

# **MEMÓRIA DE CÁLCULO DE FUNDAÇÕES**

## **ANEXO II**

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL**

**BRASÍLIA - DF**

**MAFRA ARQUITETOS ASSOCIADOS**

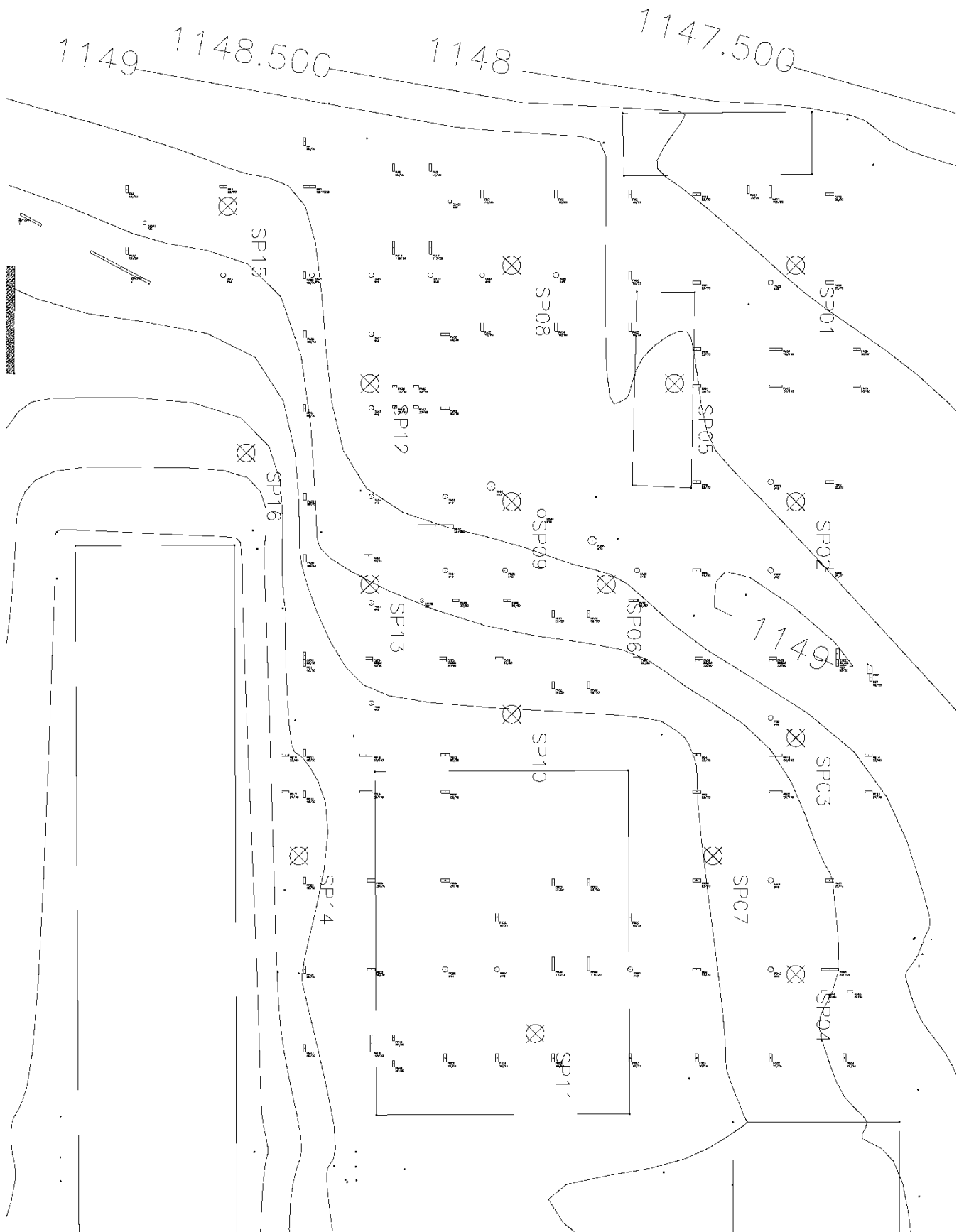
---

## 1. *Dados de Projeto*

---

Para a obra ora em estudo, foram encaminhadas as sondagens à percussão, baseada no ensaio tipo SPT (*Standard Penetration Test*), perfazendo-se um total de 16 furos de sondagem. O relatório técnico apresenta como prefixo da obra 215.17 – ano 2017 (Coordenadas geográficas - não informadas), da empresa A1MC Engenharia e Projetos, datado em 11 de julho de 2017 (folha FS-01). A Figura 1 representa a locação dos furos de sondagem e dos pilares de fundação. Os resultados das sondagens estão representados pelas Figuras 2 a 17.

