



Laboratório 04 de MMT-02

Lara Campos Ibiapina¹, Reynaldo Santos de Lima²

¹ Curso de Engenharia Mecânica-Aeronáutica
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
São José dos Campos – SP – Brasil

¹laraibiapinalci@gmail.com, ²reynaldo.sdlima@gmail.com

Professor: Luiz Henrique Lindquist Whitacker

São José dos Campos, 3 de dezembro de 2021

Resumo. Neste relatório, executou-se o ensaio do turbojato SR-30. Foram adquiridas medidas diretas em condições de rotação distintas e, a partir delas, foram calculadas também medidas indiretas. A partir destas, construiu-se os gráficos de Consumo Específico de Combustível e Expulso tanto medidos quanto calculados em função da Rotação (figuras 14 e 15).

Tabela 1. Tabela de constantes molares do fluido em cada ponto.

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
$[J/kg.K]$				
286,8485	286,8485	285,2729	285,2729	285,2729

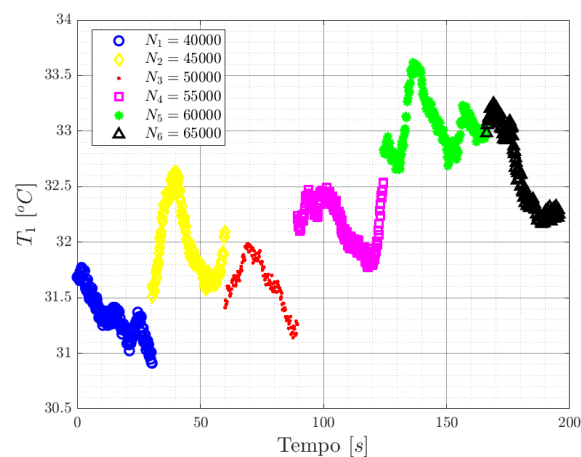


Figura 1. Temperatura na estação 1 pelo tempo.

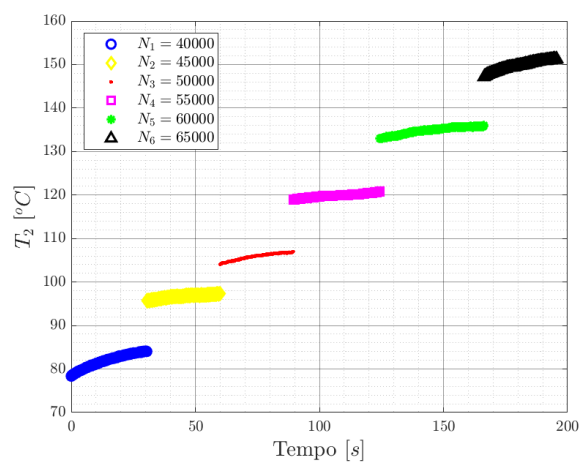


Figura 2. Temperatura na estação 2 pelo tempo.

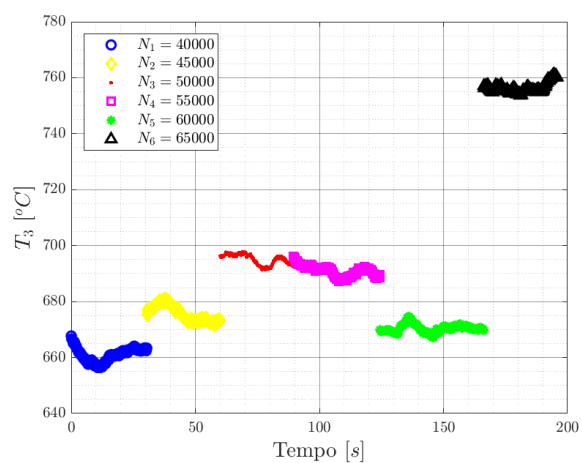


Figura 3. Temperatura na estação 3 pelo tempo.

