte: O autor.

Tabela 58 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 26,07 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
V	26,07	$\rho$	1,2298	S	103,40	
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	56124,62	106716,17	152512,45	194125,40	232066,68	266767,32
0,1163	27348,26	52473,06	75612,42	96971,55	116728,21	135037,15
0,1744	17788,55	34443,87	50054,42	64699,88	78452,10	91376,02
0,2326	13633,62	26571,64	38852,38	50511,62	61582,80	72097,16
0,2907	11495,84	22509,19	33057,75	43158,71	52828,68	62083,70
0,3488	10260,62	20158,74	29702,13	38898,75	47756,65	56283,92
0,4070	9484,15	18680,94	27592,75	36222,37	44572,98	52648,06
0,4651	8963,85	17691,22	26181,27	34433,68	42448,59	50226,57

Fonte: O autor.



Tabela 59 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
	V	31,01	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	36741,20	72246,09	106535,42	139631,13	171555,96	202333,30
0,0781	24836,79	48664,33	71516,23	93425,44	114424,12	134543,56
0,1172	18942,81	37120,97	54559,54	71283,10	87315,67	102680,67
0,1563	15459,54	30342,83	44664,70	58440,07	71683,79	84410,63
0,1953	13253,41	26063,84	38438,53	50385,13	61911,61	73026,17
0,2344	11787,34	23225,10	34315,44	45061,07	55465,23	65531,58
0,2734	10772,72	21262,49	31468,11	41389,03	51025,28	60377,38
0,3125	10045,10	19856,00	29429,31	38762,26	47852,70	56698,98

Fonte: O autor.

Tabela 60 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	31,01	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	59997,30	116048,38	168472,89	217557,54	263560,09	306712,74
0,0977	34462,71	66655,41	96762,83	124950,52	151367,23	176146,83
0,1465	23801,82	46245,29	67420,17	87408,80	106286,84	124123,84
0,1953	18488,87	36087,38	52839,40	68786,38	83967,45	98419,52
0,2441	15529,07	30425,38	44710,38	58405,01	71529,69	84104,23
0,2930	13733,63	26988,94	39775,52	52103,27	63982,28	75422,77
0,3418	12568,95	24759,40	36574,22	48016,89	59091,38	69802,08
0,3906	11771,69	23233,52	34384,29	45223,49	55751,24	65968,19

Fonte: O autor.

Tabela 61 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	31,01	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	79224,40	150639,05	215285,24	274026,68	327585,54	376570,19
0,1163	38597,23	74058,24	106718,56	136867,46	164755,58	190601,09
0,1744	25108,30	48618,39	70654,92	91330,12	110745,25	128991,81
0,2326	19247,37	37513,71	54852,96	71315,51	86948,46	101795,81
0,2907	16232,32	31784,10	46680,25	60944,95	74601,60	87672,75
0,3488	14490,35	28469,36	41947,96	54937,32	67448,76	79493,67
0,4070	13395,38	26385,39	38973,34	51163,16	62959,28	74366,59
0,4651	12661,66	24989,71	36982,94	48640,86	59963,65	70952,06

Fonte: O autor.

Tabela 62 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
	V	35,97	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	49329,26	96997,69	143033,30	187465,59	230325,20	271643,63
0,0781	33340,91	65326,76	96002,70	125412,99	153600,84	180608,28
0,1172	25426,57	49826,99	73234,85	95683,13	117204,07	137829,07
0,1563	20750,98	40728,88	59953,58	78445,05	96223,20	113307,80
0,1953	17790,68	34987,21	51599,25	67637,03	83111,20	98032,75
0,2344	15823,95	31179,09	46068,25	60495,06	74463,82	87979,41
0,2734	14463,11	28546,78	42249,38	55570,12	68509,02	81066,75
0,3125	13487,32	26660,60	39515,26	52047,56	64254,56	76134,04

Fonte: O autor.

Tabela 63 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	35,97	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	80535,36	155772,19	226139,85	292023,46	353769,21	411688,97
0,0977	46247,57	89449,74	129854,24	167683,14	203135,90	236392,11
0,1465	31940,46	62059,36	90476,92	117303,47	142640,41	166580,92
0,1953	24813,63	48433,45	70918,18	92323,32	112701,25	132101,40
0,2441	20844,48	40840,59	60016,99	78401,69	96022,00	112904,44
0,2930	18437,21	36233,09	53400,45	69952,50	85902,70	101264,71
0,3418	16875,81	33244,12	49108,73	64474,24	79345,95	93729,68
0,3906	15807,03	31198,60	46173,04	60729,62	74868,45	88590,38

Fonte: O autor.

Tabela 64 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	35,97	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	106314,34	202149,40	288902,33	367731,97	439607,34	505344,71
0,1163	51783,97	99363,09	143186,87	183642,90	221067,02	255751,62
0,1744	33691,16	65239,91	94813,13	122561,08	148619,35	173110,52
0,2326	25832,65	50350,17	73624,71	95723,72	116710,23	136643,13
0,2907	21790,74	42669,08	62668,33	81820,81	100157,81	117709,50
0,3488	19455,73	38225,85	56324,93	73767,89	90569,83	106745,97
0,4070	17988,05	35432,53	52337,83	68709,15	84552,39	99874,03
0,4651	17004,59	33561,83	49670,03	65328,48	80537,37	95297,67

Fonte: O autor.

Tabela 65 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
	V	40,93	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	63716,91	125287,21	184747,22	242135,18	297490,83	350854,93
0,0781	43057,38	84364,42	123979,51	161959,84	198361,24	233238,04
0,1172	32833,22	64341,69	94568,75	123556,97	151347,93	177982,16
0,1563	26795,55	52593,44	77419,29	101298,81	124257,66	146321,32
0,1953	22974,34	45182,12	66635,75	87348,36	107333,67	126605,79
0,2344	20436,42	40268,08	59498,59	78132,56	96175,50	113633,63
0,2734	18680,75	36872,08	54571,82	71778,92	88493,34	104715,90
0,3125	17422,04	34439,04	51045,03	67235,16	83005,57	98353,37

Fonte: O autor.

Tabela 66 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	40,93	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	103998,06	201151,78	292016,03	377088,49	456816,53	531603,12
0,0977	59702,76	115475,37	167637,42	216475,37	262246,56	305182,68
0,1465	41232,25	80114,89	116802,77	151438,10	184151,51	215063,13
0,1953	32036,31	62533,00	91565,66	119205,71	145520,61	170573,99
0,2441	26916,54	52739,02	77504,26	101248,28	124006,19	145812,11
0,2930	23812,08	46797,08	68971,42	90352,04	110956,23	130801,50
0,3418	21798,71	42942,91	63437,43	83288,13	102501,72	121085,70
0,3906	20420,65	40305,48	59652,27	78460,01	96728,76	114459,56

Fonte: O autor.

Tabela 67 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	40,93	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	137240,96	260955,62	372947,20	474711,39	567498,88	652363,27
0,1163	66831,23	128240,03	184805,51	237027,13	285337,71	330114,09
0,1744	43487,94	84213,64	122391,92	158216,26	191861,26	223484,78
0,2326	33353,06	65010,42	95064,89	123603,26	150706,63	176450,81
0,2907	28141,48	55106,39	80937,54	105676,48	129363,42	152037,18
0,3488	25131,08	49377,97	72759,33	95294,28	117002,23	137902,68
0,4070	23238,99	45776,92	67619,33	88772,85	109244,99	129044,05
0,4651	21971,17	43365,33	64180,21	84414,82	104069,34	123144,95

Fonte: O autor.

Tabela 68 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
	V	45,89	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	79876,29	157059,61	231595,69	303532,67	372920,54	439810,59
0,0781	53965,95	105737,61	155388,21	202989,51	248611,54	292322,43
0,1172	41146,73	80633,72	118515,25	154844,62	189673,89	223053,81
0,1563	33580,15	65910,93	97024,32	126952,46	155727,44	183381,09
0,1953	28793,41	56627,12	83516,56	109478,12	134528,88	158686,45
0,2344	25615,32	50473,63	74579,36	97938,22	120557,00	142443,44
0,2734	23417,35	46222,12	68411,54	89984,21	110939,99	131279,87
0,3125	21841,81	43176,70	63997,12	84296,93	104071,24	123316,36

Fonte: O autor.

Tabela 69 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	45,89	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	130333,69	252086,72	365955,10	472563,05	572471,65	666186,27
0,0977	74795,38	144668,92	210020,63	271209,11	328556,52	382352,93
0,1465	51654,34	100367,78	146333,89	189730,43	230720,74	269455,03
0,1953	40139,90	78353,12	114734,03	149371,82	182350,74	213750,27
0,2441	33731,78	66094,52	97134,10	126895,46	155422,38	182757,43
0,2930	29847,03	58659,09	86456,57	113260,54	139092,52	163974,30
0,3418	27327,96	53836,88	79532,66	104422,52	128514,77	151818,67
0,3906	25603,91	50537,27	74797,20	98382,34	121292,66	143529,37

Fonte: O autor.

Tabela 70 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	45,89	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	171925,50	326908,16	467206,44	594693,63	710936,22	817253,86
0,1163	83697,82	160610,72	231462,58	296877,79	357397,52	413493,05
0,1744	54473,05	105490,58	153320,84	198205,48	240362,62	279989,50
0,2326	41790,54	81459,65	119123,13	154889,28	188859,36	221128,02
0,2907	35270,51	69068,87	101448,43	132460,96	162156,62	190583,82
0,3488	31504,80	61903,13	91218,20	119473,78	146694,00	172903,15
0,4070	29138,12	57398,86	84789,04	111316,79	136991,42	161823,20
0,4651	27552,32	54382,46	80487,48	105866,01	130518,17	154445,34

Fonte: O autor.

Tabela 71 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
	V	50,85	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0391	97775,63	192252,14	283485,79	371535,77	456463,52	538332,05
0,0781	66043,58	129401,08	190162,22	248414,88	304244,87	357735,62
0,1172	50348,84	98667,39	145021,99	189477,76	232098,39	272945,89
0,1563	41089,89	80652,21	118725,96	155350,35	190564,51	224407,32
0,1953	35235,41	69297,77	102205,86	133979,58	164639,71	194207,69
0,2344	31349,90	61774,71	91279,69	119871,73	147559,03	174350,96
0,2734	28663,45	56578,40	83741,32	110150,42	135805,42	160707,44
0,3125	26738,14	52856,92	78347,01	103200,81	127412,25	150976,71

Fonte: O autor.

Tabela 72 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
	V	50,85	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0488	159483,56	308463,10	447791,12	578232,15	700473,34	815133,57
0,0977	91488,16	176958,53	256899,92	331750,55	401904,17	467715,30
0,1465	63180,83	122768,09	178997,95	232087,32	282235,54	329625,95
0,1953	49105,11	95856,50	140369,13	182751,70	223106,91	261531,66
0,2441	41274,94	80877,47	118863,40	155287,38	190202,73	223661,27
0,2930	36529,37	71794,40	105819,81	138631,14	170254,53	200716,44
0,3418	33452,58	65904,57	97363,02	127836,58	157335,26	185870,23
0,3906	31347,00	61874,80	91579,72	120459,95	148515,35	175747,24

Fonte: O autor.

Tabela 73 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
	V	50,85	$\rho$	1,2298	S	103,40
$h/\bar{c}$	$L(\alpha_1) - 2^\circ$	$L(\alpha_2) - 4^\circ$	$L(\alpha_3) - 6^\circ$	$L(\alpha_4) - 8^\circ$	$L(\alpha_5) - 10^\circ$	$L(\alpha_6) - 12^\circ$
0,0581	210279,39	399838,95	571440,23	727373,89	869555,45	999598,66
0,1163	102337,46	196387,22	283032,45	363035,04	437055,51	505669,12
0,1744	66617,80	129015,78	187520,84	242427,55	294001,87	342484,35
0,2326	51124,81	99658,77	145742,88	189509,04	231080,62	270572,94
0,2907	43162,10	84526,07	124156,72	162117,06	198468,09	233268,75
0,3488	38563,84	75776,00	111664,60	146258,47	179586,88	211679,36
0,4070	35674,10	70276,28	103814,65	136299,00	167740,52	198151,59
0,4651	33737,86	66593,35	98562,67	129644,04	159837,43	189144,38

Fonte: O autor.

Tabela 74 - Sustentação da asa retangular básica ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular básica</b>						
	<b>V</b>	<b>55,78</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b>1,2298</b>	<b>S</b>	<b>103,40</b>
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0391	117255,78	230551,58	339955,25	445538,12	547374,18	645539,32
0,0781	79181,11	155140,90	227987,05	297825,05	364757,84	428885,55
0,1172	60355,68	118278,38	173847,53	227141,10	278235,35	327204,56
0,1563	49256,29	96683,01	142326,75	186234,32	228452,49	269027,73
0,1953	42241,90	83079,33	122534,60	160631,41	197394,49	232849,41
0,2344	37588,59	74069,79	109449,79	143736,65	176940,07	209071,15
0,2734	34372,27	67848,67	100424,83	132098,47	162869,14	192738,04
0,3125	32067,72	63394,20	93968,14	123780,30	152823,31	181091,52

Fonte: O autor.

Tabela 75 - Sustentação da asa retangular +1/4b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/4 b</b>						
	<b>V</b>	<b>55,78</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b>1,2298</b>	<b>S</b>	<b>103,40</b>
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0488	191181,31	369765,30	536775,00	693127,81	839648,19	977078,67
0,0977	109624,64	212041,84	307836,69	397533,77	481604,42	560473,07
0,1465	75703,54	147105,99	214489,53	278113,39	338215,81	395016,00
0,1953	58848,74	114881,04	168234,05	219037,50	267413,97	313479,17
0,2441	49477,04	96952,98	142494,30	186166,09	228031,89	268153,47
0,2930	43798,86	86084,87	126887,35	166236,61	204163,71	240700,10
0,3418	40118,06	79038,81	116770,46	153323,16	188708,69	222940,23
0,3906	37599,35	74218,41	109852,57	144499,50	178158,84	210832,00

Fonte: O autor.

Tabela 76 - Sustentação da asa retangular +1/2b ( $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ ) – método numérico

<b>Método numérico - asa retangular +1/2 b</b>						
	<b>V</b>	<b>55,78</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b>1,2298</b>	<b>S</b>	<b>103,40</b>
<b><math>h/\bar{c}</math></b>	<b><math>L(\alpha_1) - 2^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_2) - 4^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_3) - 6^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_4) - 8^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_5) - 10^\circ</math></b>	<b><math>L(\alpha_6) - 12^\circ</math></b>
0,0581	251940,50	479059,70	684665,30	871501,05	1041861,43	1197679,50
0,1163	122570,76	235226,11	339021,29	434866,82	523552,23	605765,22
0,1744	79806,85	154566,49	224669,02	290466,09	352275,23	410383,73
0,2326	61269,12	119439,15	174678,18	227143,50	276982,26	324332,08
0,2907	51744,44	101337,67	148856,83	194376,92	237970,64	279708,22
0,3488	46245,05	90872,78	133916,51	175410,43	215389,35	253888,34
0,4070	42789,28	84295,80	124529,03	163500,44	201223,22	237711,96
0,4651	40473,81	79891,60	118248,63	155542,54	191773,11	226942,02

Fonte: O autor.