A planta de locação dos pilares de fundação e de cargas foram produzidas pela *Quattor Engenharia* e são apresentadas neste texto mais adiante.



**Figura 1** Localização e apresentação dos furos de sondagem de 2017 em conjunto com a planta dos pilares das fundações.

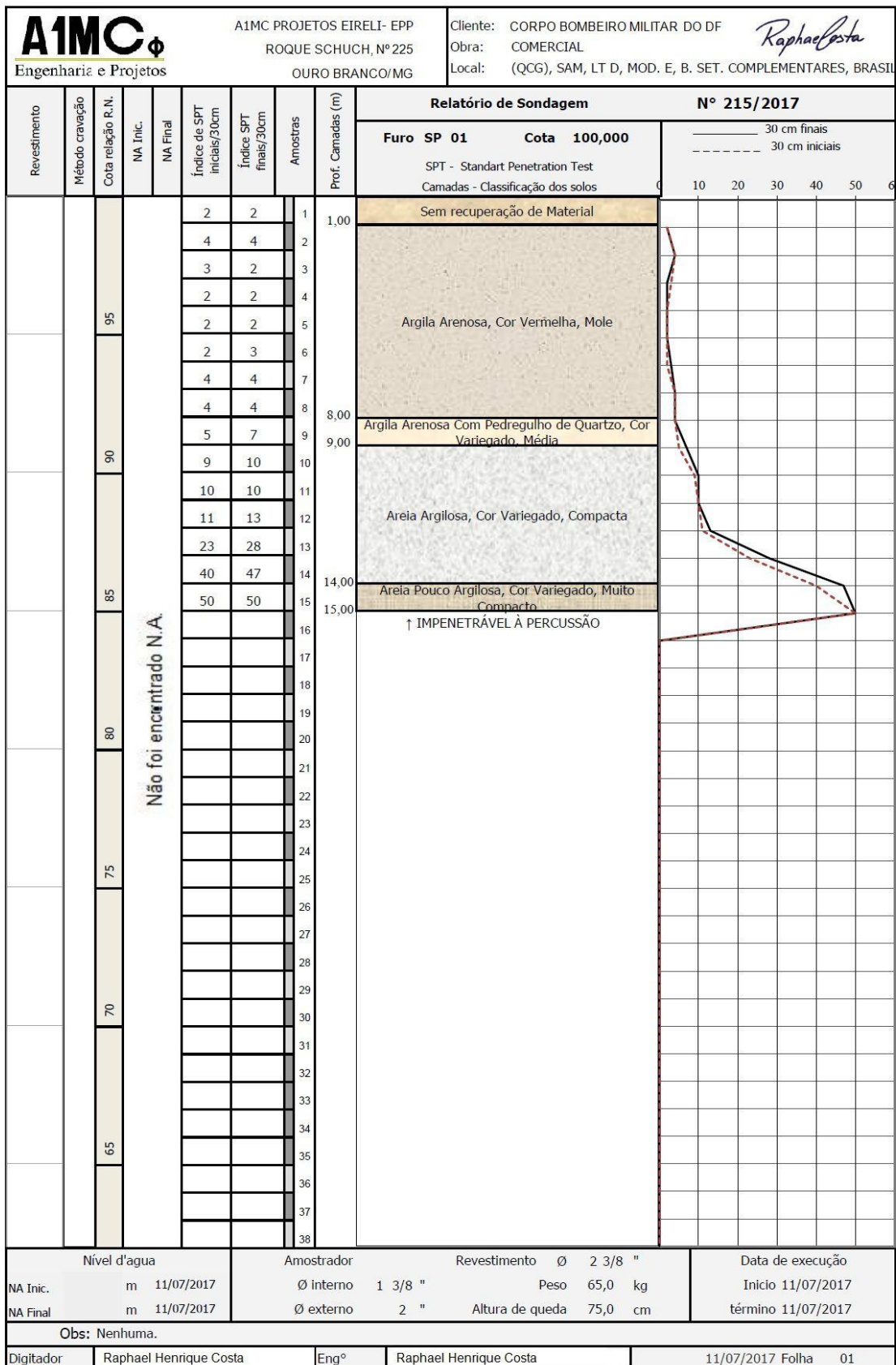


Figura 2 Furo de sondagem SP-01.