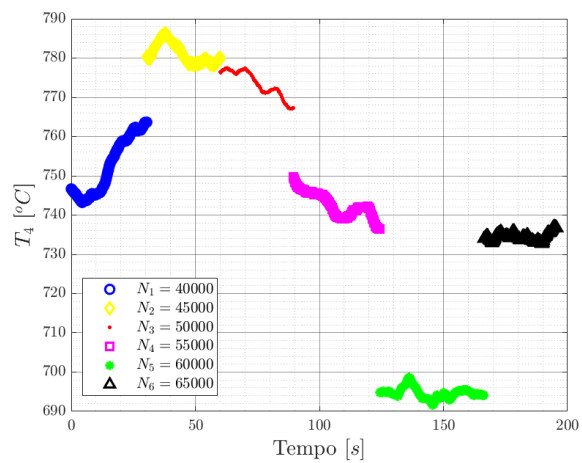


Figura 4. Temperatura na estação 4 pelo tempo.

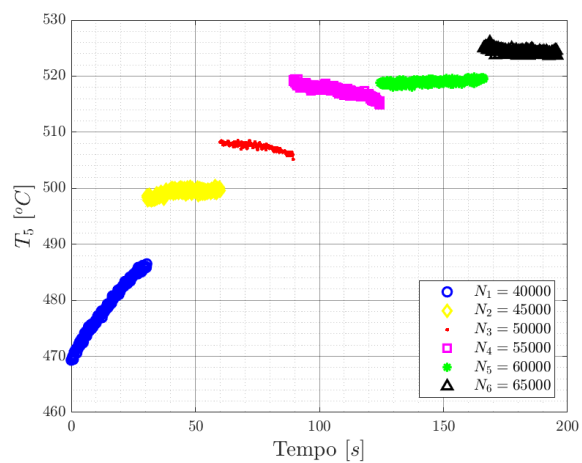


Figura 5. Temperatura na estação 5 pelo tempo.

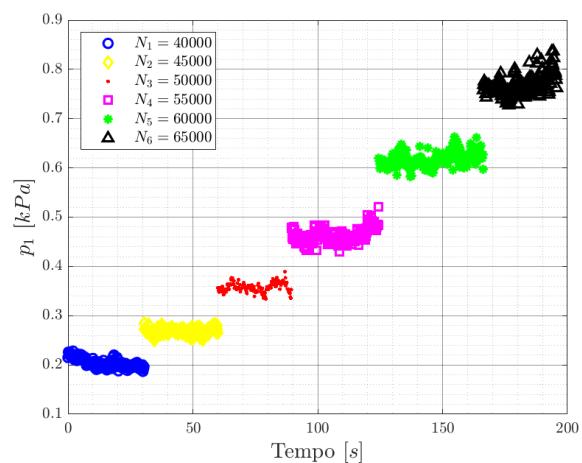


Figura 6. Pressão manométrica na estação 1 pelo tempo.

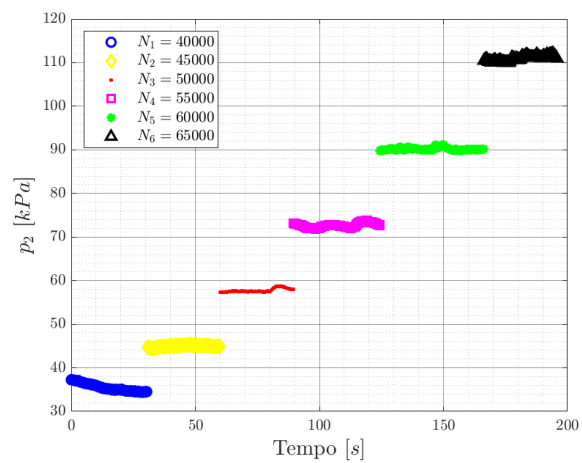


Figura 7. Pressão manométrica na estação 2 pelo tempo.