## APÊNDICE D

```
%Aplicativo para calcular diversos parametros aerodinamicos no efeito
solo
%Asas com formato em planta com geometria retangular
%Baseado na metodologia numerica de.....
%Desenvolvido por Rogerio de Assis Dias Guahy
%Universidade Federal de Minas Gerais
%-----
%-----
clc
clear
format short
%-----
%-----
%Entrada de parametros e dados aerodinamicos
g=9.81;
s=343.00;
b=[16.15,20.19,24.22];%Vetor envergadura
cr=[6.40,5.12,4.30];%Vetor corda na raiz
ct=[6.40,5.12,4.30];%Vetor corda na ponta
cmg=(cr+ct)/2;%Vetor corda media geometrica
lambda=[ct./cr];%Vetor afilamento
cma=[(2/3)*cr.*((1+lambda+(lambda.^2))/(1+lambda))];%Vetor corda media
aerodinamica
S=[103.40,103.40,103.40];%Vetor area superficie alar
AR=[(b(1)^2)/S(1),(b(2)^2)/S(2),(b(3)^2)/S(3)];%Vetor razao de aspecto
h=[0.25:0.25:2.00];%Vetor altura de voo
V=[21.09,26.07,31.01,35.97,40.93,45.89,50.85,55.78];%Vetor velocidade
de voo
a=[V./s];%Vetor numero de Mach
h5000=[h./5000];%Vetor h/5000
roh=[((0.085*(h5000.^3)+1.675*(h5000.^2)-
10.99*(h5000)+24.60)/20)];%Vetor densidade do ar
hb=[h./b(1);h./b(2);h./b(3)];%Matriz h/b
hc=[h./cma(1);h./cma(2);h./cma(3)];%Matriz h/c
beta=[sqrt(1-a.^2)];%vetor fator de transformacao de coordenada
hbeta=[h./beta(1);h./beta(2);h./beta(3);h./beta(4);h./beta(5);h./beta(
6);h./beta(7);h./beta(8)];%Matriz h/beta
alfa=[2:2:12];%Vetor angulo de ataque em graus
alfarad=[alfa.*2*pi/360];%Vetor angulo de ataque em radianos
Salfa=[sin(alfarad)];%Vetor seno do angulo de ataque em radianos
%-----
%-----
%Determinacao dos paineis
yB=[0.00:0.40375/2:b(1)];%Vetor cota asa basica
y14=[0.00:0.50475/2:b(2)];%Vetor cota asa basica +1/4b
y12=[0.00:0.6055/2:b(3)];%Vetor cota asa basica +1/2b
YB=[yB.*beta(1);yB.*beta(2);yB.*beta(3);yB.*beta(4);yB.*beta(5);yB.*be
ta(6);yB.*beta(7);yB.*beta(8)'];
Y14=[y14.*beta(1);y14.*beta(2);y14.*beta(3);y14.*beta(4);y14.*beta(5);
y14.*beta(6);y14.*beta(7);y14.*beta(8)'];
Y12=[y12.*beta(1);y12.*beta(2);y12.*beta(3);y12.*beta(4);y12.*beta(5);
y12.*beta(6);y12.*beta(7);y12.*beta(8)'];
Y=zeros(81,8);
y=zeros(1,81);
corda=0;
%-----
```

```

%-----
%Entrada da configuracao de asa a estudar
config_asa=menu('Configuração geométrica de asa a estudar.', 'Basica',
'Basica+1/4b', 'Basica+1/2b');
switch config_asa %Seleciona e ajusta o programa a configuracao de
asas escolhida
    case 1
        Y=YB;
        y=yB;
        sigmavlongB=zeros(40,64);
        corda=cma(1)
        for w13=1:8 %Determina a matriz dos comprimentos
ajustados (YB) dos paineis
            w15=1;
            for w14=1:2:79
                deltaYB(w15,w13)=Y(w14+2,w13)-Y(w14,w13);
                w15=w15+1;
            end
        end
    case 2
        Y=Y14;
        y=y14;
        sigmavlongB14=zeros(40,64);
        corda=cma(2);
        for w13=1:8 %Determina a matriz dos comprimentos
ajustados (YB+1/4b) dos paineis
            w15=1;
            for w14=1:2:79
                deltaYB14(w15,w13)=Y(w14+2,w13)-Y(w14,w13);
                w15=w15+1;
            end
        end
    case 3
        Y=Y12;
        y=y12;
        sigmavlongB12=zeros(40,64);
        corda=cma(3);
        for w13=1:8 %Determina a matriz dos comprimentos
ajustados (YB+1/2b) dos paineis
            w15=1;
            for w14=1:2:79
                deltaYB12(w15,w13)=Y(w14+2,w13)-Y(w14,w13);
                w15=w15+1;
            end
        end
    end
end
%-----
%-----
%Calculo das velocidades de inducao da configuracao de asa selecionada
w10=0; %Indexador da altura h
w11=1; %Indexador da figura
for w9=1:8 %Indexador da linha da matriz razão h/beta
    w10=w10+1;
for w8=1:8 %Indexador da linha da matriz razão h/beta
    figure(w11)%Gera as figuras
    i=1,k=3;
    for l=1:40
        for j=2:2:80
            %Velocidade induzida pelo vortice ferradura real
            vsAB1(j,l)=(1/(2*pi*corda)).*((Y(j,l)-
Y(k,l))./(sqrt(((corda.^2)/4)+((Y(j,l)-Y(k,l)).^2))))-(Y(j,l)-

```



```

Y(i,1))/(sqrt(((corda.^2)/4)+((Y(j,1)-Y(i,1)).^2))));%Velocidade de
downwash induzida pelo vortice fixo
        vsAinfl(j,1)=(1/(4*pi))* (1/(Y(i,1)-
Y(j,1))).*(1+((corda/2)/(sqrt(((corda^2)/4)+((Y(j,1)-
Y(i,1)).^2)))));%Velocidade de downwash induzida pelo vortice lateral
infinito
        vsBinfl(j,1)=(-1)*(1/(4*pi))* (1/(Y(k,1)-
Y(j,1))).*(1+((corda/2)/(sqrt(((corda^2)/4)+((Y(j,1)-
Y(k,1)).^2)))));%Velocidade de downwash induzida pelo vortice lateral
infinito
%-----
%-----
        %Velocidade induzida pelo vortice ferradura imagem
        vsimAB1(j,1)=(-
1)*(1/(4*pi))* ((corda/2)/((4*(hbeta(w8,w9))^2)+((corda^2)/4)))*(((Y(j,
1)-Y(k,1))/(sqrt(((corda^2)/4)+((Y(j,1)-
Y(k,1))^2)+4*((h(w10))^2)))))-((Y(j,1)-
Y(i,1))/(sqrt(((corda^2)/4)+((Y(j,1)-
Y(i,1))^2)+4*((hbeta(w8,w9))^2)))));%Velocidade de downwash induzida
pelo vortice imagem fixo
        vsimAinfl(j,1)=(-1)*(1/(4*pi))* ((Y(i,1)-
Y(j,1))/(((Y(j,1)-
Y(i,1))^2)+4*(hbeta(w8,w9))))*(1+((corda/2)/(sqrt(((corda^2)/4)+((Y(
j,1)-Y(i,1))^2)+4*((hbeta(w8,w9))^2)))));%Velocidade de downwash
induzida pelo vortice lateral imagem infinito
        vsimBinfl(j,1)=(1/(4*pi))* ((Y(k,1)-Y(j,1))/(((Y(j,1)-
Y(k,1))^2)+4*(hbeta(w8,w9))))*(1+((corda/2)/(sqrt(((corda^2)/4)+((Y(
j,1)-Y(k,1))^2)+4*((hbeta(w8,w9))^2)))));%Velocidade de downwash
induzida pelo vortice lateral imagem infinito
%-----
%-----
%Velocidade longitudinal induzida pelo vortice ferradura
        vlongmn1(j,1)=(-
1)*(1/(4*pi))* ((2*hbeta(w8,w9))/((4*(hbeta(w8,w9))^2)+((corda)^2)/4
)))*(((Y(j,1)-Y(i,1))/(sqrt(((Y(j,1)-
Y(i,1))^2)+4*((hbeta(w8,w9))^2)))))-((Y(j,1)-Y(k,1))/(sqrt(((Y(j,1)-
Y(k,1))^2)+4*((hbeta(w8,w9))^2)))));
        end
        vsmn1=vsAB1+vsAinfl+vsBinfl; %Velocidade de downwash induzida
pelo vortice ferradura real no ponto de controle do n-esimo painel
        vsimmn1=vsimAB1+vsimAinfl+vsimBinfl; %Velocidade de downwash
induzida pelo vortice ferradura imagem no ponto de controle do n-esimo
painel
        vstotm1=vsmn1+vsimmn1; %Velocidade de downwash total
        w1=1;
        for w=1:80 %Rearranjo das matrizes 80X40 para 40X40
            if vsAB1(w,1)~=0
                vsAB(w1,1)=vsAB1(w,1);
                vsAinf(w1,1)=vsAinfl(w,1);
                vsBinf(w1,1)=vsBinfl(w,1);
                vsmn(w1,1)=vsmn1(w,1);
                vsimAB(w1,1)=vsimAB1(w,1);
                vsimAinf(w1,1)=vsimAinfl(w,1);
                vsimBinf(w1,1)=vsimBinfl(w,1);
                vsimmn(w1,1)=vsimmn1(w,1);
                vstotm(w1,1)=vstotm1(w,1);
                vlongmn(w1,1)=vlongmn1(w,1);
                w1=w1+1
            end
        end
        end
        i=i+2,k=k+2;

```

```

end
for w2=1:6 %Cria a matriz que armazena o produto da velocidade de
escoamento pelo seno do angulo de ataque
    for w3=1:8
        VinfSalfa(w3,w2)=Salfa(w2)*V(w3);
    end
end
for w7=1:6
    vlongmnSalfa=vlongmn*Salfa(w7); %Cria a matriz que armazena o
produto da velocidade longitudinal induzida pelo seno do angulo de
ataque
    M_cte=vsotom+vlongmnSalfa; %Cria a matriz de constante
    for w4=1:40
        cte(w4)=(-1)*VinfSalfa(w8,w7); %Detrmina vetor 1X40 das
constantes
    end
    cte_transp=[cte]'; %Transforma o vetor das constantes em matriz
40X1
    circ=inv(M_cte)*cte_transp; %Calcula as circulacoes
    for w12=1:40 %Atribui valores a Matriz de circulação
        switch config_asa %Ajusta a configuração de asa a ser
calculada
            case 1 %Asa basica
                switch w11
                    case 1
                        M_circ1b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 2
                        M_circ2b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 3
                        M_circ3b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 4
                        M_circ4b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 5
                        M_circ5b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 6
                        M_circ6b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 7
                        M_circ7b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 8
                        M_circ8b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 9
                        M_circ9b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 10
                        M_circ10b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 11
                        M_circ11b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 12
                        M_circ12b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 13
                        M_circ13b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 14
                        M_circ14b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 15
                        M_circ15b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 16
                        M_circ16b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 17
                        M_circ17b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 18
                        M_circ18b(w12,w7)=circ(w12);
                    case 19

```

```

M_circ19b(w12,w7)=circ(w12);
case 20
M_circ20b(w12,w7)=circ(w12);
case 21
M_circ21b(w12,w7)=circ(w12);
case 22
M_circ22b(w12,w7)=circ(w12);
case 23
M_circ23b(w12,w7)=circ(w12);
case 24
M_circ24b(w12,w7)=circ(w12);
case 25
M_circ25b(w12,w7)=circ(w12);
case 26
M_circ26b(w12,w7)=circ(w12);
case 27
M_circ27b(w12,w7)=circ(w12);
case 28
M_circ28b(w12,w7)=circ(w12);
case 29
M_circ29b(w12,w7)=circ(w12);
case 30
M_circ30b(w12,w7)=circ(w12);
case 31
M_circ31b(w12,w7)=circ(w12);
case 32
M_circ32b(w12,w7)=circ(w12);
case 33
M_circ33b(w12,w7)=circ(w12);
case 34
M_circ34b(w12,w7)=circ(w12);
case 35
M_circ35b(w12,w7)=circ(w12);
case 36
M_circ36b(w12,w7)=circ(w12);
case 37
M_circ37b(w12,w7)=circ(w12);
case 38
M_circ38b(w12,w7)=circ(w12);
case 39
M_circ39b(w12,w7)=circ(w12);
case 40
M_circ40b(w12,w7)=circ(w12);
case 41
M_circ41b(w12,w7)=circ(w12);
case 42
M_circ42b(w12,w7)=circ(w12);
case 43
M_circ43b(w12,w7)=circ(w12);
case 44
M_circ44b(w12,w7)=circ(w12);
case 45
M_circ45b(w12,w7)=circ(w12);
case 46
M_circ46b(w12,w7)=circ(w12);
case 47
M_circ47b(w12,w7)=circ(w12);
case 48
M_circ48b(w12,w7)=circ(w12);
case 49
M_circ49b(w12,w7)=circ(w12);

```

```

case 50
    M_circ50b(w12,w7)=circ(w12);
case 51
    M_circ51b(w12,w7)=circ(w12);
case 52
    M_circ52b(w12,w7)=circ(w12);
case 53
    M_circ53b(w12,w7)=circ(w12);
case 54
    M_circ54b(w12,w7)=circ(w12);
case 55
    M_circ55b(w12,w7)=circ(w12);
case 56
    M_circ56b(w12,w7)=circ(w12);
case 57
    M_circ57b(w12,w7)=circ(w12);
case 58
    M_circ58b(w12,w7)=circ(w12);
case 59
    M_circ59b(w12,w7)=circ(w12);
case 60
    M_circ60b(w12,w7)=circ(w12);
case 61
    M_circ61b(w12,w7)=circ(w12);
case 62
    M_circ62b(w12,w7)=circ(w12);
case 63
    M_circ63b(w12,w7)=circ(w12);
case 64
    M_circ64b(w12,w7)=circ(w12);
end
case 2 %Asa basica +1/4
    switch w11
        case 1
            M_circ1b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 2
            M_circ2b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 3
            M_circ3b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 4
            M_circ4b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 5
            M_circ5b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 6
            M_circ6b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 7
            M_circ7b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 8
            M_circ8b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 9
            M_circ9b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 10
            M_circ10b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 11
            M_circ11b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 12
            M_circ12b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 13
            M_circ13b14(w12,w7)=circ(w12);
        case 14
            M_circ14b14(w12,w7)=circ(w12);
    end
end

```

```

case 15
  M_circ15b14(w12,w7)=circ(w12);
case 16
  M_circ16b14(w12,w7)=circ(w12);
case 17
  M_circ17b14(w12,w7)=circ(w12);
case 18
  M_circ18b14(w12,w7)=circ(w12);
case 19
  M_circ19b14(w12,w7)=circ(w12);
case 20
  M_circ20b14(w12,w7)=circ(w12);
case 21
  M_circ21b14(w12,w7)=circ(w12);
case 22
  M_circ22b14(w12,w7)=circ(w12);
case 23
  M_circ23b14(w12,w7)=circ(w12);
case 24
  M_circ24b14(w12,w7)=circ(w12);
case 25
  M_circ25b14(w12,w7)=circ(w12);
case 26
  M_circ26b14(w12,w7)=circ(w12);
case 27
  M_circ27b14(w12,w7)=circ(w12);
case 28
  M_circ28b14(w12,w7)=circ(w12);
case 29
  M_circ29b14(w12,w7)=circ(w12);
case 30
  M_circ30b14(w12,w7)=circ(w12);
case 31
  M_circ31b14(w12,w7)=circ(w12);
case 32
  M_circ32b14(w12,w7)=circ(w12);
case 33
  M_circ33b14(w12,w7)=circ(w12);
case 34
  M_circ34b14(w12,w7)=circ(w12);
case 35
  M_circ35b14(w12,w7)=circ(w12);
case 36
  M_circ36b14(w12,w7)=circ(w12);
case 37
  M_circ37b14(w12,w7)=circ(w12);
case 38
  M_circ38b14(w12,w7)=circ(w12);
case 39
  M_circ39b14(w12,w7)=circ(w12);
case 40
  M_circ40b14(w12,w7)=circ(w12);
case 41
  M_circ41b14(w12,w7)=circ(w12);
case 42
  M_circ42b14(w12,w7)=circ(w12);
case 43
  M_circ43b14(w12,w7)=circ(w12);
case 44
  M_circ44b14(w12,w7)=circ(w12);
case 45

```

```

        M_circ45b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 46
        M_circ46b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 47
        M_circ47b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 48
        M_circ48b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 49
        M_circ49b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 50
        M_circ50b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 51
        M_circ51b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 52
        M_circ52b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 53
        M_circ53b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 54
        M_circ54b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 55
        M_circ55b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 56
        M_circ56b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 57
        M_circ57b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 58
        M_circ58b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 59
        M_circ59b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 60
        M_circ60b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 61
        M_circ61b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 62
        M_circ62b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 63
        M_circ63b14(w12,w7)=circ(w12);
    case 64
        M_circ64b14(w12,w7)=circ(w12);
    end
case 3 %Asa basica +1/2
    switch w11
        case 1
            M_circ1b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 2
            M_circ2b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 3
            M_circ3b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 4
            M_circ4b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 5
            M_circ5b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 6
            M_circ6b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 7
            M_circ7b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 8
            M_circ8b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 9
            M_circ9b12(w12,w7)=circ(w12);
        case 10

```

```

M_circ10b12(w12,w7)=circ(w12);
case 11
M_circ11b12(w12,w7)=circ(w12);
case 12
M_circ12b12(w12,w7)=circ(w12);
case 13
M_circ13b12(w12,w7)=circ(w12);
case 14
M_circ14b12(w12,w7)=circ(w12);
case 15
M_circ15b12(w12,w7)=circ(w12);
case 16
M_circ16b12(w12,w7)=circ(w12);
case 17
M_circ17b12(w12,w7)=circ(w12);
case 18
M_circ18b12(w12,w7)=circ(w12);
case 19
M_circ19b12(w12,w7)=circ(w12);
case 20
M_circ20b12(w12,w7)=circ(w12);
case 21
M_circ21b12(w12,w7)=circ(w12);
case 22
M_circ22b12(w12,w7)=circ(w12);
case 23
M_circ23b12(w12,w7)=circ(w12);
case 24
M_circ24b12(w12,w7)=circ(w12);
case 25
M_circ25b12(w12,w7)=circ(w12);
case 26
M_circ26b12(w12,w7)=circ(w12);
case 27
M_circ27b12(w12,w7)=circ(w12);
case 28
M_circ28b12(w12,w7)=circ(w12);
case 29
M_circ29b12(w12,w7)=circ(w12);
case 30
M_circ30b12(w12,w7)=circ(w12);
case 31
M_circ31b12(w12,w7)=circ(w12);
case 32
M_circ32b12(w12,w7)=circ(w12);
case 33
M_circ33b12(w12,w7)=circ(w12);
case 34
M_circ34b12(w12,w7)=circ(w12);
case 35
M_circ35b12(w12,w7)=circ(w12);
case 36
M_circ36b12(w12,w7)=circ(w12);
case 37
M_circ37b12(w12,w7)=circ(w12);
case 38
M_circ38b12(w12,w7)=circ(w12);
case 39
M_circ39b12(w12,w7)=circ(w12);
case 40
M_circ40b12(w12,w7)=circ(w12);