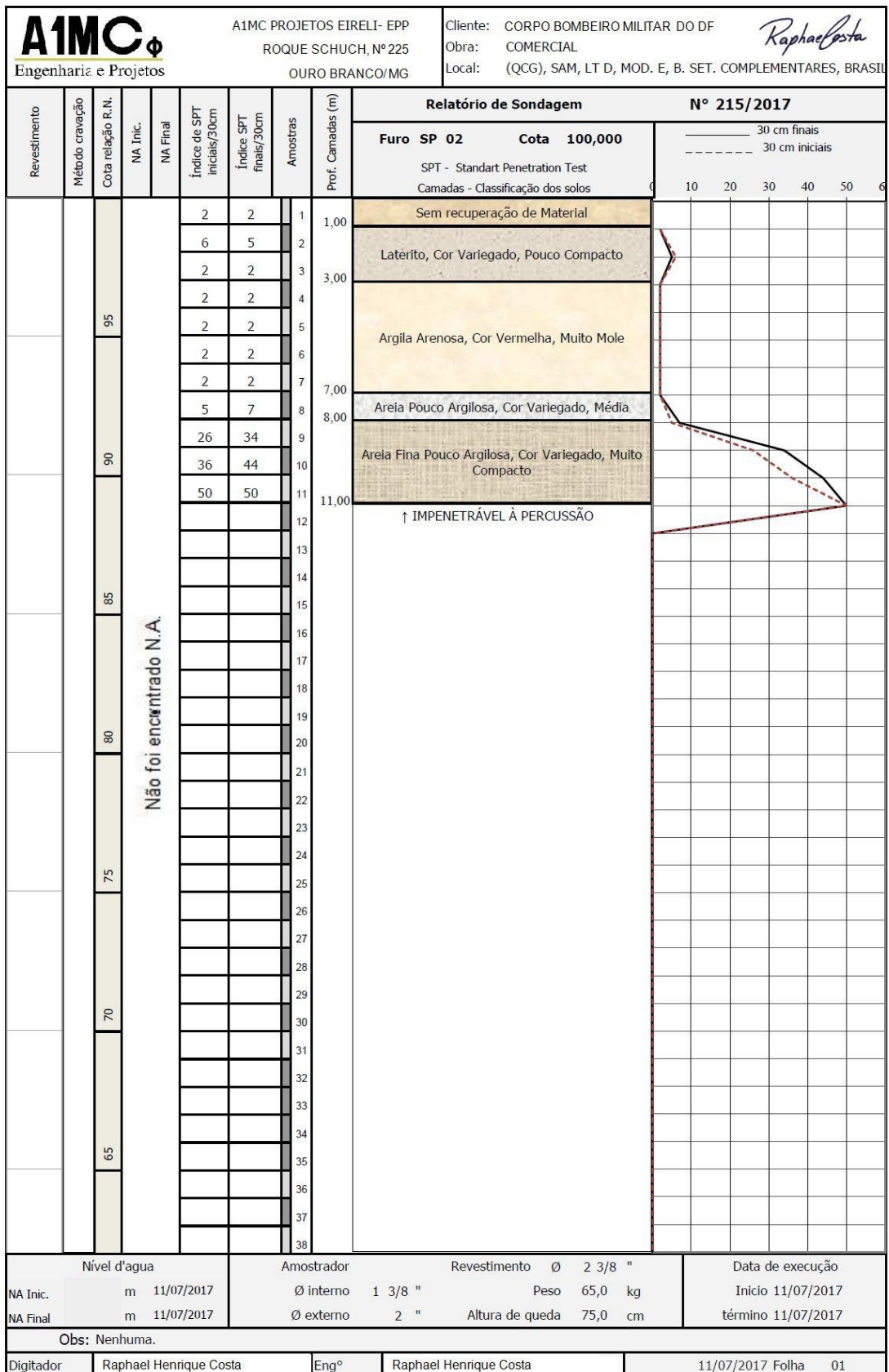


Figura 3 Furo de sondagem SP-02