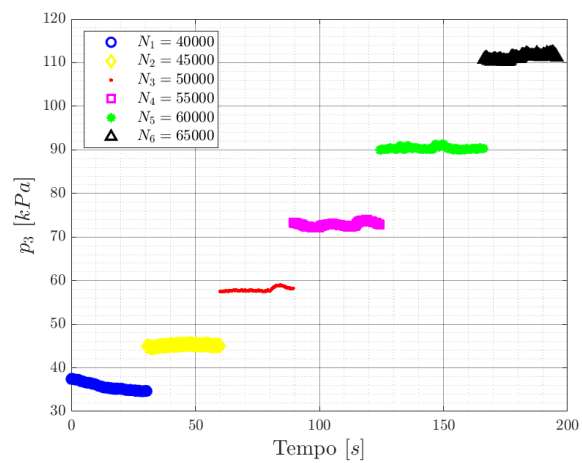


Figura 8. Pressão manométrica na estação 3 pelo tempo.

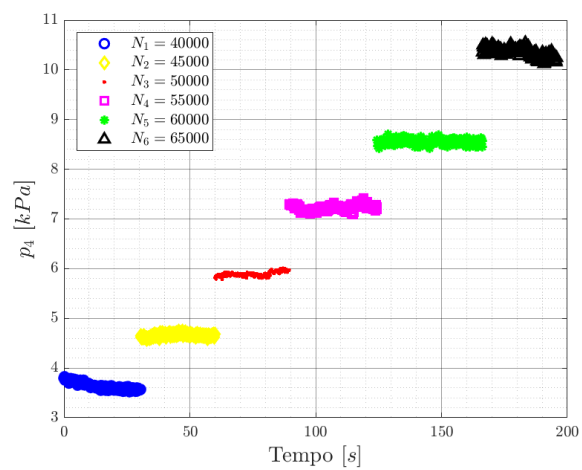


Figura 9. Pressão manométrica na estação 4 pelo tempo.

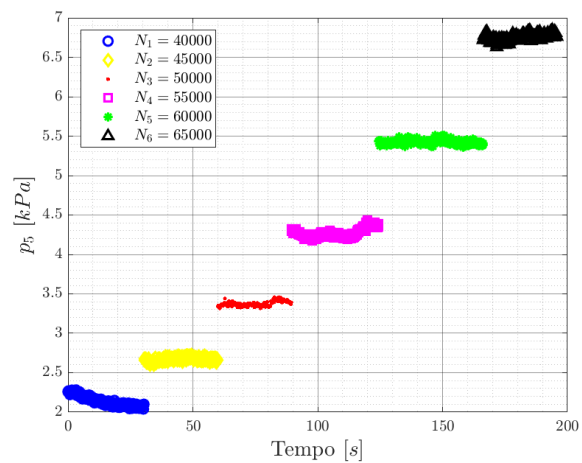


Figura 10. Pressão manométrica na estação 5 pelo tempo.

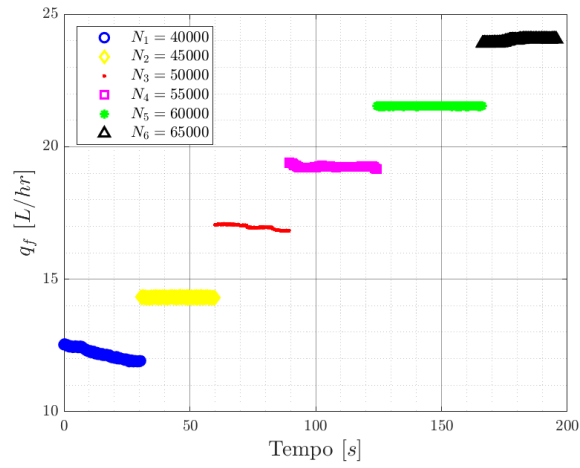


Figura 11. Consumo de combustível pelo tempo.