```

```

case 41
    M_circ41b12(w12,w7)=circ(w12);
case 42
    M_circ42b12(w12,w7)=circ(w12);
case 43
    M_circ43b12(w12,w7)=circ(w12);
case 44
    M_circ44b12(w12,w7)=circ(w12);
case 45
    M_circ45b12(w12,w7)=circ(w12);
case 46
    M_circ46b12(w12,w7)=circ(w12);
case 47
    M_circ47b12(w12,w7)=circ(w12);
case 48
    M_circ48b12(w12,w7)=circ(w12);
case 49
    M_circ49b12(w12,w7)=circ(w12);
case 50
    M_circ50b12(w12,w7)=circ(w12);
case 51
    M_circ51b12(w12,w7)=circ(w12);
case 52
    M_circ52b12(w12,w7)=circ(w12);
case 53
    M_circ53b12(w12,w7)=circ(w12);
case 54
    M_circ54b12(w12,w7)=circ(w12);
case 55
    M_circ55b12(w12,w7)=circ(w12);
case 56
    M_circ56b12(w12,w7)=circ(w12);
case 57
    M_circ57b12(w12,w7)=circ(w12);
case 58
    M_circ58b12(w12,w7)=circ(w12);
case 59
    M_circ59b12(w12,w7)=circ(w12);
case 60
    M_circ60b12(w12,w7)=circ(w12);
case 61
    M_circ61b12(w12,w7)=circ(w12);
case 62
    M_circ62b12(w12,w7)=circ(w12);
case 63
    M_circ63b12(w12,w7)=circ(w12);
case 64
    M_circ64b12(w12,w7)=circ(w12);

end

end
end
w6=2
for w5=1:40
    ym(w5)=y(w6); %Cria um vetor de pontos de controle 1X40
    w6=w6+2;
end
ym_transp=[ym]'; %%Transforma o vetor de ponto de controle em
matriz 40X1
hold on
estilo_linha1=["y","m","c","r","g","b"];
estilo_linha2=["y--","m--","c--","r--","g--","b--"];

```



```

estilo_linha3=["y-.", "m-.", "c-.", "r-.", "g-.", "b-."];
switch config_asa
    case 1
        plot(ym_transp,circ,estilo_linha1(w7))
    case 2
        plot(ym_transp,circ,estilo_linha2(w7))
    case 3
        plot(ym_transp,circ,estilo_linha3(w7))
end
legend('Alfa=2','Alfa=4','Alfa=6','Alfa=8','Alfa=10','Alfa=12'),
xlabel('Ponto de controle ym (m)'),ylabel('Circulação'),grid on,
switch w11 %Atribui um titulo a figura
    case 1
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=0,25 m')
    case 2
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=0,25 m')
    case 3
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=0,25 m')
    case 4
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=0,25 m')
    case 5
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=0,25 m')
    case 6
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=0,25 m')
    case 7
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=0,25 m')
    case 8
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=0,25 m')
%-----
    case 9
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=0,50 m')
    case 10
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=0,50 m')
    case 11
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=0,50 m')
    case 12
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=0,50 m')
    case 13
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=0,50 m')
    case 14
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=0,50 m')
    case 15
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=0,50 m')
    case 16
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=0,50 m')

```

```

%-----
case 17
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=0,75 m')
case 18
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=0,75 m')
case 19
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=0,75 m')
case 20
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=0,75 m')
case 21
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=0,75 m')
case 22
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=0,75 m')
case 23
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=0,75 m')
case 24
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=0,75 m')
%-----
-
case 25
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=1,00 m')
case 26
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=1,00 m')
case 27
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=1,00 m')
case 28
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=1,00 m')
case 29
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=1,00 m')
case 30
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=1,00 m')
case 31
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=1,00 m')
case 32
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=1,00 m')
%-----
case 33
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=1,25 m')
case 34
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=1,25 m')
case 35
title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=1,25 m')

```

```

    case 36
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=1,25 m')
    case 37
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=1,25 m')
    case 38
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=1,25 m')
    case 39
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=1,25 m')
    case 40
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=1,25 m')
%-----
    case 41
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=1,50 m')
    case 42
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=1,50 m')
    case 43
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=1,50 m')
    case 44
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=1,50 m')
    case 45
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=1,50 m')
    case 46
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=1,50 m')
    case 47
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=1,50 m')
    case 48
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=1,50 m')
%-----
    case 49
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=1,75 m')
    case 50
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=1,75 m')
    case 51
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=1,75 m')
    case 52
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=1,75 m')
    case 53
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=1,75 m')
    case 54
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=1,75 m')
    case 55

```

```

        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=1,75 m')
    case 56
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=1,75 m')
    %-----
    case 57
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=21,09 m/s - h=2,00 m')
    case 58
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=26,07 m/s - h=2,00 m')
    case 59
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=31,01 m/s - h=2,00 m')
    case 60
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=35,97 m/s - h=2,00 m')
    case 61
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=40,93 m/s - h=2,00 m')
    case 62
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=45,89 m/s - h=2,00 m')
    case 63
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=50,85 m/s - h=2,00 m')
    case 64
        title('Circulação Asas Básica, Básica+1/4b,
Básica+1/2b - V=55,78 m/s - h=2,00 m')
end
axis on,axis xy
end
switch config_asa
    case 1
        for w16=1:40 %Determina o somatorio de todas as velocidades
longitudinais no painel
            for w17=1:40

sigmavlongB(w16,w11)=sigmavlongB(w16,w11)+vlongmn(w16,w17);
                end
            end
        case 2
            for w16=1:40 %Determina o somatorio de todas as velocidades
longitudinais no painel
                for w17=1:40

sigmavlongB14(w16,w11)=sigmavlongB14(w16,w11)+vlongmn(w16,w17);
                    end
                end
            case 3
                for w16=1:40 %Determina o somatorio de todas as velocidades
longitudinais no painel
                    for w17=1:40

sigmavlongB12(w16,w11)=sigmavlongB12(w16,w11)+vlongmn(w16,w17);
                        end
                    end
                end
            w11=w11+1;
        end
end

```

```

end

switch config_asa
    case 1
        sigmavlong=sigmavlongB;
    case 2
        sigmavlong=sigmavlongB14;
    case 3
        sigmavlong=sigmavlongB12;
end

    for w18=1:64
        for w19=1:40
            if w18<9
                Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(1);
            else
                if 8<w18 && w18<17
                    Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(2);
                else
                    if 16<w18 && w18<25
                        Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(3);
                    else
                        if 24<w18 && w18<33
                            Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(4);
                        else
                            if 32<w18 && w18<41
                                Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(5);
                            else
                                if 40<w18 && w18<49
                                    Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(6);
                                else
                                    if 48<w18 && w18<57
                                        Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(7);
                                    else
                                        if w18>56
                                            Vm(w19,w18)=sigmavlong(w19,w18)+V(8);
                                        end
                                    end
                                end
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

```

switch config_asa %Gera uma planilha Excel contendo a matriz
circulação para cada configuração de asa
    case 1 %Asa basica
        xlswrite('sigmavlongB',sigmavlongB,'Sheet1','A5')
        xlswrite('VmB',Vm,'Sheet1','A5')
        xlswrite('M_circ1b.xlsx',M_circ1b,'Sheet1','A5')
        xlswrite('M_circ2b.xlsx',M_circ2b,'Sheet1','A5')
    end
end

```



```

xlswrite('M_circ64b.xlsx',M_circ64b,'Sheet1','A5')
case 2 %Asa basica +1/4
xlswrite('sigmavlongB14',sigmavlongB14,'Sheet1','A5')
xlswrite('VmB14',Vm,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ1b14.xlsx',M_circ1b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ2b14.xlsx',M_circ2b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ3b14.xlsx',M_circ3b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ4b14.xlsx',M_circ4b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ5b14.xlsx',M_circ5b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ6b14.xlsx',M_circ6b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ7b14.xlsx',M_circ7b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ8b14.xlsx',M_circ8b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ9b14.xlsx',M_circ9b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ10b14.xlsx',M_circ10b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ11b14.xlsx',M_circ11b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ12b14.xlsx',M_circ12b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ13b14.xlsx',M_circ13b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ14b14.xlsx',M_circ14b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ15b14.xlsx',M_circ15b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ16b14.xlsx',M_circ16b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ17b14.xlsx',M_circ17b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ18b14.xlsx',M_circ18b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ19b14.xlsx',M_circ19b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ20b14.xlsx',M_circ20b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ21b14.xlsx',M_circ21b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ22b14.xlsx',M_circ22b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ23b14.xlsx',M_circ23b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ24b14.xlsx',M_circ24b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ25b14.xlsx',M_circ25b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ26b14.xlsx',M_circ26b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ27b14.xlsx',M_circ27b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ28b14.xlsx',M_circ28b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ29b14.xlsx',M_circ29b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ30b14.xlsx',M_circ30b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ31b14.xlsx',M_circ31b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ32b14.xlsx',M_circ32b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ33b14.xlsx',M_circ33b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ34b14.xlsx',M_circ34b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ35b14.xlsx',M_circ35b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ36b14.xlsx',M_circ36b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ37b14.xlsx',M_circ37b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ38b14.xlsx',M_circ38b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ39b14.xlsx',M_circ39b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ40b14.xlsx',M_circ40b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ41b14.xlsx',M_circ41b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ42b14.xlsx',M_circ42b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ43b14.xlsx',M_circ43b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ44b14.xlsx',M_circ44b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ45b14.xlsx',M_circ45b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ46b14.xlsx',M_circ46b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ47b14.xlsx',M_circ47b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ48b14.xlsx',M_circ48b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ49b14.xlsx',M_circ49b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ50b14.xlsx',M_circ50b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ51b14.xlsx',M_circ51b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ52b14.xlsx',M_circ52b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ53b14.xlsx',M_circ53b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ54b14.xlsx',M_circ54b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ55b14.xlsx',M_circ55b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ56b14.xlsx',M_circ56b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ57b14.xlsx',M_circ57b14,'Sheet1','A5')

```

```

xlswrite('M_circ58b14.xlsx',M_circ58b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ59b14.xlsx',M_circ59b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ60b14.xlsx',M_circ60b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ61b14.xlsx',M_circ61b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ62b14.xlsx',M_circ62b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ63b14.xlsx',M_circ63b14,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ64b14.xlsx',M_circ64b14,'Sheet1','A5')
case 3 %Asa basica +1/2
xlswrite('sigmavlongB12',sigmavlongB12,'Sheet1','A5')
xlswrite('VmB12',Vm,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ1b12.xlsx',M_circ1b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ2b12.xlsx',M_circ2b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ3b12.xlsx',M_circ3b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ4b12.xlsx',M_circ4b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ5b12.xlsx',M_circ5b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ6b12.xlsx',M_circ6b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ7b12.xlsx',M_circ7b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ8b12.xlsx',M_circ8b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ9b12.xlsx',M_circ9b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ10b12.xlsx',M_circ10b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ11b12.xlsx',M_circ11b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ12b12.xlsx',M_circ12b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ13b12.xlsx',M_circ13b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ14b12.xlsx',M_circ14b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ15b12.xlsx',M_circ15b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ16b12.xlsx',M_circ16b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ17b12.xlsx',M_circ17b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ18b12.xlsx',M_circ18b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ19b12.xlsx',M_circ19b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ20b12.xlsx',M_circ20b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ21b12.xlsx',M_circ21b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ22b12.xlsx',M_circ22b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ23b12.xlsx',M_circ23b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ24b12.xlsx',M_circ24b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ25b12.xlsx',M_circ25b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ26b12.xlsx',M_circ26b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ27b12.xlsx',M_circ27b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ28b12.xlsx',M_circ28b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ29b12.xlsx',M_circ29b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ30b12.xlsx',M_circ30b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ31b12.xlsx',M_circ31b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ32b12.xlsx',M_circ32b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ33b12.xlsx',M_circ33b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ34b12.xlsx',M_circ34b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ35b12.xlsx',M_circ35b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ36b12.xlsx',M_circ36b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ37b12.xlsx',M_circ37b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ38b12.xlsx',M_circ38b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ39b12.xlsx',M_circ39b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ40b12.xlsx',M_circ40b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ41b12.xlsx',M_circ41b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ42b12.xlsx',M_circ42b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ43b12.xlsx',M_circ43b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ44b12.xlsx',M_circ44b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ45b12.xlsx',M_circ45b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ46b12.xlsx',M_circ46b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ47b12.xlsx',M_circ47b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ48b12.xlsx',M_circ48b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ49b12.xlsx',M_circ49b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ50b12.xlsx',M_circ50b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ51b12.xlsx',M_circ51b12,'Sheet1','A5')

```



```

xlswrite('M_circ52b12.xlsx',M_circ52b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ53b12.xlsx',M_circ53b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ54b12.xlsx',M_circ54b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ55b12.xlsx',M_circ55b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ56b12.xlsx',M_circ56b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ57b12.xlsx',M_circ57b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ58b12.xlsx',M_circ58b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ59b12.xlsx',M_circ59b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ60b12.xlsx',M_circ60b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ61b12.xlsx',M_circ61b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ62b12.xlsx',M_circ62b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ63b12.xlsx',M_circ63b12,'Sheet1','A5')
xlswrite('M_circ64b12.xlsx',M_circ64b12,'Sheet1','A5')

end
%-----
%-----
%Inicio do calculo da sustentação e coeficiente de sustentação
switch config_asa
    case 1
        for o1=1:6 %Determina a sustentação dos paineis da asa basica V=21,09
            - 55,78 m/s e h=0,25 m
                for o2=1:40
                    Lp2125_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ1b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
                    Lp2625_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ2b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
                    Lp3125_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ3b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
                    Lp3525_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ4b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
                    Lp4025_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ5b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
                    Lp4525_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ6b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
                    Lp5025_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ7b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
                    Lp5525_B(o2,o1)=roh(1)*M_circ8b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
                    %-----
                    Lp2150_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ9b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
                    Lp2650_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ10b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
                    Lp3150_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ11b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
                    Lp3550_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ12b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
                    Lp4050_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ13b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
                    Lp4550_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ14b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
                    Lp5050_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ15b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
                    Lp5550_B(o2,o1)=roh(2)*M_circ16b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
                    %-----
                    Lp2175_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ17b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
                    Lp2675_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ18b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
                    Lp3175_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ19b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
                    Lp3575_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ20b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
                    Lp4075_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ21b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
                    Lp4575_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ22b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
                    Lp5075_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ23b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
                    Lp5575_B(o2,o1)=roh(3)*M_circ24b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
                    %-----
                    Lp21100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ25b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
                    Lp26100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ26b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
                    Lp31100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ27b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
                    Lp35100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ28b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
                    Lp40100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ29b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
                    Lp45100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ30b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
                    Lp50100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ31b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
                    Lp55100_B(o2,o1)=roh(4)*M_circ32b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
                    %-----
                    Lp21125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ33b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
                    Lp26125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ34b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
                    Lp31125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ35b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);

```

```

Lp35125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ36b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
Lp40125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ37b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
Lp45125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ38b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
Lp50125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ39b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
Lp55125_B(o2,o1)=roh(5)*M_circ40b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
%-----
Lp21150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ41b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
Lp26150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ42b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
Lp31150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ43b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
Lp35150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ44b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
Lp40150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ45b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
Lp45150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ46b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
Lp50150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ47b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
Lp55150_B(o2,o1)=roh(6)*M_circ48b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
%-----
Lp21175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ49b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
Lp26175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ50b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
Lp31175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ51b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
Lp35175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ52b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
Lp40175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ53b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
Lp45175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ54b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
Lp50175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ55b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
Lp55175_B(o2,o1)=roh(7)*M_circ56b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
%-----
Lp21200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ57b(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB(o2,1);
Lp26200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ58b(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB(o2,2);
Lp31200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ59b(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB(o2,3);
Lp35200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ60b(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB(o2,4);
Lp40200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ61b(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB(o2,5);
Lp45200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ62b(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB(o2,6);
Lp50200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ63b(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB(o2,7);
Lp55200_B(o2,o1)=roh(8)*M_circ64b(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB(o2,8);
%-----
end
end
xlswrite('Lp2125_B.xlsx',Lp2125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2625_B.xlsx',Lp2625_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3125_B.xlsx',Lp3125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3525_B.xlsx',Lp3525_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4025_B.xlsx',Lp4025_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4525_B.xlsx',Lp4525_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5025_B.xlsx',Lp5025_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5525_B.xlsx',Lp5525_B,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp2150_B.xlsx',Lp2150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2650_B.xlsx',Lp2650_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3150_B.xlsx',Lp3150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3550_B.xlsx',Lp3550_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4050_B.xlsx',Lp4050_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4550_B.xlsx',Lp4550_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5050_B.xlsx',Lp5050_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5550_B.xlsx',Lp5550_B,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp2175_B.xlsx',Lp2175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2675_B.xlsx',Lp2675_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3175_B.xlsx',Lp3175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3575_B.xlsx',Lp3575_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4075_B.xlsx',Lp4075_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4575_B.xlsx',Lp4575_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5075_B.xlsx',Lp5075_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5575_B.xlsx',Lp5575_B,'Sheet1','A5');

```