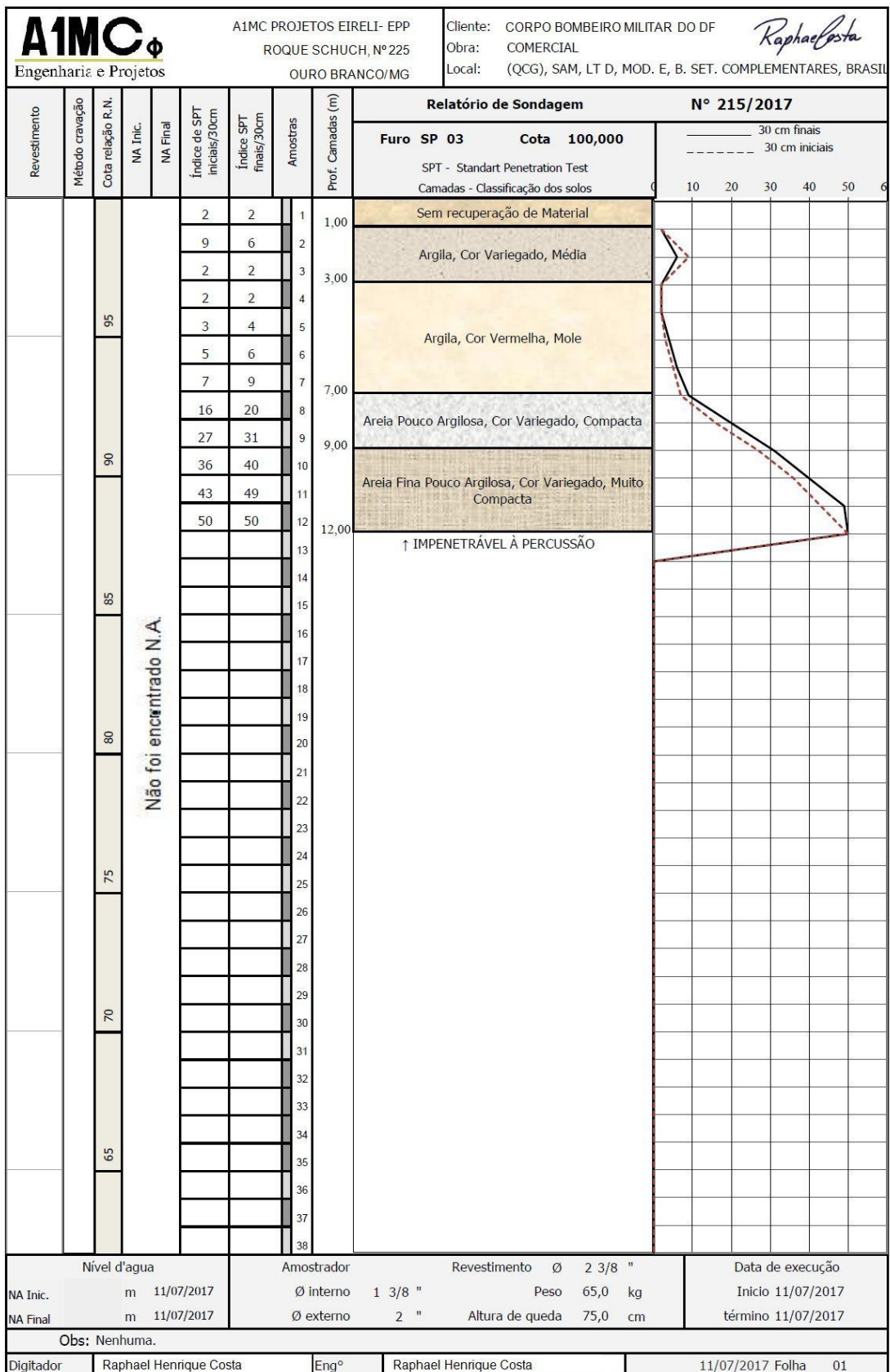


Figura 4 Furo de sondagem SP-03.