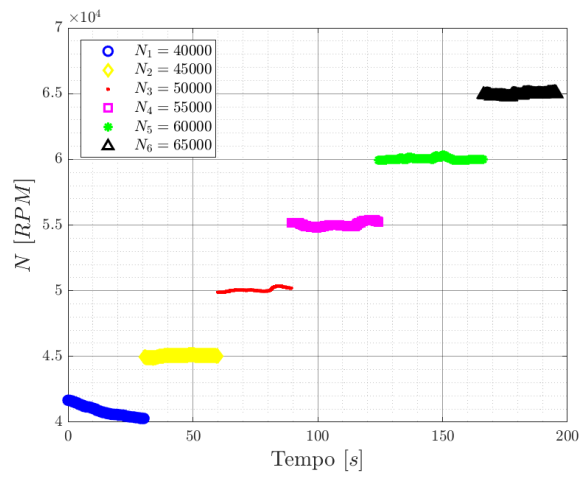


Figura 12. Rotação no motor pelo tempo.

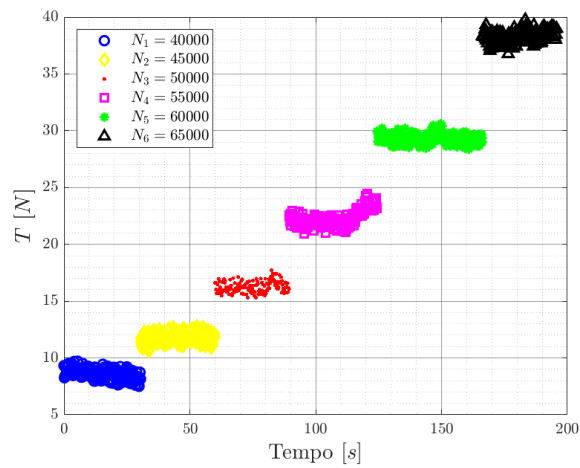


Figura 13. Tração no motor pelo tempo.

Tabela 2. Medições diretas de rotação, consumo de combustível e tração.

n	N [RPM]	q_f [L/h]	T_m [N]
1	40830, 571 ± 67, 325	12, 184 ± 0, 035	8, 602 ± 0, 081
2	45040, 758 ± 10, 830	14, 315 ± 0, 010	11, 823 ± 0, 078
3	50073, 464 ± 22, 768	16, 973 ± 0, 017	16, 271 ± 0, 082
4	55042, 023 ± 25, 749	19, 245 ± 0, 012	22, 278 ± 0, 110
5	60030, 714 ± 12, 542	21, 532 ± 0, 010	29, 325 ± 0, 063
6	64906, 242 ± 16, 144	23, 999 ± 0, 014	38, 269 ± 0, 090

Tabela 3. Medições diretas das temperaturas.

n	T₁ [K]	T₂ [K]	T₃ [K]	T₄ [K]	T₅ [K]
1	304, 336 ± 0, 033	354, 934 ± 0, 259	933, 954 ± 0, 399	1025, 494 ± 1, 170	751, 970 ± 0, 788
2	304, 986 ± 0, 054	369, 681 ± 0, 074	948, 653 ± 0, 452	1054, 107 ± 0, 416	772, 289 ± 0, 095
3	304, 625 ± 0, 038	378, 830 ± 0, 132	968, 097 ± 0, 309	1046, 492 ± 0, 539	780, 383 ± 0, 114
4	305, 166 ± 0, 033	392, 876 ± 0, 069	963, 969 ± 0, 294	1015, 587 ± 0, 476	790, 423 ± 0, 138
5	306, 054 ± 0, 035	407, 808 ± 0, 117	943, 410 ± 0, 195	967, 657 ± 0, 182	791, 970 ± 0, 051
6	305, 622 ± 0, 062	422, 693 ± 0, 184	1029, 345 ± 0, 284	1007, 534 ± 0, 168	797, 360 ± 0, 067

Tabela 4. Medições diretas das pressões manométricas.