```

%-----
xlswrite('Lp21100_B.xlsx',Lp21100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26100_B.xlsx',Lp26100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31100_B.xlsx',Lp31100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35100_B.xlsx',Lp35100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40100_B.xlsx',Lp40100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45100_B.xlsx',Lp45100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50100_B.xlsx',Lp50100_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55100_B.xlsx',Lp55100_B,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21125_B.xlsx',Lp21125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26125_B.xlsx',Lp26125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31125_B.xlsx',Lp31125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35125_B.xlsx',Lp35125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40125_B.xlsx',Lp40125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45125_B.xlsx',Lp45125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50125_B.xlsx',Lp50125_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55125_B.xlsx',Lp55125_B,'Sheet1','A5');
%-----
-----
xlswrite('Lp21150_B.xlsx',Lp21150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26150_B.xlsx',Lp26150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31150_B.xlsx',Lp31150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35150_B.xlsx',Lp35150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40150_B.xlsx',Lp40150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45150_B.xlsx',Lp45150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50150_B.xlsx',Lp50150_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55150_B.xlsx',Lp55150_B,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21175_B.xlsx',Lp21175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26175_B.xlsx',Lp26175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31175_B.xlsx',Lp31175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35175_B.xlsx',Lp35175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40175_B.xlsx',Lp40175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45175_B.xlsx',Lp45175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50175_B.xlsx',Lp50175_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55175_B.xlsx',Lp55175_B,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21200_B.xlsx',Lp21200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26200_B.xlsx',Lp26200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31200_B.xlsx',Lp31200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35200_B.xlsx',Lp35200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40200_B.xlsx',Lp40200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45200_B.xlsx',Lp45200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50200_B.xlsx',Lp50200_B,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55200_B.xlsx',Lp55200_B,'Sheet1','A5');
%-----
%-----
L2125_B=sum(Lp2125_B);
L2150_B=sum(Lp2150_B);
L2175_B=sum(Lp2175_B);
L21100_B=sum(Lp21100_B);
L21125_B=sum(Lp21125_B);
L21150_B=sum(Lp21150_B);
L21175_B=sum(Lp21175_B);
L21200_B=sum(Lp21200_B);
%-----
M_L21B=[L2125_B;L2150_B;L2175_B;L21100_B;L21125_B;L21150_B;L21175_B;L21200_B];
%-----
CL2125_B=L2125_B/(0.5*roh(1)*(V(1)^2)*S(1));

```

```

CL2150_B=L2150_B/(0.5*roh(2)*(V(1)^2)*S(1));
CL2175_B=L2175_B/(0.5*roh(3)*(V(1)^2)*S(1));
CL21100_B=L21100_B/(0.5*roh(4)*(V(1)^2)*S(1));
CL21125_B=L21125_B/(0.5*roh(5)*(V(1)^2)*S(1));
CL21150_B=L21150_B/(0.5*roh(6)*(V(1)^2)*S(1));
CL21175_B=L21175_B/(0.5*roh(7)*(V(1)^2)*S(1));
CL21200_B=L21200_B/(0.5*roh(8)*(V(1)^2)*S(1));
%-----
M_CL21B=[CL2125_B;CL2150_B;CL2175_B;CL21100_B;CL21125_B;CL21150_B;CL21
175_B;CL21200_B];
%-----
L2625_B=sum(Lp2625_B);
L2650_B=sum(Lp2650_B);
L2675_B=sum(Lp2675_B);
L26100_B=sum(Lp26100_B);
L26125_B=sum(Lp26125_B);
L26150_B=sum(Lp26150_B);
L26175_B=sum(Lp26175_B);
L26200_B=sum(Lp26200_B);
%-----
M_L26B=[L2625_B;L2650_B;L2675_B;L26100_B;L26125_B;L26150_B;L26175_B;L2
6200_B];
%-----
CL2625_B=L2625_B/(0.5*roh(1)*(V(2)^2)*S(1));
CL2650_B=L2650_B/(0.5*roh(2)*(V(2)^2)*S(1));
CL2675_B=L2675_B/(0.5*roh(3)*(V(2)^2)*S(1));
CL26100_B=L26100_B/(0.5*roh(4)*(V(2)^2)*S(1));
CL26125_B=L26125_B/(0.5*roh(5)*(V(2)^2)*S(1));
CL26150_B=L26150_B/(0.5*roh(6)*(V(2)^2)*S(1));
CL26175_B=L26175_B/(0.5*roh(7)*(V(2)^2)*S(1));
CL26200_B=L26200_B/(0.5*roh(8)*(V(2)^2)*S(1));
%-----
M_CL26B=[CL2625_B;CL2650_B;CL2675_B;CL26100_B;CL26125_B;CL26150_B;CL26
175_B;CL26200_B];
%-----
L3125_B=sum(Lp3125_B);
L3150_B=sum(Lp3150_B);
L3175_B=sum(Lp3175_B);
L31100_B=sum(Lp31100_B);
L31125_B=sum(Lp31125_B);
L31150_B=sum(Lp31150_B);
L31175_B=sum(Lp31175_B);
L31200_B=sum(Lp31200_B);
%-----
M_L31B=[L3125_B;L3150_B;L3175_B;L31100_B;L31125_B;L31150_B;L31175_B;L3
1200_B];
%-----
CL3125_B=L3125_B/(0.5*roh(1)*(V(3)^2)*S(1));
CL3150_B=L3150_B/(0.5*roh(2)*(V(3)^2)*S(1));
CL3175_B=L3175_B/(0.5*roh(3)*(V(3)^2)*S(1));
CL31100_B=L31100_B/(0.5*roh(4)*(V(3)^2)*S(1));
CL31125_B=L31125_B/(0.5*roh(5)*(V(3)^2)*S(1));
CL31150_B=L31150_B/(0.5*roh(6)*(V(3)^2)*S(1));
CL31175_B=L31175_B/(0.5*roh(7)*(V(3)^2)*S(1));
CL31200_B=L31200_B/(0.5*roh(8)*(V(3)^2)*S(1));
%-----
M_CL31B=[CL3125_B;CL3150_B;CL3175_B;CL31100_B;CL31125_B;CL31150_B;CL31
175_B;CL31200_B];
%-----
L3525_B=sum(Lp3525_B);
L3550_B=sum(Lp3550_B);

```

```

L3575_B=sum(Lp3575_B);
L35100_B=sum(Lp35100_B);
L35125_B=sum(Lp35125_B);
L35150_B=sum(Lp35150_B);
L35175_B=sum(Lp35175_B);
L35200_B=sum(Lp35200_B);
%-----
M_L35B=[L3525_B;L3550_B;L3575_B;L35100_B;L35125_B;L35150_B;L35175_B;L3
5200_B];
%-----
CL3525_B=L3525_B/(0.5*roh(1)*(V(4)^2)*S(1));
CL3550_B=L3550_B/(0.5*roh(2)*(V(4)^2)*S(1));
CL3575_B=L3575_B/(0.5*roh(3)*(V(4)^2)*S(1));
CL35100_B=L35100_B/(0.5*roh(4)*(V(4)^2)*S(1));
CL35125_B=L35125_B/(0.5*roh(5)*(V(4)^2)*S(1));
CL35150_B=L35150_B/(0.5*roh(6)*(V(4)^2)*S(1));
CL35175_B=L35175_B/(0.5*roh(7)*(V(4)^2)*S(1));
CL35200_B=L35200_B/(0.5*roh(8)*(V(4)^2)*S(1));
%-----
M_CL35B=[CL3525_B;CL3550_B;CL3575_B;CL35100_B;CL35125_B;CL35150_B;CL35
175_B;CL35200_B];
%-----
L4025_B=sum(Lp4025_B);
L4050_B=sum(Lp4050_B);
L4075_B=sum(Lp4075_B);
L40100_B=sum(Lp40100_B);
L40125_B=sum(Lp40125_B);
L40150_B=sum(Lp40150_B);
L40175_B=sum(Lp40175_B);
L40200_B=sum(Lp40200_B);
%-----
M_L40B=[L4025_B;L4050_B;L4075_B;L40100_B;L40125_B;L40150_B;L40175_B;L4
0200_B];
%-----
CL4025_B=L4025_B/(0.5*roh(1)*(V(5)^2)*S(1));
CL4050_B=L4050_B/(0.5*roh(2)*(V(5)^2)*S(1));
CL4075_B=L4075_B/(0.5*roh(3)*(V(5)^2)*S(1));
CL40100_B=L40100_B/(0.5*roh(4)*(V(5)^2)*S(1));
CL40125_B=L40125_B/(0.5*roh(5)*(V(5)^2)*S(1));
CL40150_B=L40150_B/(0.5*roh(6)*(V(5)^2)*S(1));
CL40175_B=L40175_B/(0.5*roh(7)*(V(5)^2)*S(1));
CL40200_B=L40200_B/(0.5*roh(8)*(V(5)^2)*S(1));
%-----
M_CL40B=[CL4025_B;CL4050_B;CL4075_B;CL40100_B;CL40125_B;CL40150_B;CL40
175_B;CL40200_B];
%-----
L4525_B=sum(Lp4525_B);
L4550_B=sum(Lp4550_B);
L4575_B=sum(Lp4575_B);
L45100_B=sum(Lp45100_B);
L45125_B=sum(Lp45125_B);
L45150_B=sum(Lp45150_B);
L45175_B=sum(Lp45175_B);
L45200_B=sum(Lp45200_B);
%-----
M_L45B=[L4525_B;L4550_B;L4575_B;L45100_B;L45125_B;L45150_B;L45175_B;L4
5200_B];
%-----
CL4525_B=L4525_B/(0.5*roh(1)*(V(6)^2)*S(1));
CL4550_B=L4550_B/(0.5*roh(2)*(V(6)^2)*S(1));
CL4575_B=L4575_B/(0.5*roh(3)*(V(6)^2)*S(1));

```

```

CL45100_B=L45100_B/(0.5*roh(4)*(V(6)^2)*S(1));
CL45125_B=L45125_B/(0.5*roh(5)*(V(6)^2)*S(1));
CL45150_B=L45150_B/(0.5*roh(6)*(V(6)^2)*S(1));
CL45175_B=L45175_B/(0.5*roh(7)*(V(6)^2)*S(1));
CL45200_B=L45200_B/(0.5*roh(8)*(V(6)^2)*S(1));
%-----
M_CL45B=[CL4525_B;CL4550_B;CL4575_B;CL45100_B;CL45125_B;CL45150_B;CL45175_B;CL45200_B];
%-----
L5025_B=sum(Lp5025_B);
L5050_B=sum(Lp5050_B);
L5075_B=sum(Lp5075_B);
L50100_B=sum(Lp50100_B);
L50125_B=sum(Lp50125_B);
L50150_B=sum(Lp50150_B);
L50175_B=sum(Lp50175_B);
L50200_B=sum(Lp50200_B);
%-----
M_L50B=[L5025_B;L5050_B;L5075_B;L50100_B;L50125_B;L50150_B;L50175_B;L50200_B];
%-----
CL5025_B=L5025_B/(0.5*roh(1)*(V(7)^2)*S(1));
CL5050_B=L5050_B/(0.5*roh(2)*(V(7)^2)*S(1));
CL5075_B=L5075_B/(0.5*roh(3)*(V(7)^2)*S(1));
CL50100_B=L50100_B/(0.5*roh(4)*(V(7)^2)*S(1));
CL50125_B=L50125_B/(0.5*roh(5)*(V(7)^2)*S(1));
CL50150_B=L50150_B/(0.5*roh(6)*(V(7)^2)*S(1));
CL50175_B=L50175_B/(0.5*roh(7)*(V(7)^2)*S(1));
CL50200_B=L50200_B/(0.5*roh(8)*(V(7)^2)*S(1));
%-----
M_CL50B=[CL5025_B;CL5050_B;CL5075_B;CL50100_B;CL50125_B;CL50150_B;CL50175_B;CL50200_B];
%-----
L5525_B=sum(Lp5525_B);
L5550_B=sum(Lp5550_B);
L5575_B=sum(Lp5575_B);
L55100_B=sum(Lp55100_B);
L55125_B=sum(Lp55125_B);
L55150_B=sum(Lp55150_B);
L55175_B=sum(Lp55175_B);
L55200_B=sum(Lp55200_B);
%-----
M_L55B=[L5525_B;L5550_B;L5575_B;L55100_B;L55125_B;L55150_B;L55175_B;L55200_B];
%-----
CL5525_B=L5525_B/(0.5*roh(1)*(V(8)^2)*S(1));
CL5550_B=L5550_B/(0.5*roh(2)*(V(8)^2)*S(1));
CL5575_B=L5575_B/(0.5*roh(3)*(V(8)^2)*S(1));
CL55100_B=L55100_B/(0.5*roh(4)*(V(8)^2)*S(1));
CL55125_B=L55125_B/(0.5*roh(5)*(V(8)^2)*S(1));
CL55150_B=L55150_B/(0.5*roh(6)*(V(8)^2)*S(1));
CL55175_B=L55175_B/(0.5*roh(7)*(V(8)^2)*S(1));
CL55200_B=L55200_B/(0.5*roh(8)*(V(8)^2)*S(1));
%-----
M_CL55B=[CL5525_B;CL5550_B;CL5575_B;CL55100_B;CL55125_B;CL55150_B;CL55175_B;CL55200_B];
%-----
xlswrite('M_L21B.xlsx',M_L21B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L26B.xlsx',M_L26B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L31B.xlsx',M_L31B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L35B.xlsx',M_L35B,'Sheet1','A5');

```

```

xlswrite('M_L40B.xlsx',M_L40B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L45B.xlsx',M_L45B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L50B.xlsx',M_L50B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L55B.xlsx',M_L55B,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('M_CL21B.xlsx',M_CL21B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL26B.xlsx',M_CL26B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL31B.xlsx',M_CL31B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL35B.xlsx',M_CL35B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL40B.xlsx',M_CL40B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL45B.xlsx',M_CL45B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL50B.xlsx',M_CL50B,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL55B.xlsx',M_CL55B,'Sheet1','A5');
%-----
%-----
%-----
case 2
    for o1=1:6 %Determina a sustentação dos painéis da asa
        básica+1/4 V=21,09 - 55,78 m/s e h=0,25 m
            for o2=1:40
                Lp2125_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ1b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1);
                Lp2625_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ2b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,2);
                ;
                Lp3125_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ3b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2,3);
                ;
                Lp3525_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ4b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2,4);
                ;
                Lp4025_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ5b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2,5);
                ;
                Lp4525_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ6b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2,6);
                ;
                Lp5025_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ7b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2,7);
                ;
                Lp5525_B14(o2,o1)=roh(1)*M_circ8b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2,8);
                ;
                %-----
                Lp2150_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ9b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1);
                Lp2650_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ10b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,2);
                ;
                Lp3150_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ11b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2,3);
                ;
                Lp3550_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ12b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2,4);
                ;
                Lp4050_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ13b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2,5);
                ;
                Lp4550_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ14b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2,6);
                ;
                Lp5050_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ15b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2,7);
                ;
                Lp5550_B14(o2,o1)=roh(2)*M_circ16b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2,8);
                ;
                %-----
                Lp2175_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ17b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1);
                Lp2675_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ18b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,2);
                ;
                Lp3175_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ19b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2,3);
                ;
                Lp3575_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ20b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2,4);
                ;
                Lp4075_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ21b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2,5);
                ;
            end
        end
    end

```

```

Lp4575_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ22b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2,
6);
Lp5075_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ23b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2,
7);
Lp5575_B14(o2,o1)=roh(3)*M_circ24b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2,
8);
%-----
Lp21100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ25b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1)
;
Lp26100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ26b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,
2);
Lp31100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ27b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2
,3);
Lp35100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ28b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2
,4);
Lp40100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ29b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2
,5);
Lp45100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ30b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2
,6);
Lp50100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ31b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2
,7);
Lp55100_B14(o2,o1)=roh(4)*M_circ32b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2
,8);
%-----
Lp21125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ33b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1)
;
Lp26125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ34b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,
2);
Lp31125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ35b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2
,3);
Lp35125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ36b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2
,4);
Lp40125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ37b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2
,5);
Lp45125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ38b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2
,6);
Lp50125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ39b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2
,7);
Lp55125_B14(o2,o1)=roh(5)*M_circ40b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2
,8);
%-----
Lp21150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ41b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1)
;
Lp26150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ42b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,
2);
Lp31150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ43b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2
,3);
Lp35150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ44b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2
,4);
Lp40150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ45b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2
,5);
Lp45150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ46b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2
,6);
Lp50150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ47b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2
,7);
Lp55150_B14(o2,o1)=roh(6)*M_circ48b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2
,8);
%-----
Lp21175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ49b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1)
;
Lp26175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ50b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,

```



```

2);
Lp31175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ51b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2
,3);
Lp35175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ52b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2
,4);
Lp40175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ53b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2
,5);
Lp45175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ54b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2
,6);
Lp50175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ55b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2
,7);
Lp55175_B14(o2,o1)=roh(7)*M_circ56b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2
,8);
%-----
Lp21200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ57b14(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB14(o2,1)
;
Lp26200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ58b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB14(o2,
2);
Lp31200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ59b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB14(o2
,3);
Lp35200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ60b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB14(o2
,4);
Lp40200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ61b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB14(o2
,5);
Lp45200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ62b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB14(o2
,6);
Lp50200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ63b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB14(o2
,7);
Lp55200_B14(o2,o1)=roh(8)*M_circ64b14(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB14(o2
,8);
%-----
end
end
xlswrite('Lp2125_B14.xlsx',Lp2125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2625_B14.xlsx',Lp2625_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3125_B14.xlsx',Lp3125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3525_B14.xlsx',Lp3525_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4025_B14.xlsx',Lp4025_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4525_B14.xlsx',Lp4525_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5025_B14.xlsx',Lp5025_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5525_B14.xlsx',Lp5525_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp2150_B14.xlsx',Lp2150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2650_B14.xlsx',Lp2650_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3150_B14.xlsx',Lp3150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3550_B14.xlsx',Lp3550_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4050_B14.xlsx',Lp4050_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4550_B14.xlsx',Lp4550_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5050_B14.xlsx',Lp5050_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5550_B14.xlsx',Lp5550_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp2175_B14.xlsx',Lp2175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2675_B14.xlsx',Lp2675_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3175_B14.xlsx',Lp3175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3575_B14.xlsx',Lp3575_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4075_B14.xlsx',Lp4075_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4575_B14.xlsx',Lp4575_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5075_B14.xlsx',Lp5075_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5575_B14.xlsx',Lp5575_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21100_B14.xlsx',Lp21100_B14,'Sheet1','A5');

```