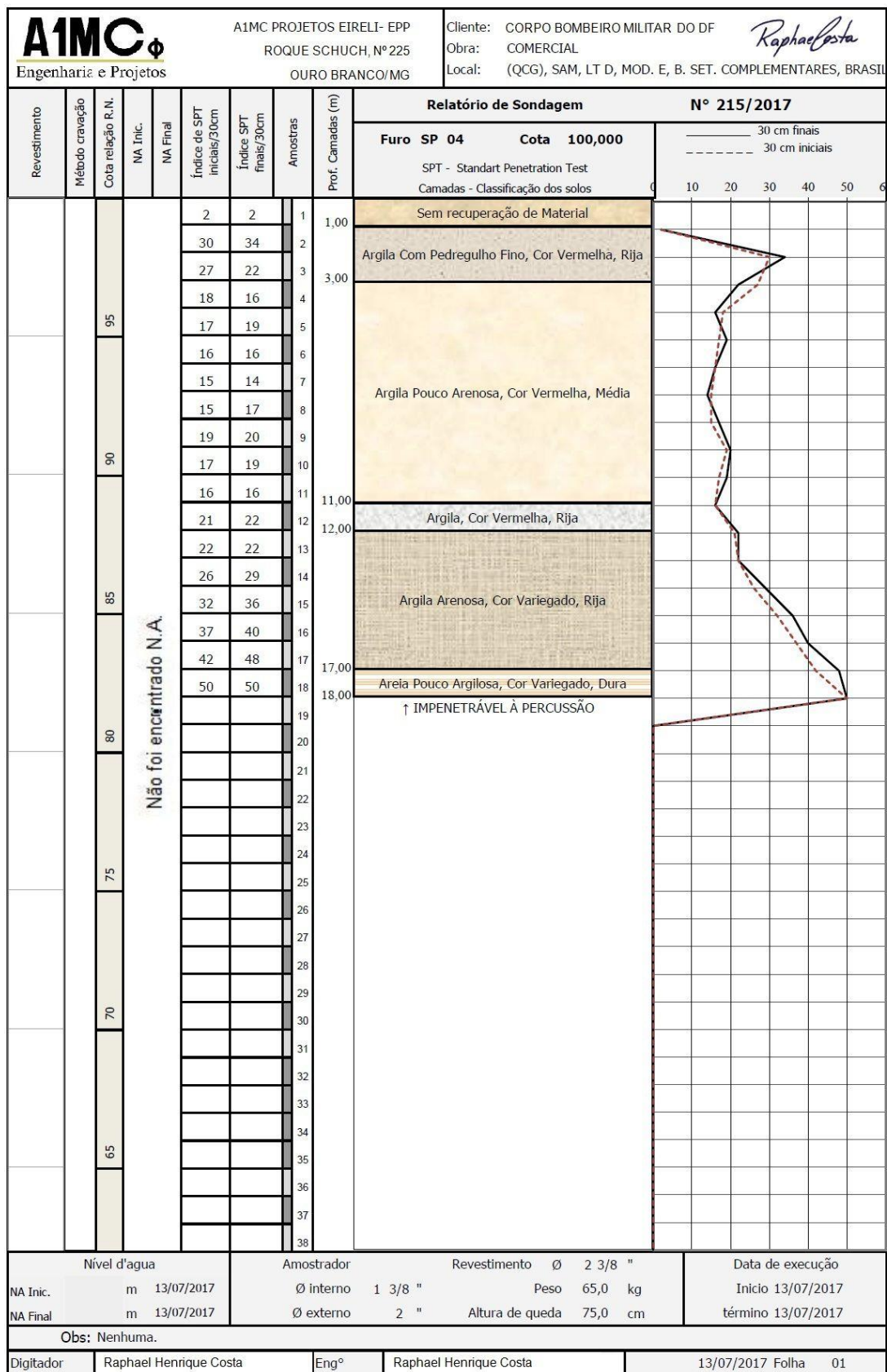


Figura 5 Furo de sondagem SP-04