n	P₁ [kPa]	P₂ [kPa]	P₃ [kPa]	P₄ [kPa]	P₅ [kPa]
1	0, 203 ± 0, 010	35, 473 ± 0, 142	35, 690 ± 0, 144	3, 635 ± 0, 016	2, 139 ± 0, 014
2	0, 268 ± 0, 010	44, 971 ± 0, 037	45, 164 ± 0, 037	4, 660 ± 0, 011	2, 670 ± 0, 011
3	0, 358 ± 0, 010	57, 768 ± 0, 072	57, 943 ± 0, 071	5, 891 ± 0, 013	3, 374 ± 0, 011
4	0, 462 ± 0, 010	72, 684 ± 0, 076	72, 875 ± 0, 074	7, 225 ± 0, 014	4, 272 ± 0, 013
5	0, 617 ± 0, 010	90, 193 ± 0, 041	90, 363 ± 0, 042	8, 549 ± 0, 013	5, 424 ± 0, 011
6	0, 767 ± 0, 011	110, 954 ± 0, 097	111, 218 ± 0, 097	10, 346 ± 0, 018	6, 752 ± 0, 012

Tabela 5. Medições indiretas, estação 1.

n	p ₁ ^{abs} [kPa]	TT ₁ [K]	V ₁ [m/s]	h ₁ ^T [J/kg]	Q ₁ [m ³ /s]	m ₁ [kg/s]	a ₁ [m/s]	M ₁	ρ ₁ [kg/m ³]
1	91, 283 ± 0, 010	304, 53 ± 0, 01	19, 718 ± 0, 490	306052 ± 10	0, 069014 ± 0, 00172	0, 072165 ± 0, 00179	349, 597 ± 0, 019	0, 056403 ± 0, 001402	1, 0457 ± 0, 0002
2	91, 348 ± 0, 010	305, 24 ± 0, 01	22, 669 ± 0, 425	306768 ± 10	0, 079341 ± 0, 00149	0, 082844 ± 0, 00155	349, 970 ± 0, 0311	0, 064773 ± 0, 001214	1, 0442 ± 0, 0002
3	91, 438 ± 0, 010	304, 97 ± 0, 01	26, 146 ± 0, 370	306490 ± 10	0, 091511 ± 0, 00129	0, 095760 ± 0, 00135	349, 762 ± 0, 0218	0, 074754 ± 0, 001057	1, 0464 ± 0, 00023
4	91, 542 ± 0, 010	305, 61 ± 0, 01	29, 731 ± 0, 330	307133 ± 10	0, 104059 ± 0, 00115	0, 108821 ± 0, 00121	350, 073 ± 0, 0189	0, 084928 ± 0, 000941	1, 0458 ± 0, 0002
5	91, 697 ± 0, 010	306, 64 ± 0, 01	34, 375 ± 0, 285	308176 ± 10	0, 120312 ± 0, 00100	0, 125665 ± 0, 00104	350, 582 ± 0, 0199	0, 098051 ± 0, 000811	1, 0445 ± 0, 0002
6	91, 849 ± 0, 011	306, 35 ± 0, 01	38, 303 ± 0, 263	307884 ± 10	0, 134061 ± 0, 00092	0, 140455 ± 0, 00097	350, 334 ± 0, 0355	0, 109333 ± 0, 000751	1, 0477 ± 0, 0002

Tabela 6. Medições indiretas, estação 2.