```

xlswrite('Lp26100_B14.xlsx',Lp26100_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31100_B14.xlsx',Lp31100_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35100_B14.xlsx',Lp35100_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40100_B14.xlsx',Lp40100_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45100_B14.xlsx',Lp45100_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50100_B14.xlsx',Lp50100_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55100_B14.xlsx',Lp55100_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21125_B14.xlsx',Lp21125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26125_B14.xlsx',Lp26125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31125_B14.xlsx',Lp31125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35125_B14.xlsx',Lp35125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40125_B14.xlsx',Lp40125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45125_B14.xlsx',Lp45125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50125_B14.xlsx',Lp50125_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55125_B14.xlsx',Lp55125_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21150_B14.xlsx',Lp21150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26150_B14.xlsx',Lp26150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31150_B14.xlsx',Lp31150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35150_B14.xlsx',Lp35150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40150_B14.xlsx',Lp40150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45150_B14.xlsx',Lp45150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50150_B14.xlsx',Lp50150_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55150_B14.xlsx',Lp55150_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21175_B14.xlsx',Lp21175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26175_B14.xlsx',Lp26175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31175_B14.xlsx',Lp31175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35175_B14.xlsx',Lp35175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40175_B14.xlsx',Lp40175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45175_B14.xlsx',Lp45175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50175_B14.xlsx',Lp50175_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55175_B14.xlsx',Lp55175_B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21200_B14.xlsx',Lp21200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26200_B14.xlsx',Lp26200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31200_B14.xlsx',Lp31200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35200_B14.xlsx',Lp35200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40200_B14.xlsx',Lp40200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45200_B14.xlsx',Lp45200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50200_B14.xlsx',Lp50200_B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55200_B14.xlsx',Lp55200_B14,'Sheet1','A5');
%-----
%-----
L2125_B14=sum(Lp2125_B14);
L2150_B14=sum(Lp2150_B14);
L2175_B14=sum(Lp2175_B14);
L21100_B14=sum(Lp21100_B14);
L21125_B14=sum(Lp21125_B14);
L21150_B14=sum(Lp21150_B14);
L21175_B14=sum(Lp21175_B14);
L21200_B14=sum(Lp21200_B14);
%-----
M_L21B14=[L2125_B14;L2150_B14;L2175_B14;L21100_B14;L21125_B14;L21150_B
14;L21175_B14;L21200_B14];
%-----
CL2125_B14=L2125_B14/(0.5*roh(1)*(V(1)^2)*S(1));
CL2150_B14=L2150_B14/(0.5*roh(2)*(V(1)^2)*S(1));
CL2175_B14=L2175_B14/(0.5*roh(3)*(V(1)^2)*S(1));
CL21100_B14=L21100_B14/(0.5*roh(4)*(V(1)^2)*S(1));

```

```

CL21125_B14=L21125_B14/(0.5*roh(5)*(V(1)^2)*S(1));
CL21150_B14=L21150_B14/(0.5*roh(6)*(V(1)^2)*S(1));
CL21175_B14=L21175_B14/(0.5*roh(7)*(V(1)^2)*S(1));
CL21200_B14=L21200_B14/(0.5*roh(8)*(V(1)^2)*S(1));
%-----
M_CL21B14=[CL2125_B14;CL2150_B14;CL2175_B14;CL21100_B14;CL21125_B14;CL
21150_B14;CL21175_B14;CL21200_B14];
%-----
L2625_B14=sum(Lp2625_B14);
L2650_B14=sum(Lp2650_B14);
L2675_B14=sum(Lp2675_B14);
L26100_B14=sum(Lp26100_B14);
L26125_B14=sum(Lp26125_B14);
L26150_B14=sum(Lp26150_B14);
L26175_B14=sum(Lp26175_B14);
L26200_B14=sum(Lp26200_B14);
%-----
M_L26B14=[L2625_B14;L2650_B14;L2675_B14;L26100_B14;L26125_B14;L26150_B
14;L26175_B14;L26200_B14];
%-----
CL2625_B14=L2625_B14/(0.5*roh(1)*(V(2)^2)*S(1));
CL2650_B14=L2650_B14/(0.5*roh(2)*(V(2)^2)*S(1));
CL2675_B14=L2675_B14/(0.5*roh(3)*(V(2)^2)*S(1));
CL26100_B14=L26100_B14/(0.5*roh(4)*(V(2)^2)*S(1));
CL26125_B14=L26125_B14/(0.5*roh(5)*(V(2)^2)*S(1));
CL26150_B14=L26150_B14/(0.5*roh(6)*(V(2)^2)*S(1));
CL26175_B14=L26175_B14/(0.5*roh(7)*(V(2)^2)*S(1));
CL26200_B14=L26200_B14/(0.5*roh(8)*(V(2)^2)*S(1));
%-----
M_CL26B14=[CL2625_B14;CL2650_B14;CL2675_B14;CL26100_B14;CL26125_B14;CL
26150_B14;CL26175_B14;CL26200_B14];
%-----
L3125_B14=sum(Lp3125_B14);
L3150_B14=sum(Lp3150_B14);
L3175_B14=sum(Lp3175_B14);
L31100_B14=sum(Lp31100_B14);
L31125_B14=sum(Lp31125_B14);
L31150_B14=sum(Lp31150_B14);
L31175_B14=sum(Lp31175_B14);
L31200_B14=sum(Lp31200_B14);
%-----
M_L31B14=[L3125_B14;L3150_B14;L3175_B14;L31100_B14;L31125_B14;L31150_B
14;L31175_B14;L31200_B14];
%-----
CL3125_B14=L3125_B14/(0.5*roh(1)*(V(3)^2)*S(1));
CL3150_B14=L3150_B14/(0.5*roh(2)*(V(3)^2)*S(1));
CL3175_B14=L3175_B14/(0.5*roh(3)*(V(3)^2)*S(1));
CL31100_B14=L31100_B14/(0.5*roh(4)*(V(3)^2)*S(1));
CL31125_B14=L31125_B14/(0.5*roh(5)*(V(3)^2)*S(1));
CL31150_B14=L31150_B14/(0.5*roh(6)*(V(3)^2)*S(1));
CL31175_B14=L31175_B14/(0.5*roh(7)*(V(3)^2)*S(1));
CL31200_B14=L31200_B14/(0.5*roh(8)*(V(3)^2)*S(1));
%-----
M_CL31B14=[CL3125_B14;CL3150_B14;CL3175_B14;CL31100_B14;CL31125_B14;CL
31150_B14;CL31175_B14;CL31200_B14];
%-----
L3525_B14=sum(Lp3525_B14);
L3550_B14=sum(Lp3550_B14);
L3575_B14=sum(Lp3575_B14);
L35100_B14=sum(Lp35100_B14);
L35125_B14=sum(Lp35125_B14);

```

```

L35150_B14=sum(Lp35150_B14);
L35175_B14=sum(Lp35175_B14);
L35200_B14=sum(Lp35200_B14);
%-----
M_L35B14=[L3525_B14;L3550_B14;L3575_B14;L35100_B14;L35125_B14;L35150_B
14;L35175_B14;L35200_B14];
%-----
CL3525_B14=L3525_B14/(0.5*roh(1)*(V(4)^2)*S(1));
CL3550_B14=L3550_B14/(0.5*roh(2)*(V(4)^2)*S(1));
CL3575_B14=L3575_B14/(0.5*roh(3)*(V(4)^2)*S(1));
CL35100_B14=L35100_B14/(0.5*roh(4)*(V(4)^2)*S(1));
CL35125_B14=L35125_B14/(0.5*roh(5)*(V(4)^2)*S(1));
CL35150_B14=L35150_B14/(0.5*roh(6)*(V(4)^2)*S(1));
CL35175_B14=L35175_B14/(0.5*roh(7)*(V(4)^2)*S(1));
CL35200_B14=L35200_B14/(0.5*roh(8)*(V(4)^2)*S(1));
%-----
M_CL35B14=[CL3525_B14;CL3550_B14;CL3575_B14;CL35100_B14;CL35125_B14;CL
35150_B14;CL35175_B14;CL35200_B14];
%-----
L4025_B14=sum(Lp4025_B14);
L4050_B14=sum(Lp4050_B14);
L4075_B14=sum(Lp4075_B14);
L40100_B14=sum(Lp40100_B14);
L40125_B14=sum(Lp40125_B14);
L40150_B14=sum(Lp40150_B14);
L40175_B14=sum(Lp40175_B14);
L40200_B14=sum(Lp40200_B14);
%-----
M_L40B14=[L4025_B14;L4050_B14;L4075_B14;L40100_B14;L40125_B14;L40150_B
14;L40175_B14;L40200_B14];
%-----
CL4025_B14=L4025_B14/(0.5*roh(1)*(V(5)^2)*S(1));
CL4050_B14=L4050_B14/(0.5*roh(2)*(V(5)^2)*S(1));
CL4075_B14=L4075_B14/(0.5*roh(3)*(V(5)^2)*S(1));
CL40100_B14=L40100_B14/(0.5*roh(4)*(V(5)^2)*S(1));
CL40125_B14=L40125_B14/(0.5*roh(5)*(V(5)^2)*S(1));
CL40150_B14=L40150_B14/(0.5*roh(6)*(V(5)^2)*S(1));
CL40175_B14=L40175_B14/(0.5*roh(7)*(V(5)^2)*S(1));
CL40200_B14=L40200_B14/(0.5*roh(8)*(V(5)^2)*S(1));
%-----
M_CL40B14=[CL4025_B14;CL4050_B14;CL4075_B14;CL40100_B14;CL40125_B14;CL
40150_B14;CL40175_B14;CL40200_B14];
%-----
L4525_B14=sum(Lp4525_B14);
L4550_B14=sum(Lp4550_B14);
L4575_B14=sum(Lp4575_B14);
L45100_B14=sum(Lp45100_B14);
L45125_B14=sum(Lp45125_B14);
L45150_B14=sum(Lp45150_B14);
L45175_B14=sum(Lp45175_B14);
L45200_B14=sum(Lp45200_B14);
%-----
M_L45B14=[L4525_B14;L4550_B14;L4575_B14;L45100_B14;L45125_B14;L45150_B
14;L45175_B14;L45200_B14];
%-----
CL4525_B14=L4525_B14/(0.5*roh(1)*(V(6)^2)*S(1));
CL4550_B14=L4550_B14/(0.5*roh(2)*(V(6)^2)*S(1));
CL4575_B14=L4575_B14/(0.5*roh(3)*(V(6)^2)*S(1));
CL45100_B14=L45100_B14/(0.5*roh(4)*(V(6)^2)*S(1));
CL45125_B14=L45125_B14/(0.5*roh(5)*(V(6)^2)*S(1));
CL45150_B14=L45150_B14/(0.5*roh(6)*(V(6)^2)*S(1));

```

```

CL45175_B14=L45175_B14/(0.5*roh(7)*(V(6)^2)*S(1));
CL45200_B14=L45200_B14/(0.5*roh(8)*(V(6)^2)*S(1));
%-----
M_CL45B14=[CL4525_B14;CL4550_B14;CL4575_B14;CL45100_B14;CL45125_B14;CL45150_B14;CL45175_B14;CL45200_B14];
%-----
L5025_B14=sum(Lp5025_B14);
L5050_B14=sum(Lp5050_B14);
L5075_B14=sum(Lp5075_B14);
L50100_B14=sum(Lp50100_B14);
L50125_B14=sum(Lp50125_B14);
L50150_B14=sum(Lp50150_B14);
L50175_B14=sum(Lp50175_B14);
L50200_B14=sum(Lp50200_B14);
%-----
M_L50B14=[L5025_B14;L5050_B14;L5075_B14;L50100_B14;L50125_B14;L50150_B14;L50175_B14;L50200_B14];
%-----
CL5025_B14=L5025_B14/(0.5*roh(1)*(V(7)^2)*S(1));
CL5050_B14=L5050_B14/(0.5*roh(2)*(V(7)^2)*S(1));
CL5075_B14=L5075_B14/(0.5*roh(3)*(V(7)^2)*S(1));
CL50100_B14=L50100_B14/(0.5*roh(4)*(V(7)^2)*S(1));
CL50125_B14=L50125_B14/(0.5*roh(5)*(V(7)^2)*S(1));
CL50150_B14=L50150_B14/(0.5*roh(6)*(V(7)^2)*S(1));
CL50175_B14=L50175_B14/(0.5*roh(7)*(V(7)^2)*S(1));
CL50200_B14=L50200_B14/(0.5*roh(8)*(V(7)^2)*S(1));
%-----
M_CL50B14=[CL5025_B14;CL5050_B14;CL5075_B14;CL50100_B14;CL50125_B14;CL50150_B14;CL50175_B14;CL50200_B14];
%-----
L5525_B14=sum(Lp5525_B14);
L5550_B14=sum(Lp5550_B14);
L5575_B14=sum(Lp5575_B14);
L55100_B14=sum(Lp55100_B14);
L55125_B14=sum(Lp55125_B14);
L55150_B14=sum(Lp55150_B14);
L55175_B14=sum(Lp55175_B14);
L55200_B14=sum(Lp55200_B14);
%-----
M_L55B14=[L5525_B14;L5550_B14;L5575_B14;L55100_B14;L55125_B14;L55150_B14;L55175_B14;L55200_B14];
%-----
CL5525_B14=L5525_B14/(0.5*roh(1)*(V(8)^2)*S(1));
CL5550_B14=L5550_B14/(0.5*roh(2)*(V(8)^2)*S(1));
CL5575_B14=L5575_B14/(0.5*roh(3)*(V(8)^2)*S(1));
CL55100_B14=L55100_B14/(0.5*roh(4)*(V(8)^2)*S(1));
CL55125_B14=L55125_B14/(0.5*roh(5)*(V(8)^2)*S(1));
CL55150_B14=L55150_B14/(0.5*roh(6)*(V(8)^2)*S(1));
CL55175_B14=L55175_B14/(0.5*roh(7)*(V(8)^2)*S(1));
CL55200_B14=L55200_B14/(0.5*roh(8)*(V(8)^2)*S(1));
%-----
M_CL55B14=[CL5525_B14;CL5550_B14;CL5575_B14;CL55100_B14;CL55125_B14;CL55150_B14;CL55175_B14;CL55200_B14];
%-----
xlswrite('M_L21B14.xlsx',M_L21B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L26B14.xlsx',M_L26B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L31B14.xlsx',M_L31B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L35B14.xlsx',M_L35B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L40B14.xlsx',M_L40B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L45B14.xlsx',M_L45B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L50B14.xlsx',M_L50B14,'Sheet1','A5');

```

```

xlswrite('M_L55B14.xlsx',M_L55B14,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('M_CL21B14.xlsx',M_CL21B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL26B14.xlsx',M_CL26B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL31B14.xlsx',M_CL31B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL35B14.xlsx',M_CL35B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL40B14.xlsx',M_CL40B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL45B14.xlsx',M_CL45B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL50B14.xlsx',M_CL50B14,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_CL55B14.xlsx',M_CL55B14,'Sheet1','A5');
%-----
%-----
%-----
case 3
    for o1=1:6 %Determina a sustentação dos painéis da asa
        básica+1/2 V=21,09 - 55,78 m/s e h=0,25 m
            for o2=1:40
                Lp2125_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ1b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1);

                Lp2625_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ2b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,2)
                ;
                Lp3125_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ3b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2,3)
                );
                Lp3525_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ4b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2,4)
                );
                Lp4025_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ5b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2,5)
                );
                Lp4525_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ6b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2,6)
                );
                Lp5025_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ7b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2,7)
                );
                Lp5525_B12(o2,o1)=roh(1)*M_circ8b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2,8)
                );
                %-----
                Lp2150_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ9b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1);
                Lp2650_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ10b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,2)
                );
                Lp3150_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ11b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2,3)
                );
                Lp3550_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ12b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2,4)
                );
                Lp4050_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ13b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2,5)
                );
                Lp4550_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ14b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2,6)
                );
                Lp5050_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ15b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2,7)
                );
                Lp5550_B12(o2,o1)=roh(2)*M_circ16b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2,8)
                );
                %-----
                Lp2175_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ17b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1);
                Lp2675_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ18b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,2)
                );
                Lp3175_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ19b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2,3)
                );
                Lp3575_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ20b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2,4)
                );
                Lp4075_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ21b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2,5)
                );
                Lp4575_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ22b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2,6)
                );
            end
        end
    end

```