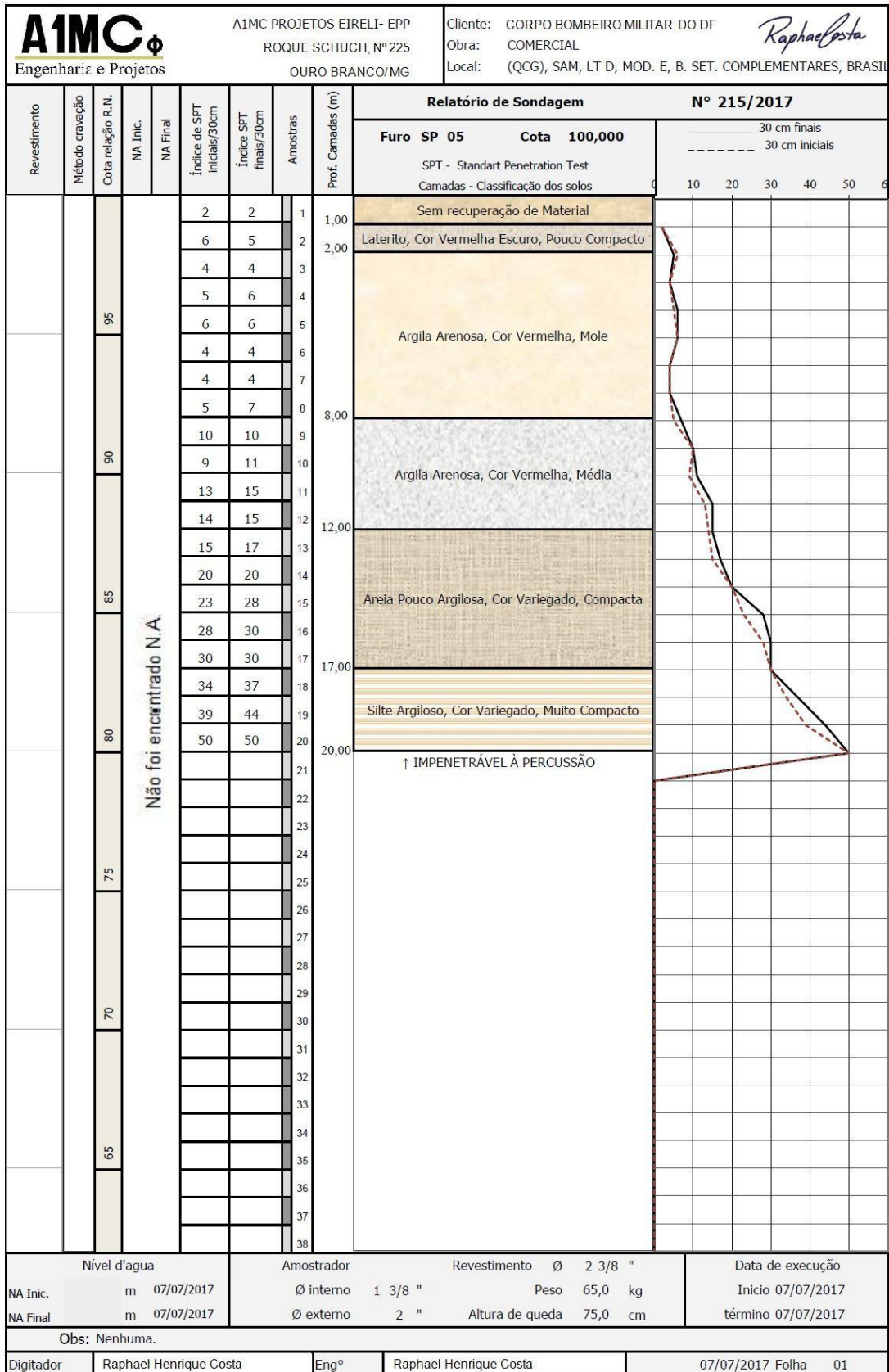


Figura 6 Furo de sondagem SP-05.