n	p ₂ ^{abs} [kPa]	TT ₂ [K]	V ₂ [m/s]	h ₂ ^T [J/kg]	Q ₂ [m ³ /s]	m ₂ [kg/s]	a ₂ [m/s]	M ₂	ρ ₂ [kg/m ³]
1	126, 55 ± 0, 14	383, 33 ± 0, 12	238, 91 ± 0, 50	385246 ± 120	0, 05806 ± 0, 00144	0, 072165 ± 0, 00179	377, 541 ± 0, 138	0, 632793 ± 0, 001354	1, 2430 ± 0, 0017
2	136, 05 ± 0, 04	404, 56 ± 0, 03	264, 77 ± 0, 12	406581 ± 31	0, 06457 ± 0, 00121	0, 082844 ± 0, 00155	385, 304 ± 0, 039	0, 687174 ± 0, 000311	1, 2830 ± 0, 0004
3	148, 85 ± 0, 07	420, 79 ± 0, 06	290, 43 ± 0, 20	422898 ± 58	0, 06991 ± 0, 00099	0, 095760 ± 0, 00135	390, 043 ± 0, 068	0, 744601 ± 0, 000531	1, 3698 ± 0, 0008
4	163, 76 ± 0, 08	442, 65 ± 0, 06	316, 29 ± 0, 18	444858 ± 58	0, 07489 ± 0, 00083	0, 108821 ± 0, 00121	397, 208 ± 0, 035	0, 796270 ± 0, 000468	1, 4532 ± 0, 0007
5	181, 27 ± 0, 04	465, 72 ± 0, 03	341, 18 ± 0, 10	468051 ± 34	0, 08109 ± 0, 00067	0, 125665 ± 0, 00104	404, 686 ± 0, 058	0, 843083 ± 0, 000275	1, 5496 ± 0, 0006
6	202, 03 ± 0, 10	488, 95 ± 0, 07	364, 93 ± 0, 20	491394 ± 72	0, 08429 ± 0, 00058	0, 140455 ± 0, 00097	412, 005 ± 0, 090	0, 885748 ± 0, 000518	1, 6663 ± 0, 0011

Tabela 7. Medições indiretas, estação 3.

n	p ₃ ^{abs} [kPa]	TT ₃ [K]	V ₃ [m/s]	h ₃ ^T [J/kg]	Q ₃ [m ³ /s]	m ₃ [kg/s]	a ₃ [m/s]	M ₃	ρ ₃ [kg/m ³]
1	126, 77 ± 0, 14	999, 29 ± 0, 27	387, 32 ± 0, 81	1147187 ± 315	0, 22656 ± 0, 00085	0, 10780 ± 0, 00038	595, 948 ± 0, 127	0, 649925 ± 0, 001372	0, 475805 ± 0, 000576
2	136, 24 ± 0, 04	1026, 8 ± 0, 1	423, 58 ± 0, 21	1178765 ± 88	0, 23671 ± 0, 00049	0, 11917 ± 0, 00024	600, 619 ± 0, 143	0, 705241 ± 0, 000388	0, 503442 ± 0, 000276
3	149, 02 ± 0, 07	1061, 6 ± 0, 1	463, 42 ± 0, 32	1218756 ± 146	0, 24792 ± 0, 00045	0, 13378 ± 0, 00023	606, 743 ± 0, 097	0, 763788 ± 0, 000533	0, 539601 ± 0, 000310
4	163, 96 ± 0, 07	1070, 4 ± 0, 1	494, 43 ± 0, 28	1228866 ± 140	0, 25203 ± 0, 00042	0, 15026 ± 0, 00024	605, 448 ± 0, 092	0, 816634 ± 0, 000485	0, 596214 ± 0, 000324
5	181, 44 ± 0, 04	1060, 2 ± 0, 1	517, 75 ± 0, 14	1217067 ± 74	0, 25241 ± 0, 00027	0, 17017 ± 0, 00017	598, 957 ± 0, 062	0, 864421 ± 0, 000256	0, 674185 ± 0, 000208
6	202, 30 ± 0, 10	1167, 0 ± 0, 1	568, 22 ± 0, 29	1343125 ± 166	0, 27657 ± 0, 00029	0, 19053 ± 0, 00017	625, 641 ± 0, 086	0, 908220 ± 0, 000483	0, 688920 ± 0, 000380

Tabela 8. Medições indiretas, estação 4.