```

Lp5075_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ23b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2,
7);
Lp5575_B12(o2,o1)=roh(3)*M_circ24b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2,
8);
%-----
Lp21100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ25b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1)
;
Lp26100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ26b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,
2);
Lp31100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ27b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2
,3);
Lp35100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ28b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2
,4);
Lp40100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ29b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2
,5);
Lp45100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ30b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2
,6);
Lp50100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ31b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2
,7);
Lp55100_B12(o2,o1)=roh(4)*M_circ32b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2
,8);
%-----
Lp21125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ33b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1)
;
Lp26125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ34b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,
2);
Lp31125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ35b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2
,3);
Lp35125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ36b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2
,4);
Lp40125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ37b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2
,5);
Lp45125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ38b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2
,6);
Lp50125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ39b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2
,7);
Lp55125_B12(o2,o1)=roh(5)*M_circ40b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2
,8);
%-----
Lp21150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ41b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1)
;
Lp26150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ42b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,
2);
Lp31150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ43b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2
,3);
Lp35150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ44b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2
,4);
Lp40150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ45b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2
,5);
Lp45150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ46b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2
,6);
Lp50150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ47b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2
,7);
Lp55150_B12(o2,o1)=roh(6)*M_circ48b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2
,8);
%-----
Lp21175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ49b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1)
;
Lp26175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ50b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,
2);
Lp31175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ51b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2

```

```

, 3);
Lp35175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ52b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2
, 4);
Lp40175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ53b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2
, 5);
Lp45175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ54b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2
, 6);
Lp50175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ55b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2
, 7);
Lp55175_B12(o2,o1)=roh(7)*M_circ56b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2
, 8);
%-----
Lp21200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ57b12(o2,o1)*Vm(o2,o1)*deltaYB12(o2,1)
;
Lp26200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ58b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+8)*deltaYB12(o2,
2);
Lp31200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ59b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+16)*deltaYB12(o2
, 3);
Lp35200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ60b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+24)*deltaYB12(o2
, 4);
Lp40200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ61b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+32)*deltaYB12(o2
, 5);
Lp45200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ62b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+40)*deltaYB12(o2
, 6);
Lp50200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ63b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+48)*deltaYB12(o2
, 7);
Lp55200_B12(o2,o1)=roh(8)*M_circ64b12(o2,o1)*Vm(o2,o1+56)*deltaYB12(o2
, 8);
%-----
end
end
xlswrite('Lp2125_B12.xlsx',Lp2125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2625_B12.xlsx',Lp2625_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3125_B12.xlsx',Lp3125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3525_B12.xlsx',Lp3525_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4025_B12.xlsx',Lp4025_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4525_B12.xlsx',Lp4525_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5025_B12.xlsx',Lp5025_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5525_B12.xlsx',Lp5525_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp2150_B12.xlsx',Lp2150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2650_B12.xlsx',Lp2650_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3150_B12.xlsx',Lp3150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3550_B12.xlsx',Lp3550_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4050_B12.xlsx',Lp4050_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4550_B12.xlsx',Lp4550_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5050_B12.xlsx',Lp5050_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5550_B12.xlsx',Lp5550_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp2175_B12.xlsx',Lp2175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp2675_B12.xlsx',Lp2675_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3175_B12.xlsx',Lp3175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp3575_B12.xlsx',Lp3575_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4075_B12.xlsx',Lp4075_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp4575_B12.xlsx',Lp4575_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5075_B12.xlsx',Lp5075_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp5575_B12.xlsx',Lp5575_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21100_B12.xlsx',Lp21100_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26100_B12.xlsx',Lp26100_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31100_B12.xlsx',Lp31100_B12,'Sheet1','A5');

```



```

xlswrite('Lp35100_B12.xlsx',Lp35100_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40100_B12.xlsx',Lp40100_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45100_B12.xlsx',Lp45100_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50100_B12.xlsx',Lp50100_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55100_B12.xlsx',Lp55100_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21125_B12.xlsx',Lp21125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26125_B12.xlsx',Lp26125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31125_B12.xlsx',Lp31125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35125_B12.xlsx',Lp35125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40125_B12.xlsx',Lp40125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45125_B12.xlsx',Lp45125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50125_B12.xlsx',Lp50125_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55125_B12.xlsx',Lp55125_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21150_B12.xlsx',Lp21150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26150_B12.xlsx',Lp26150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31150_B12.xlsx',Lp31150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35150_B12.xlsx',Lp35150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40150_B12.xlsx',Lp40150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45150_B12.xlsx',Lp45150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50150_B12.xlsx',Lp50150_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55150_B12.xlsx',Lp55150_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21175_B12.xlsx',Lp21175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26175_B12.xlsx',Lp26175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31175_B12.xlsx',Lp31175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35175_B12.xlsx',Lp35175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40175_B12.xlsx',Lp40175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45175_B12.xlsx',Lp45175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50175_B12.xlsx',Lp50175_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55175_B12.xlsx',Lp55175_B12,'Sheet1','A5');
%-----
xlswrite('Lp21200_B12.xlsx',Lp21200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp26200_B12.xlsx',Lp26200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp31200_B12.xlsx',Lp31200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp35200_B12.xlsx',Lp35200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp40200_B12.xlsx',Lp40200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp45200_B12.xlsx',Lp45200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp50200_B12.xlsx',Lp50200_B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('Lp55200_B12.xlsx',Lp55200_B12,'Sheet1','A5');
%-----
%-----
L2125_B12=sum(Lp2125_B12);
L2150_B12=sum(Lp2150_B12);
L2175_B12=sum(Lp2175_B12);
L21100_B12=sum(Lp21100_B12);
L21125_B12=sum(Lp21125_B12);
L21150_B12=sum(Lp21150_B12);
L21175_B12=sum(Lp21175_B12);
L21200_B12=sum(Lp21200_B12);
%-----
M_L21B12=[L2125_B12;L2150_B12;L2175_B12;L21100_B12;L21125_B12;L21150_B12;L21175_B12;L21200_B12];
%-----
CL2125_B12=L2125_B12/(0.5*roh(1)*(V(1)^2)*S(1));
CL2150_B12=L2150_B12/(0.5*roh(2)*(V(1)^2)*S(1));
CL2175_B12=L2175_B12/(0.5*roh(3)*(V(1)^2)*S(1));
CL21100_B12=L21100_B12/(0.5*roh(4)*(V(1)^2)*S(1));
CL21125_B12=L21125_B12/(0.5*roh(5)*(V(1)^2)*S(1));
CL21150_B12=L21150_B12/(0.5*roh(6)*(V(1)^2)*S(1));

```

```

CL21175_B12=L21175_B12/(0.5*roh(7)*(V(1)^2)*S(1));
CL21200_B12=L21200_B12/(0.5*roh(8)*(V(1)^2)*S(1));
%-----
M_CL21B12=[CL2125_B12;CL2150_B12;CL2175_B12;CL21100_B12;CL21125_B12;CL
21150_B12;CL21175_B12;CL21200_B12];
%-----
L2625_B12=sum(Lp2625_B12);
L2650_B12=sum(Lp2650_B12);
L2675_B12=sum(Lp2675_B12);
L26100_B12=sum(Lp26100_B12);
L26125_B12=sum(Lp26125_B12);
L26150_B12=sum(Lp26150_B12);
L26175_B12=sum(Lp26175_B12);
L26200_B12=sum(Lp26200_B12);
%-----
M_L26B12=[L2625_B12;L2650_B12;L2675_B12;L26100_B12;L26125_B12;L26150_B
12;L26175_B12;L26200_B12];
%-----
CL2625_B12=L2625_B12/(0.5*roh(1)*(V(2)^2)*S(1));
CL2650_B12=L2650_B12/(0.5*roh(2)*(V(2)^2)*S(1));
CL2675_B12=L2675_B12/(0.5*roh(3)*(V(2)^2)*S(1));
CL26100_B12=L26100_B12/(0.5*roh(4)*(V(2)^2)*S(1));
CL26125_B12=L26125_B12/(0.5*roh(5)*(V(2)^2)*S(1));
CL26150_B12=L26150_B12/(0.5*roh(6)*(V(2)^2)*S(1));
CL26175_B12=L26175_B12/(0.5*roh(7)*(V(2)^2)*S(1));
CL26200_B12=L26200_B12/(0.5*roh(8)*(V(2)^2)*S(1));
%-----
M_CL26B12=[CL2625_B12;CL2650_B12;CL2675_B12;CL26100_B12;CL26125_B12;CL
26150_B12;CL26175_B12;CL26200_B12];
%-----
L3125_B12=sum(Lp3125_B12);
L3150_B12=sum(Lp3150_B12);
L3175_B12=sum(Lp3175_B12);
L31100_B12=sum(Lp31100_B12);
L31125_B12=sum(Lp31125_B12);
L31150_B12=sum(Lp31150_B12);
L31175_B12=sum(Lp31175_B12);
L31200_B12=sum(Lp31200_B12);
%-----
M_L31B12=[L3125_B12;L3150_B12;L3175_B12;L31100_B12;L31125_B12;L31150_B
12;L31175_B12;L31200_B12];
%-----
CL3125_B12=L3125_B12/(0.5*roh(1)*(V(3)^2)*S(1));
CL3150_B12=L3150_B12/(0.5*roh(2)*(V(3)^2)*S(1));
CL3175_B12=L3175_B12/(0.5*roh(3)*(V(3)^2)*S(1));
CL31100_B12=L31100_B12/(0.5*roh(4)*(V(3)^2)*S(1));
CL31125_B12=L31125_B12/(0.5*roh(5)*(V(3)^2)*S(1));
CL31150_B12=L31150_B12/(0.5*roh(6)*(V(3)^2)*S(1));
CL31175_B12=L31175_B12/(0.5*roh(7)*(V(3)^2)*S(1));
CL31200_B12=L31200_B12/(0.5*roh(8)*(V(3)^2)*S(1));
%-----
M_CL31B12=[CL3125_B12;CL3150_B12;CL3175_B12;CL31100_B12;CL31125_B12;CL
31150_B12;CL31175_B12;CL31200_B12];
%-----
L3525_B12=sum(Lp3525_B12);
L3550_B12=sum(Lp3550_B12);
L3575_B12=sum(Lp3575_B12);
L35100_B12=sum(Lp35100_B12);
L35125_B12=sum(Lp35125_B12);
L35150_B12=sum(Lp35150_B12);
L35175_B12=sum(Lp35175_B12);

```

```

L35200_B12=sum(Lp35200_B12);
%-----
M_L35B12=[L3525_B12;L3550_B12;L3575_B12;L35100_B12;L35125_B12;L35150_B
12;L35175_B12;L35200_B12];
%-----
CL3525_B12=L3525_B12/(0.5*roh(1)*(V(4)^2)*S(1));
CL3550_B12=L3550_B12/(0.5*roh(2)*(V(4)^2)*S(1));
CL3575_B12=L3575_B12/(0.5*roh(3)*(V(4)^2)*S(1));
CL35100_B12=L35100_B12/(0.5*roh(4)*(V(4)^2)*S(1));
CL35125_B12=L35125_B12/(0.5*roh(5)*(V(4)^2)*S(1));
CL35150_B12=L35150_B12/(0.5*roh(6)*(V(4)^2)*S(1));
CL35175_B12=L35175_B12/(0.5*roh(7)*(V(4)^2)*S(1));
CL35200_B12=L35200_B12/(0.5*roh(8)*(V(4)^2)*S(1));
%-----
M_CL35B12=[CL3525_B12;CL3550_B12;CL3575_B12;CL35100_B12;CL35125_B12;CL
35150_B12;CL35175_B12;CL35200_B12];
%-----
L4025_B12=sum(Lp4025_B12);
L4050_B12=sum(Lp4050_B12);
L4075_B12=sum(Lp4075_B12);
L40100_B12=sum(Lp40100_B12);
L40125_B12=sum(Lp40125_B12);
L40150_B12=sum(Lp40150_B12);
L40175_B12=sum(Lp40175_B12);
L40200_B12=sum(Lp40200_B12);
%-----
M_L40B12=[L4025_B12;L4050_B12;L4075_B12;L40100_B12;L40125_B12;L40150_B
12;L40175_B12;L40200_B12];
%-----
CL4025_B12=L4025_B12/(0.5*roh(1)*(V(5)^2)*S(1));
CL4050_B12=L4050_B12/(0.5*roh(2)*(V(5)^2)*S(1));
CL4075_B12=L4075_B12/(0.5*roh(3)*(V(5)^2)*S(1));
CL40100_B12=L40100_B12/(0.5*roh(4)*(V(5)^2)*S(1));
CL40125_B12=L40125_B12/(0.5*roh(5)*(V(5)^2)*S(1));
CL40150_B12=L40150_B12/(0.5*roh(6)*(V(5)^2)*S(1));
CL40175_B12=L40175_B12/(0.5*roh(7)*(V(5)^2)*S(1));
CL40200_B12=L40200_B12/(0.5*roh(8)*(V(5)^2)*S(1));
%-----
M_CL40B12=[CL4025_B12;CL4050_B12;CL4075_B12;CL40100_B12;CL40125_B12;CL
40150_B12;CL40175_B12;CL40200_B12];
%-----
L4525_B12=sum(Lp4525_B12);
L4550_B12=sum(Lp4550_B12);
L4575_B12=sum(Lp4575_B12);
L45100_B12=sum(Lp45100_B12);
L45125_B12=sum(Lp45125_B12);
L45150_B12=sum(Lp45150_B12);
L45175_B12=sum(Lp45175_B12);
L45200_B12=sum(Lp45200_B12);
%-----
M_L45B12=[L4525_B12;L4550_B12;L4575_B12;L45100_B12;L45125_B12;L45150_B
12;L45175_B12;L45200_B12];
%-----
CL4525_B12=L4525_B12/(0.5*roh(1)*(V(6)^2)*S(1));
CL4550_B12=L4550_B12/(0.5*roh(2)*(V(6)^2)*S(1));
CL4575_B12=L4575_B12/(0.5*roh(3)*(V(6)^2)*S(1));
CL45100_B12=L45100_B12/(0.5*roh(4)*(V(6)^2)*S(1));
CL45125_B12=L45125_B12/(0.5*roh(5)*(V(6)^2)*S(1));
CL45150_B12=L45150_B12/(0.5*roh(6)*(V(6)^2)*S(1));
CL45175_B12=L45175_B12/(0.5*roh(7)*(V(6)^2)*S(1));

```

```

CL45200_B12=L45200_B12/(0.5*roh(8)*(V(6)^2)*S(1));
%-----
M_CL45B12=[CL4525_B12;CL4550_B12;CL4575_B12;CL45100_B12;CL45125_B12;CL
45150_B12;CL45175_B12;CL45200_B12];
%-----
L5025_B12=sum(Lp5025_B12);
L5050_B12=sum(Lp5050_B12);
L5075_B12=sum(Lp5075_B12);
L50100_B12=sum(Lp50100_B12);
L50125_B12=sum(Lp50125_B12);
L50150_B12=sum(Lp50150_B12);
L50175_B12=sum(Lp50175_B12);
L50200_B12=sum(Lp50200_B12);
%-----
M_L50B12=[L5025_B12;L5050_B12;L5075_B12;L50100_B12;L50125_B12;L50150_B
12;L50175_B12;L50200_B12];
%-----
CL5025_B12=L5025_B12/(0.5*roh(1)*(V(7)^2)*S(1));
CL5050_B12=L5050_B12/(0.5*roh(2)*(V(7)^2)*S(1));
CL5075_B12=L5075_B12/(0.5*roh(3)*(V(7)^2)*S(1));
CL50100_B12=L50100_B12/(0.5*roh(4)*(V(7)^2)*S(1));
CL50125_B12=L50125_B12/(0.5*roh(5)*(V(7)^2)*S(1));
CL50150_B12=L50150_B12/(0.5*roh(6)*(V(7)^2)*S(1));
CL50175_B12=L50175_B12/(0.5*roh(7)*(V(7)^2)*S(1));
CL50200_B12=L50200_B12/(0.5*roh(8)*(V(7)^2)*S(1));
%-----
M_CL50B12=[CL5025_B12;CL5050_B12;CL5075_B12;CL50100_B12;CL50125_B12;CL
50150_B12;CL50175_B12;CL50200_B12];
%-----
L5525_B12=sum(Lp5525_B12);
L5550_B12=sum(Lp5550_B12);
L5575_B12=sum(Lp5575_B12);
L55100_B12=sum(Lp55100_B12);
L55125_B12=sum(Lp55125_B12);
L55150_B12=sum(Lp55150_B12);
L55175_B12=sum(Lp55175_B12);
L55200_B12=sum(Lp55200_B12);
%-----
M_L55B12=[L5525_B12;L5550_B12;L5575_B12;L55100_B12;L55125_B12;L55150_B
12;L55175_B12;L55200_B12];
%-----
CL5525_B12=L5525_B12/(0.5*roh(1)*(V(8)^2)*S(1));
CL5550_B12=L5550_B12/(0.5*roh(2)*(V(8)^2)*S(1));
CL5575_B12=L5575_B12/(0.5*roh(3)*(V(8)^2)*S(1));
CL55100_B12=L55100_B12/(0.5*roh(4)*(V(8)^2)*S(1));
CL55125_B12=L55125_B12/(0.5*roh(5)*(V(8)^2)*S(1));
CL55150_B12=L55150_B12/(0.5*roh(6)*(V(8)^2)*S(1));
CL55175_B12=L55175_B12/(0.5*roh(7)*(V(8)^2)*S(1));
CL55200_B12=L55200_B12/(0.5*roh(8)*(V(8)^2)*S(1));
%-----
M_CL55B12=[CL5525_B12;CL5550_B12;CL5575_B12;CL55100_B12;CL55125_B12;CL
55150_B12;CL55175_B12;CL55200_B12];
%-----
xlswrite('M_L21B12.xlsx',M_L21B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L26B12.xlsx',M_L26B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L31B12.xlsx',M_L31B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L35B12.xlsx',M_L35B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L40B12.xlsx',M_L40B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L45B12.xlsx',M_L45B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L50B12.xlsx',M_L50B12,'Sheet1','A5');
xlswrite('M_L55B12.xlsx',M_L55B12,'Sheet1','A5');

```