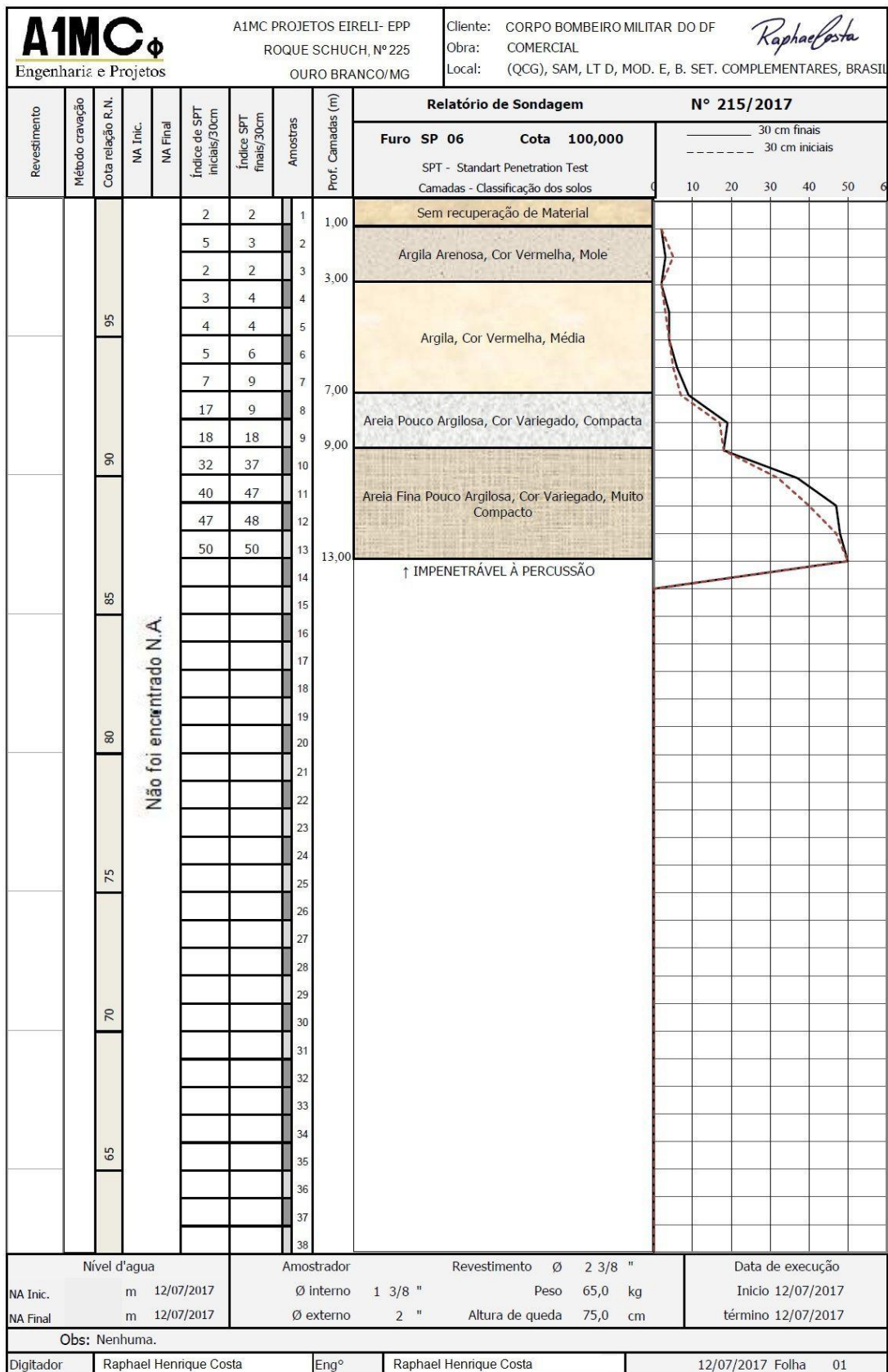


Figura 7 Furo de sondagem SP-06.