n	p ₄ ^{abs} [kPa]	T _{T4} [K]	V ₄ [m/s]	h ₄ ^T [J/kg]	Q ₄ [m ³ /s]	ṁ ₄ [kg/s]	a ₄ [m/s]	M ₄	ρ ₄ [kg/m ³]
1	94, 715 ± 0, 016	1035, 3 ± 0, 1	149, 85 ± 0, 33	1188495 ± 50	0, 33296 ± 0, 00124	0, 10780 ± 0, 00038	624, 470 ± 0, 356	0, 239966 ± 0, 000553	0, 323762 ± 0, 000373
2	95, 740 ± 0, 011	1066, 9 ± 0, 1	171, 09 ± 0, 21	1224750 ± 36	0, 37429 ± 0, 00078	0, 11917 ± 0, 00024	633, 122 ± 0, 125	0, 270227 ± 0, 000337	0, 318381 ± 0, 000131
3	96, 971 ± 0, 013	1062, 3 ± 0, 1	190, 46 ± 0, 21	1219510 ± 40	0, 41184 ± 0, 00074	0, 13378 ± 0, 00023	630, 831 ± 0, 163	0, 301912 ± 0, 000343	0, 324823 ± 0, 000173
4	98, 305 ± 0, 014	1034, 1 ± 0, 1	206, 37 ± 0, 20	1187188 ± 42	0, 44285 ± 0, 00074	0, 15026 ± 0, 00024	621, 447 ± 0, 146	0, 332073 ± 0, 000338	0, 339311 ± 0, 000166
5	99, 629 ± 0, 013	988, 29 ± 0, 03	217, 66 ± 0, 16	1134558 ± 34	0, 47150 ± 0, 00049	0, 17017 ± 0, 00017	606, 605 ± 0, 057	0, 358816 ± 0, 000267	0, 360916 ± 0, 000082
6	101, 43 ± 0, 02	1033, 1 ± 0, 1	242, 16 ± 0, 22	1185968 ± 52	0, 53993 ± 0, 00051	0, 19053 ± 0, 00017	618, 978 ± 0, 052	0, 391217 ± 0, 000349	0, 352883 ± 0, 000087

Tabela 9. Medições indiretas, estação 5.

n	p ₅ ^{abs} [kPa]	T _{T5} [K]	V ₅ [m/s]	h ₅ ^T [J/kg]	Q ₅ [m ³ /s]	ṁ ₅ [kg/s]	a ₅ [m/s]	M ₅	ρ ₅ [kg/m ³]
1	93, 219 ± 0, 014	756, 26 ± 0, 03	99, 227 ± 0, 334	868185 ± 33	0, 24807 ± 0, 00084	0, 10780 ± 0, 00038	534, 744 ± 0, 280	0, 185560 ± 0, 000633	0, 434555 ± 0, 000460
2	93, 750 ± 0, 011	777, 76 ± 0, 02	112, 02 ± 0, 23	892862 ± 25	0, 28005 ± 0, 00057	0, 11917 ± 0, 00024	541, 920 ± 0, 033	0, 206707 ± 0, 000419	0, 425530 ± 0, 000072
3	94, 454 ± 0, 011	787, 31 ± 0, 02	126, 12 ± 0, 21	903833 ± 27	0, 31530 ± 0, 00053	0, 13378 ± 0, 00023	544, 753 ± 0, 040	0, 231518 ± 0, 000393	0, 424281 ± 0, 000081
4	95, 352 ± 0, 013	799, 22 ± 0, 03	142, 14 ± 0, 22	917506 ± 32	0, 35534 ± 0, 00056	0, 15026 ± 0, 00024	548, 245 ± 0, 048	0, 259258 ± 0, 000409	0, 422871 ± 0, 000095
5	96, 504 ± 0, 011	803, 03 ± 0, 02	159, 36 ± 0, 16	921878 ± 26	0, 39840 ± 0, 00040	0, 17017 ± 0, 00017	548, 782 ± 0, 018	0, 290386 ± 0, 000291	0, 427145 ± 0, 000055
6	97, 832 ± 0, 012	811, 04 ± 0, 02	177, 20 ± 0, 16	931069 ± 28	0, 44300 ± 0, 00040	0, 19053 ± 0, 00017	550, 646 ± 0, 023	0, 321802 ± 0, 000287	0, 430098 ± 0, 000064