```
%-----  
xlswrite('M_CL21B12.xlsx',M_CL21B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL26B12.xlsx',M_CL26B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL31B12.xlsx',M_CL31B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL35B12.xlsx',M_CL35B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL40B12.xlsx',M_CL40B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL45B12.xlsx',M_CL45B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL50B12.xlsx',M_CL50B12,'Sheet1','A5');  
xlswrite('M_CL55B12.xlsx',M_CL55B12,'Sheet1','A5');  
%-----  
%-----  
%-----  
end
```

## APÊNDICE E

Tabela 77 - Erro (%) -  $V_\infty = 21,09 \text{ m/s}$

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_\infty = 21,09 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	11,55	10,04	8,49	6,91	5,29	3,64
0,50	0,0781	29,87	28,42	26,94	25,43	23,89	22,33
0,75	0,1172	35,74	34,42	33,07	31,70	30,30	28,87
1,00	0,1563	38,92	37,76	36,57	35,37	34,13	32,88
1,25	0,1953	41,58	40,59	39,57	38,53	37,47	36,38
1,50	0,2344	44,30	43,46	42,59	41,71	40,80	39,87
1,75	0,2734	47,13	46,42	45,70	44,95	44,18	43,39
2,00	0,3125	50,02	49,43	48,82	48,19	47,54	46,86
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_\infty = 21,09 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	44,63	42,74	40,84	38,92	36,98	35,01
0,50	0,0977	48,83	47,08	45,32	43,54	41,74	39,92
0,75	0,1465	48,64	47,13	45,60	44,05	42,49	40,90
1,00	0,1953	49,09	47,83	46,55	45,26	43,94	42,60
1,25	0,2441	50,65	49,63	48,58	47,51	46,43	45,32
1,50	0,2930	53,01	52,17	51,32	50,45	49,56	48,65
1,75	0,3418	55,76	55,09	54,39	53,68	52,95	52,20
2,00	0,3906	58,66	58,11	57,54	56,95	56,35	55,73
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_\infty = 21,09 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	60,68	58,64	56,59	54,53	52,45	50,36
0,50	0,1163	57,27	55,46	53,64	51,80	49,94	48,08
0,75	0,1744	54,63	53,14	51,63	50,11	48,56	47,01
1,00	0,2326	54,62	53,43	52,23	51,01	49,77	48,51
1,25	0,2907	56,41	55,47	54,52	53,55	52,57	51,56
1,50	0,3488	59,09	58,35	57,60	56,83	56,05	55,25
1,75	0,4070	62,09	61,51	60,91	60,30	59,67	59,02
2,00	0,4651	65,11	64,65	64,17	63,67	63,16	62,64

Fonte: O autor

Tabela 78 - Erro (%) -  $V_\infty = 26,07 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_\infty = 26,07 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	11,40	9,89	8,34	6,75	5,13	3,48
0,50	0,0781	29,75	28,29	26,80	25,29	23,75	22,19
0,75	0,1172	35,62	34,30	32,95	31,57	30,17	28,74
1,00	0,1563	38,81	37,64	36,46	35,25	34,01	32,75
1,25	0,1953	41,48	40,48	39,46	38,42	37,36	36,27
1,50	0,2344	44,20	43,36	42,49	41,61	40,70	39,77
1,75	0,2734	47,04	46,33	45,60	44,86	44,09	43,30
2,00	0,3125	49,94	49,34	48,73	48,10	47,45	46,78
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_\infty = 26,07 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	44,52	42,63	40,73	38,80	36,85	34,89
0,50	0,0977	48,72	46,97	45,21	43,42	41,62	39,80
0,75	0,1465	48,53	47,02	45,49	43,94	42,37	40,78
1,00	0,1953	48,98	47,72	46,44	45,15	43,83	42,49
1,25	0,2441	50,56	49,53	48,48	47,41	46,33	45,22
1,50	0,2930	52,92	52,08	51,23	50,36	49,47	48,56
1,75	0,3418	55,69	55,01	54,31	53,60	52,87	52,12
2,00	0,3906	58,59	58,04	57,47	56,88	56,28	55,66
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_\infty = 26,07 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	60,59	58,55	56,49	54,43	52,35	50,25
0,50	0,1163	57,17	55,36	53,53	51,69	49,83	47,96
0,75	0,1744	54,53	53,04	51,52	50,00	48,45	46,89
1,00	0,2326	54,53	53,34	52,13	50,90	49,66	48,41
1,25	0,2907	56,32	55,38	54,43	53,46	52,48	51,47
1,50	0,3488	59,01	58,28	57,52	56,75	55,97	55,17
1,75	0,4070	62,03	61,44	60,84	60,23	59,60	58,96
2,00	0,4651	65,06	64,59	64,11	63,61	63,10	62,58

Fonte: O autor

Tabela 79 - Erro (%) -  $V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	11,24	9,72	8,16	6,58	4,95	3,29
0,50	0,0781	29,60	28,14	26,66	25,14	23,60	22,03
0,75	0,1172	35,49	34,16	32,81	31,43	30,02	28,59
1,00	0,1563	38,68	37,51	36,33	35,11	33,88	32,62
1,25	0,1953	41,36	40,36	39,34	38,30	37,23	36,14
1,50	0,2344	44,09	43,25	42,38	41,50	40,59	39,66
1,75	0,2734	46,94	46,23	45,50	44,75	43,98	43,19
2,00	0,3125	49,84	49,25	48,64	48,01	47,36	46,68
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	44,40	42,51	40,60	38,67	36,72	34,75
0,50	0,0977	48,60	46,85	45,08	43,29	41,49	39,66
0,75	0,1465	48,41	46,90	45,36	43,81	42,24	40,64
1,00	0,1953	48,87	47,61	46,33	45,03	43,71	42,37
1,25	0,2441	50,45	49,42	48,37	47,31	46,22	45,11
1,50	0,2930	52,83	51,99	51,14	50,26	49,37	48,46
1,75	0,3418	55,60	54,93	54,23	53,52	52,78	52,04
2,00	0,3906	58,52	57,96	57,39	56,81	56,20	55,58
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_{\infty} = 31,01 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	60,50	58,45	56,39	54,32	52,24	50,14
0,50	0,1163	57,06	55,24	53,41	51,57	49,71	47,83
0,75	0,1744	54,42	52,92	51,41	49,88	48,33	46,77
1,00	0,2326	54,43	53,23	52,02	50,80	49,56	48,30
1,25	0,2907	56,23	55,30	54,34	53,37	52,38	51,38
1,50	0,3488	58,94	58,20	57,44	56,68	55,89	55,09
1,75	0,4070	61,96	61,38	60,78	60,16	59,53	58,89
2,00	0,4651	65,00	64,53	64,05	63,55	63,05	62,52

Fonte: O autor



Tabela 80 - Erro (%) -  $V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	11,05	9,53	7,97	6,37	4,74	3,08
0,50	0,0781	29,44	27,98	26,49	24,97	23,42	21,85
0,75	0,1172	35,34	34,01	32,65	31,27	29,86	28,43
1,00	0,1563	38,53	37,37	36,17	34,96	33,72	32,46
1,25	0,1953	41,22	40,22	39,20	38,16	37,09	36,00
1,50	0,2344	43,96	43,12	42,25	41,37	40,46	39,52
1,75	0,2734	46,82	46,11	45,39	44,64	43,87	43,07
2,00	0,3125	49,74	49,15	48,54	47,90	47,25	46,58
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	44,27	42,38	40,46	38,53	36,57	34,59
0,50	0,0977	48,46	46,71	44,94	43,15	41,33	39,51
0,75	0,1465	48,28	46,76	45,22	43,66	42,09	40,49
1,00	0,1953	48,74	47,48	46,19	44,89	43,57	42,23
1,25	0,2441	50,34	49,30	48,25	47,18	46,09	44,99
1,50	0,2930	52,72	51,88	51,03	50,16	49,26	48,35
1,75	0,3418	55,51	54,83	54,14	53,42	52,69	51,94
2,00	0,3906	58,43	57,88	57,31	56,72	56,12	55,50
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_{\infty} = 35,97 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	60,40	58,34	56,28	54,20	52,11	50,01
0,50	0,1163	56,94	55,12	53,28	51,43	49,57	47,69
0,75	0,1744	54,30	52,80	51,28	49,75	48,20	46,63
1,00	0,2326	54,31	53,12	51,91	50,68	49,44	48,18
1,25	0,2907	56,13	55,19	54,24	53,27	52,28	51,27
1,50	0,3488	58,85	58,11	57,36	56,59	55,80	55,00
1,75	0,4070	61,89	61,30	60,70	60,09	59,46	58,81
2,00	0,4651	64,93	64,47	63,98	63,49	62,98	62,46

Fonte: O autor

Tabela 81 - Erro (%) -  $V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	10,83	9,30	7,74	6,14	4,51	2,84
0,50	0,0781	29,26	27,79	26,30	24,77	23,22	21,64
0,75	0,1172	35,16	33,83	32,47	31,08	29,67	28,23
1,00	0,1563	38,37	37,20	36,00	34,79	33,54	32,28
1,25	0,1953	41,07	40,07	39,04	38,00	36,93	35,83
1,50	0,2344	43,82	42,97	42,11	41,22	40,31	39,37
1,75	0,2734	46,69	45,98	45,25	44,50	43,73	42,94
2,00	0,3125	49,62	49,03	48,42	47,78	47,13	46,46
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	44,12	42,22	40,30	38,36	36,40	34,41
0,50	0,0977	48,31	46,55	44,77	42,98	41,16	39,33
0,75	0,1465	48,12	46,60	45,06	43,50	41,92	40,32
1,00	0,1953	48,59	47,33	46,04	44,74	43,41	42,07
1,25	0,2441	50,20	49,17	48,12	47,04	45,95	44,84
1,50	0,2930	52,60	51,76	50,91	50,03	49,14	48,23
1,75	0,3418	55,40	54,73	54,03	53,31	52,58	51,83
2,00	0,3906	58,34	57,78	57,21	56,63	56,02	55,40
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_{\infty} = 40,93 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	60,28	58,22	56,15	54,06	51,97	49,86
0,50	0,1163	56,80	54,97	53,13	51,28	49,41	47,52
0,75	0,1744	54,16	52,65	51,13	49,60	48,04	46,47
1,00	0,2326	54,18	52,99	51,77	50,55	49,30	48,04
1,25	0,2907	56,02	55,08	54,12	53,15	52,16	51,16
1,50	0,3488	58,75	58,01	57,26	56,49	55,70	54,90
1,75	0,4070	61,80	61,22	60,62	60,00	59,37	58,72
2,00	0,4651	64,86	64,39	63,91	63,42	62,91	62,38

Fonte: O autor

Tabela 82 - Erro (%) -  $V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	10,59	9,05	7,49	5,88	4,24	2,57
0,50	0,0781	29,05	27,58	26,08	24,55	22,99	21,41
0,75	0,1172	34,96	33,62	32,26	30,87	29,46	28,02
1,00	0,1563	38,18	37,00	35,81	34,59	33,34	32,07
1,25	0,1953	40,89	39,89	38,86	37,81	36,74	35,65
1,50	0,2344	43,65	42,81	41,94	41,05	40,14	39,20
1,75	0,2734	46,54	45,83	45,10	44,35	43,58	42,78
2,00	0,3125	49,49	48,89	48,28	47,65	46,99	46,32
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	43,95	42,05	40,12	38,17	36,20	34,21
0,50	0,0977	48,13	46,37	44,59	42,79	40,96	39,12
0,75	0,1465	47,94	46,42	44,87	43,31	41,73	40,12
1,00	0,1953	48,42	47,16	45,87	44,56	43,23	41,89
1,25	0,2441	50,05	49,01	47,96	46,89	45,79	44,68
1,50	0,2930	52,46	51,63	50,77	49,89	49,00	48,09
1,75	0,3418	55,28	54,60	53,91	53,19	52,46	51,71
2,00	0,3906	58,23	57,68	57,11	56,52	55,92	55,29
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_{\infty} = 45,89 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	60,14	58,07	55,99	53,90	51,80	49,69
0,50	0,1163	56,64	54,81	52,96	51,10	49,23	47,34
0,75	0,1744	53,99	52,49	50,96	49,42	47,87	46,29
1,00	0,2326	54,03	52,84	51,62	50,39	49,14	47,88
1,25	0,2907	55,89	54,95	53,99	53,02	52,03	51,02
1,50	0,3488	58,64	57,90	57,14	56,37	55,58	54,78
1,75	0,4070	61,70	61,12	60,52	59,90	59,27	58,62
2,00	0,4651	64,77	64,31	63,82	63,33	62,82	62,30

Fonte: O autor

Tabela 83 - Erro (%) -  $V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	10,31	8,77	7,20	5,59	3,94	2,26
0,50	0,0781	28,82	27,34	25,83	24,30	22,74	21,15
0,75	0,1172	34,74	33,40	32,03	30,63	29,21	27,77
1,00	0,1563	37,96	36,79	35,59	34,37	33,12	31,84
1,25	0,1953	40,69	39,69	38,66	37,61	36,53	35,44
1,50	0,2344	43,47	42,62	41,76	40,86	39,95	39,01
1,75	0,2734	46,37	45,66	44,93	44,18	43,41	42,61
2,00	0,3125	49,33	48,74	48,13	47,49	46,84	46,16
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	43,76	41,85	39,91	37,95	35,98	33,98
0,50	0,0977	47,94	46,17	44,38	42,57	40,74	38,90
0,75	0,1465	47,74	46,21	44,66	43,10	41,51	39,90
1,00	0,1953	48,23	46,96	45,67	44,36	43,03	41,68
1,25	0,2441	49,88	48,84	47,78	46,71	45,61	44,50
1,50	0,2930	52,31	51,47	50,61	49,74	48,84	47,92
1,75	0,3418	55,15	54,47	53,77	53,05	52,32	51,57
2,00	0,3906	58,11	57,56	56,98	56,40	55,79	55,17
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_{\infty} = 50,85 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	59,98	57,91	55,82	53,73	51,61	49,49
0,50	0,1163	56,46	54,62	52,77	50,90	49,02	47,13
0,75	0,1744	53,81	52,30	50,77	49,23	47,67	46,09
1,00	0,2326	53,86	52,66	51,45	50,21	48,96	47,70
1,25	0,2907	55,74	54,80	53,84	52,86	51,87	50,86
1,50	0,3488	58,51	57,77	57,01	56,24	55,45	54,65
1,75	0,4070	61,59	61,01	60,41	59,79	59,16	58,51
2,00	0,4651	64,68	64,21	63,73	63,23	62,72	62,20

Fonte: O autor

Tabela 84 - Erro (%) -  $V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}$ 

<b>Erro asa básica (%) - <math>V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0391	10,01	8,46	6,88	5,27	3,61	1,92
0,50	0,0781	28,56	27,07	25,56	24,02	22,45	20,86
0,75	0,1172	34,49	33,14	31,77	30,37	28,95	27,50
1,00	0,1563	37,73	36,55	35,35	34,12	32,87	31,59
1,25	0,1953	40,47	39,46	38,43	37,38	36,30	35,20
1,50	0,2344	43,27	42,42	41,55	40,66	39,74	38,80
1,75	0,2734	46,19	45,48	44,75	43,99	43,22	42,42
2,00	0,3125	49,17	48,57	47,96	47,32	46,67	45,99
<b>Erro asa básica +1/4b (%) - <math>V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0488	43,55	41,62	39,68	37,72	35,73	33,72
0,50	0,0977	47,72	45,94	44,14	42,33	40,49	38,64
0,75	0,1465	47,52	45,99	44,43	42,86	41,27	39,65
1,00	0,1953	48,02	46,75	45,45	44,14	42,81	41,45
1,25	0,2441	49,68	48,65	47,59	46,51	45,41	44,30
1,50	0,2930	52,14	51,30	50,44	49,56	48,66	47,75
1,75	0,3418	55,00	54,31	53,61	52,90	52,16	51,41