Tabela 10. Medições de desempenho.

n	W _C [J/kg]	W _T [J/kg]	W _{CC} [J/kg]	η	T _i [N]	SFC [L/hr.kg]
1	79193, 8 ± 120, 7	41306, 9 ± 319, 1	761941, 6 ± 337, 3	-0, 04972 ± 0, 00044	9, 2736 ± 0, 0723	12, 888 ± 0, 107
2	99813, 0 ± 32, 4	45985, 2 ± 95, 9	772183, 9 ± 94, 1	-0, 06971 ± 0, 00013	11, 471 ± 0, 0628	12, 242 ± 0, 068
3	116409, 0 ± 59, 1	753, 019 ± 151, 3	795858, 1 ± 157, 1	-0, 14532 ± 0, 00021	14, 368 ± 0, 0645	11, 588 ± 0, 053
4	137724, 8 ± 58, 9	41678, 5 ± 146, 4	784008, 0 ± 151, 7	-0, 12251 ± 0, 00020	18, 123 ± 0, 0697	10, 418 ± 0, 041
5	159875, 1 ± 35, 5	82509, 2 ± 82, 1	749016, 8 ± 81, 8	-0, 10329 ± 0, 00012	22, 799 ± 0, 0636	9, 2650 ± 0, 026
6	183509, 9 ± 73, 1	157157 ± 173, 9	851731, 4 ± 181, 0	-0, 03094 ± 0, 00022	28, 382 ± 0, 0676	8, 2951 ± 0, 020

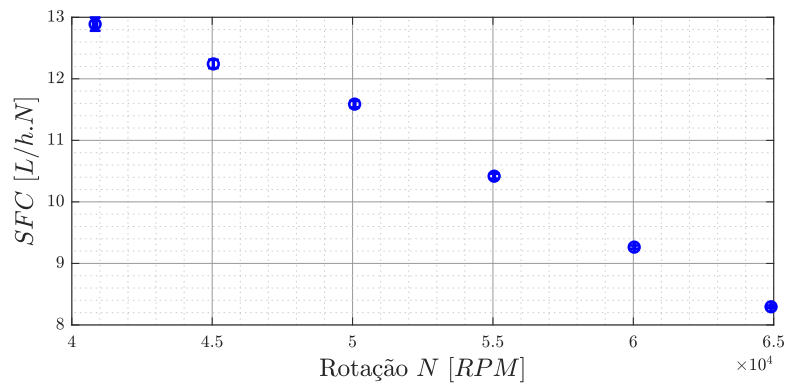


Figura 14. SFC em função da rotação N .

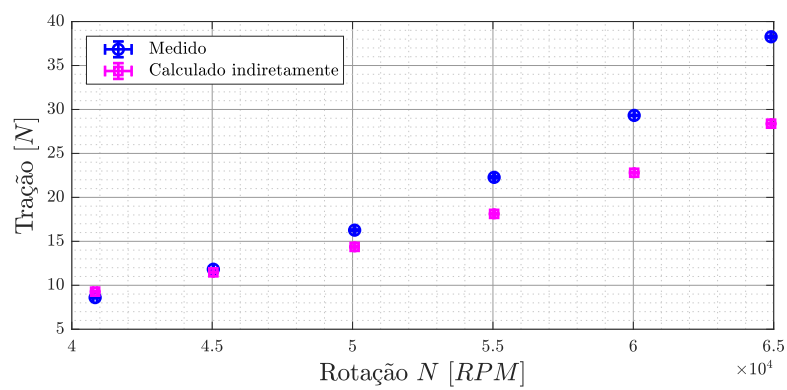


Figura 15. Empuxo em função da rotação N , comparando-se os valores medido e calculado indiretamente.