2,00	0,3906	57,98	57,42	56,85	56,26	55,66	55,03
<b>Erro asa básica +1/2b (%) - <math>V_{\infty} = 55,78 \text{ m/s}</math></b>							
<b>h</b>	<b><math>\epsilon/\alpha</math></b>	2°	4°	6°	8°	10°	12°
0,25	0,0581	59,81	57,73	55,63	53,53	51,41	49,27
0,50	0,1163	56,25	54,41	52,55	50,68	48,79	46,89
0,75	0,1744	53,60	52,09	50,56	49,01	47,44	45,86
1,00	0,2326	53,68	52,47	51,26	50,02	48,77	47,49
1,25	0,2907	55,58	54,63	53,67	52,70	51,70	50,69
1,50	0,3488	58,37	57,63	56,87	56,10	55,31	54,50
1,75	0,4070	61,47	60,88	60,28	59,66	59,03	58,38
2,00	0,4651	64,57	64,10	63,62	63,12	62,61	62,09

Fonte: O autor

## APÊNDICE F

Tabela 85 - Coeficientes de sustentação da asa retangular básica – método analítico

Asa retangular básica - CL	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0391	0,4661	0,9322	1,3983	1,8644	2,3305	2,7967
	0,0781	0,2331	0,4661	0,6992	0,9322	1,1653	1,3983
	0,1172	0,1554	0,3107	0,4661	0,6215	0,7768	0,9322
	0,1563	0,1165	0,2331	0,3496	0,4661	0,5826	0,6992
	0,1953	0,0932	0,1864	0,2797	0,3729	0,4661	0,5593
	0,2344	0,0777	0,1554	0,2331	0,3107	0,3884	0,4661
	0,2734	0,0666	0,1332	0,1998	0,2663	0,3329	0,3995
	0,3125	0,0583	0,1165	0,1748	0,2331	0,2913	0,3496

Fonte: O autor.

Tabela 86 - Coeficientes de sustentação da asa retangular +1/4 b – método analítico

Asa retangular +1/4b - CL	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0488	0,4829	0,9658	1,4487	1,9316	2,4145	2,8974
	0,0977	0,2415	0,4829	0,7244	0,9658	1,2073	1,4487
	0,1465	0,1610	0,3219	0,4829	0,6439	0,8048	0,9658
	0,1953	0,1207	0,2415	0,3622	0,4829	0,6036	0,7244
	0,2441	0,0966	0,1932	0,2897	0,3863	0,4829	0,5795
	0,2930	0,0805	0,1610	0,2415	0,3219	0,4024	0,4829
	0,3418	0,0690	0,1380	0,2070	0,2759	0,3449	0,4139
	0,3906	0,0604	0,1207	0,1811	0,2415	0,3018	0,3622

Fonte: O autor.

Tabela 87 - Coeficientes de sustentação da asa retangular +1/2 b – método analítico

Asa retangular +1/2b - CL	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0581	0,4528	0,9056	1,3584	1,8112	2,2640	2,7168
	0,1163	0,2264	0,4528	0,6792	0,9056	1,1320	1,3584
	0,1744	0,1509	0,3019	0,4528	0,6037	0,7547	0,9056
	0,2326	0,1132	0,2264	0,3396	0,4528	0,5660	0,6792
	0,2907	0,0906	0,1811	0,2717	0,3622	0,4528	0,5434
	0,3488	0,0755	0,1509	0,2264	0,3019	0,3773	0,4528
	0,4070	0,0647	0,1294	0,1941	0,2587	0,3234	0,3881
	0,4651	0,0566	0,1132	0,1698	0,2264	0,2830	0,3396

Fonte: O autor.

## APÊNDICE G

Tabela 88 - Coeficiente de sustentação adicional da asa retangular básica - método analítico

Asa retangular básica - CL <sub>2</sub>	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
		0,0391	0,0673	0,1346	0,2019	0,2692	0,3365
	0,0781	0,0529	0,1058	0,1587	0,2117	0,2646	0,3175
	0,1172	0,0445	0,0890	0,1335	0,1780	0,2225	0,2670
	0,1563	0,0385	0,0771	0,1156	0,1541	0,1926	0,2312
	0,1953	0,0339	0,0678	0,1017	0,1356	0,1695	0,2034
	0,2344	0,0301	0,0602	0,0903	0,1204	0,1506	0,1807
	0,2734	0,0269	0,0538	0,0807	0,1077	0,1346	0,1615
	0,3125	0,0241	0,0483	0,0724	0,0966	0,1207	0,1448

Fonte: O autor.

Tabela 89 - Coeficiente de sustentação adicional da asa retangular +1/4 b - método analítico

Asa retangular +1/4b - CL <sub>2</sub>	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
		0,0488	0,0627	0,1253	0,1880	0,2507	0,3133
	0,0977	0,0483	0,0966	0,1448	0,1931	0,2414	0,2897
	0,1465	0,0399	0,0797	0,1196	0,1595	0,1993	0,2392
	0,1953	0,0339	0,0678	0,1017	0,1356	0,1695	0,2034
	0,2441	0,0293	0,0585	0,0878	0,1171	0,1463	0,1756
	0,2930	0,0255	0,0510	0,0764	0,1019	0,1274	0,1529
	0,3418	0,0223	0,0446	0,0668	0,0891	0,1114	0,1337
	0,3906	0,0195	0,0390	0,0585	0,0780	0,0975	0,1171

Fonte: O autor.

Tabela 90 - Coeficiente de sustentação adicional da asa retangular +1/2 b - método analítico

Asa retangular +1/2b - CL <sub>2</sub>	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
		0,0581	0,0590	0,1181	0,1771	0,2362	0,2952
	0,1163	0,0447	0,0893	0,1340	0,1786	0,2233	0,2680
	0,1744	0,0362	0,0725	0,1087	0,1450	0,1812	0,2175
	0,2326	0,0303	0,0605	0,0908	0,1211	0,1514	0,1816
	0,2907	0,0256	0,0513	0,0769	0,1026	0,1282	0,1539
	0,3488	0,0219	0,0437	0,0656	0,0874	0,1093	0,1311
	0,4070	0,0187	0,0373	0,0560	0,0746	0,0933	0,1120
	0,4651	0,0159	0,0318	0,0477	0,0635	0,0794	0,0953

Fonte: O autor.

## APÊNDICE H

Tabela 91 - Coeficiente de sustentação total da asa retangular básica - método analítico

Asa retangular básica - $CL_{tot}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0391	0,5334	1,0668	1,6002	2,1336	2,6670	3,2005
	0,0781	0,2860	0,5719	0,8579	1,1439	1,4298	1,7158
	0,1172	0,1999	0,3997	0,5996	0,7995	0,9993	1,1992
	0,1563	0,1551	0,3101	0,4652	0,6202	0,7753	0,9303
	0,1953	0,1271	0,2542	0,3814	0,5085	0,6356	0,7627
	0,2344	0,1078	0,2156	0,3234	0,4312	0,5390	0,6468
	0,2734	0,0935	0,1870	0,2805	0,3740	0,4675	0,5610
	0,3125	0,0824	0,1648	0,2472	0,3296	0,4120	0,4944

Fonte: O autor.

Tabela 92 - Coeficiente de sustentação total da asa retangular +1/4 b - método analítico

Asa retangular +1/4b - $CL_{tot}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0488	0,5456	1,0911	1,6367	2,1823	2,7279	3,2734
	0,0977	0,2897	0,5795	0,8692	1,1589	1,4487	1,7384
	0,1465	0,2008	0,4017	0,6025	0,8033	1,0042	1,2050
	0,1953	0,1546	0,3092	0,4639	0,6185	0,7731	0,9277
	0,2441	0,1258	0,2517	0,3775	0,5034	0,6292	0,7551
	0,2930	0,1060	0,2119	0,3179	0,4239	0,5298	0,6358
	0,3418	0,0913	0,1825	0,2738	0,3651	0,4563	0,5476
	0,3906	0,0799	0,1597	0,2396	0,3195	0,3994	0,4792

Fonte: O autor.

Tabela 93 - Coeficiente de sustentação total da asa retangular +1/2 b - método analítico

Asa retangular +1/2b - $CL_{tot}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0581	0,5118	1,0237	1,5355	2,0474	2,5592	3,0711
	0,1163	0,2711	0,5421	0,8132	1,0842	1,3553	1,6264
	0,1744	0,1872	0,3744	0,5615	0,7487	0,9359	1,1231
	0,2326	0,1435	0,2869	0,4304	0,5739	0,7174	0,8608
	0,2907	0,1162	0,2324	0,3486	0,4648	0,5810	0,6972
	0,3488	0,0973	0,1946	0,2920	0,3893	0,4866	0,5839
	0,4070	0,0833	0,1667	0,2500	0,3334	0,4167	0,5001
	0,4651	0,0725	0,1450	0,2175	0,2899	0,3624	0,4349

Fonte: O autor.



## APÊNDICE I

Tabela 94 - Coeficiente de arrasto induzido total da asa retangular básica

Asa retangular básica - $CD_{i\text{tot}}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
		0,0391	0,0359	0,1435	0,3230	0,5742	0,8971
	0,0781	0,0103	0,0413	0,0928	0,1650	0,2579	0,3713
	0,1172	0,0050	0,0202	0,0453	0,0806	0,1260	0,1814
	0,1563	0,0030	0,0121	0,0273	0,0485	0,0758	0,1092
	0,1953	0,0020	0,0082	0,0183	0,0326	0,0510	0,0734
	0,2344	0,0015	0,0059	0,0132	0,0234	0,0366	0,0528
	0,2734	0,0011	0,0044	0,0099	0,0176	0,0276	0,0397
	0,3125	0,0009	0,0034	0,0077	0,0137	0,0214	0,0308

Fonte: O autor.

Tabela 95 - Coeficiente de arrasto induzido total da asa retangular +1/4 b

Asa retangular +1/4b - $CD_{i\text{tot}}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
		0,0488	0,0240	0,0961	0,2163	0,3845	0,6008
	0,0977	0,0068	0,0271	0,0610	0,1084	0,1694	0,2440
	0,1465	0,0033	0,0130	0,0293	0,0521	0,0814	0,1172
	0,1953	0,0019	0,0077	0,0174	0,0309	0,0483	0,0695
	0,2441	0,0013	0,0051	0,0115	0,0205	0,0320	0,0460
	0,2930	0,0009	0,0036	0,0082	0,0145	0,0227	0,0326
	0,3418	0,0007	0,0027	0,0061	0,0108	0,0168	0,0242
	0,3906	0,0005	0,0021	0,0046	0,0082	0,0129	0,0185

Fonte: O autor.

Tabela 96 - Coeficiente de arrasto induzido total da asa retangular +1/2 b

Asa retangular +1/2b - $CD_{i\text{tot}}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
		0,0581	0,0147	0,0588	0,1323	0,2352	0,3675
	0,1163	0,0041	0,0165	0,0371	0,0660	0,1031	0,1484
	0,1744	0,0020	0,0079	0,0177	0,0315	0,0491	0,0708
	0,2326	0,0012	0,0046	0,0104	0,0185	0,0289	0,0416
	0,2907	0,0008	0,0030	0,0068	0,0121	0,0189	0,0273
	0,3488	0,0005	0,0021	0,0048	0,0085	0,0133	0,0191
	0,4070	0,0004	0,0016	0,0035	0,0062	0,0097	0,0140
	0,4651	0,0003	0,0012	0,0027	0,0047	0,0074	0,0106

Fonte: O autor.

## APÊNDICE J

Tabela 97 - Eficiência aerodinâmica da asa retangular básica

Asa retangular básica - $CL_{tot}/CD_{i_{tot}}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0391	14,8643	7,4322	4,9548	3,7161	2,9729	2,4774
	0,0781	27,7261	13,8630	9,2420	6,9315	5,5452	4,6210
	0,1172	39,6701	19,8350	13,2233	9,9175	7,9340	6,6117
	0,1563	51,1353	25,5677	17,0451	12,7839	10,2271	8,5225
	0,1953	62,3734	31,1867	20,7911	15,5934	12,4747	10,3955
	0,2344	73,5529	36,7764	24,5176	18,3883	14,7106	12,2588
	0,2734	84,8000	42,4000	28,2666	21,2001	16,9600	14,1333
	0,3125	96,2173	48,1087	32,0724	24,0544	19,2435	16,0362

Fonte: O autor.

Tabela 98 - Eficiência aerodinâmica da asa retangular +1/4 b

Asa retangular +1/4b - $CL_{tot}/CD_{i_{tot}}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0488	22,7012	11,3506	7,5671	5,6753	4,5402	3,7835
	0,0977	42,7466	21,3733	14,2488	10,6867	8,5493	7,1244
	0,1465	61,6684	30,8342	20,5561	15,4171	12,3337	10,2780
	0,1953	80,0996	40,0498	26,6998	20,0249	16,0199	13,3499
	0,2441	98,4156	49,2078	32,8051	24,6040	19,6831	16,4026
	0,2930	116,8801	58,4400	38,9600	29,2201	23,3760	19,4800
	0,3418	135,7017	67,8508	45,2338	33,9255	27,1403	22,6169
	0,3906	155,0610	77,5305	51,6869	38,7654	31,0122	25,8434

Fonte: O autor.

Tabela 99 - Eficiência aerodinâmica da asa retangular +1/2 b

Asa retangular +1/2b - $CL_{tot}/CD_{i_{tot}}$	$\epsilon$	$\alpha_1 = 2^\circ$	$\alpha_2 = 4^\circ$	$\alpha_3 = 6^\circ$	$\alpha_4 = 8^\circ$	$\alpha_5 = 10^\circ$	$\alpha_6 = 12^\circ$
	0,0581	34,8208	17,4104	11,6069	8,7052	6,9642	5,8035
	0,1163	65,7526	32,8763	21,9175	16,4382	13,1505	10,9587
	0,1744	95,2191	47,6095	31,7396	23,8048	19,0438	15,8698
	0,2326	124,2242	62,1121	41,4080	31,0561	24,8448	20,7040
	0,2907	153,3782	76,6891	51,1260	38,3447	30,6756	25,5630
	0,3488	183,1279	91,5639	61,0425	45,7821	36,6256	30,5213
	0,4070	213,8461	106,9230	71,2819	53,4617	42,7692	35,6409
	0,4651	245,8760	122,9380	81,9585	61,4692	49,1752	40,9793

Fonte: O autor.

## ANEXO A

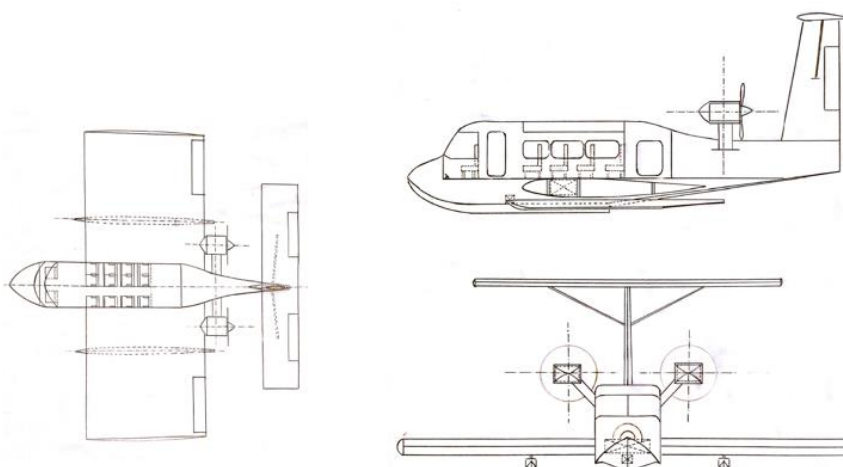


Figura 14 - Desenho de Três Vistas WIG-C Inconfidente.  
Fonte: GUAHY, (2016)

Tabela 100 - Configurações externa e interna do WIG- Inconfidente

<b>Configurações</b>		
	Asa	Retangular, média, NACA 23009
	Empenagem	Tipo T, NACA 4412 e NACA 012
<b>Externa</b>	Fuselagem ou Casco	Geometria das cavernas tipo retangular, fundo tipo duplo côncavo, composto por dois corpos (AV e AR) separados por degrau.
	Flutuadores	Fixos, compondo com a fuselagem uma configuração tipo trimaran.
<b>Interna</b>	Duas fileiras de 4 e 8 assentos, respectivamente, separadas por um corredor central.	

Fonte: GUAHY, (2016)

Tabela 101 - Características básicas de projeto do WIG-C Inconfidente

<b>Características de Projeto</b>		
	<b>Descrição</b>	<b>Valor</b>
Peso	Máximo de decolagem	5094,30 kgf
	Vazio	3185,12 kgf
	Carga Paga	1219,26 kgf
Propulsão	Potência Disponível	650,00 hp
Geometria	Área Alar	103,45 m <sup>2</sup>
	Envergadura	16,16 m
	Comprimento	15,49 m
	Largura	2,26 m
Desempenho	Velocidade de Cruzeiro	151,42 km/h
	Velocidade de Estol	75,93 km/h
	Altura de Voo	2,00 m

Fonte: GUAHY, (2016)

## ÍNDICE ALFABÉTICO

### A

Aerodinâmica, 24  
Alexeev, 22  
Arrasto induzido, 24

### C

Centro aerodinâmico, 31  
Condições de contorno, 28, 29, 43  
Circulação, 26  
Condição de Kutta, 24, 28

### D

Downwash, 30, 34, 38, 39

### E

Efeito solo, 30  
Escoamento, 24  
Expansão assintótica, 41

### F

Função de corrente, 25

### H

Helmholtz, 29

### I

Isolinhas, 26

### K

Kaario, 22  
Kelvin, 24, 28  
Kutta-Joukowski, 24, 27

### L

Linha de corrente, 25, 26

### M

Métodos analíticos, 41  
Método da imagem, 29, 38  
Métodos numéricos, 35  
Modelo de Elemento de Fluido  
Infinitesimal, 25  
Modelo Molecular, 25  
Modelo de Volume de Controle Finito,  
25  
Momento de arfagem, 31

### P

Potencial de velocidade, 26  
Prandtl, 29

### V

Vorticidade, 26

### W

WIG, 22