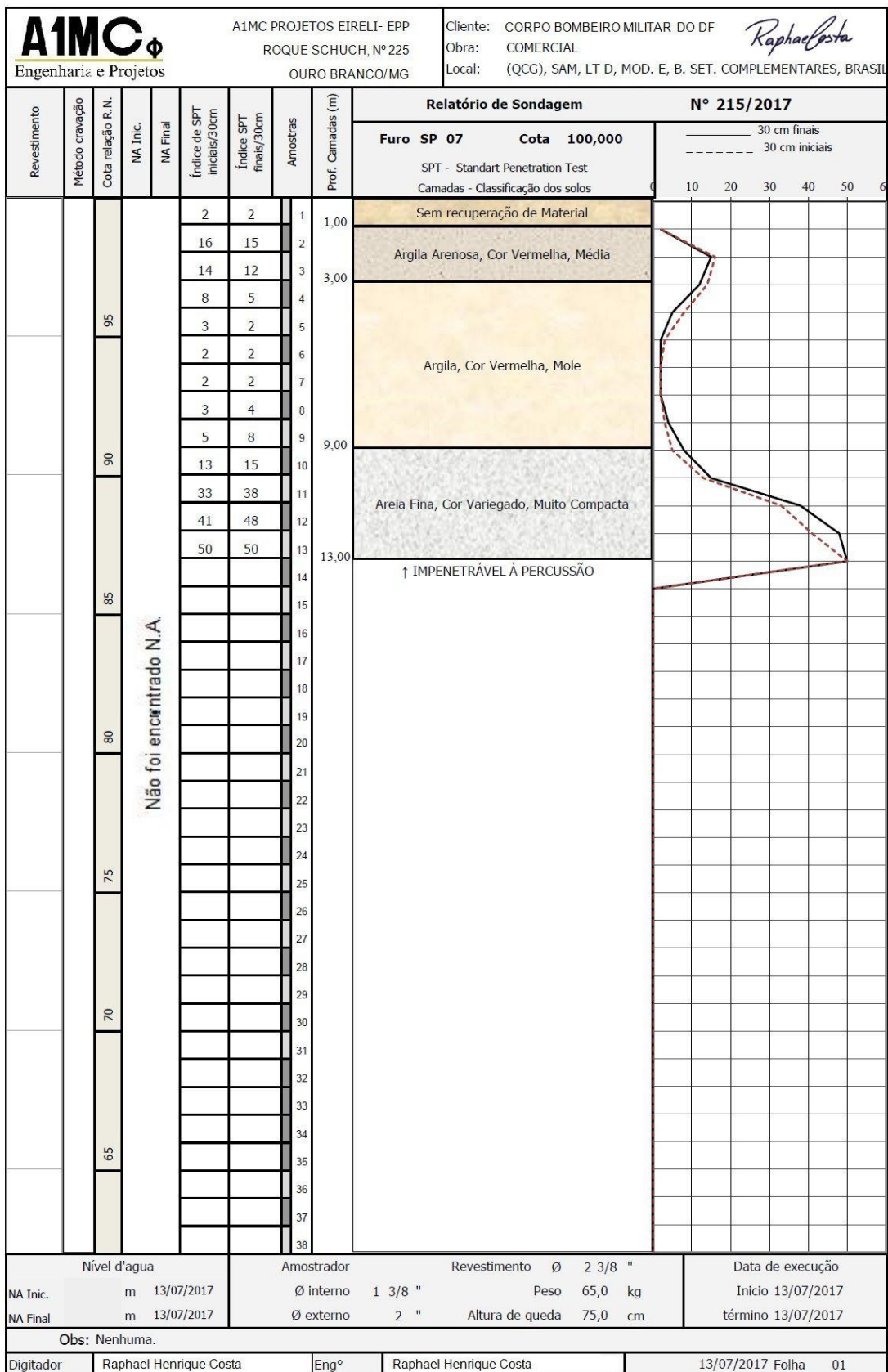


Figura 8 Furo de sondagem SP-07.

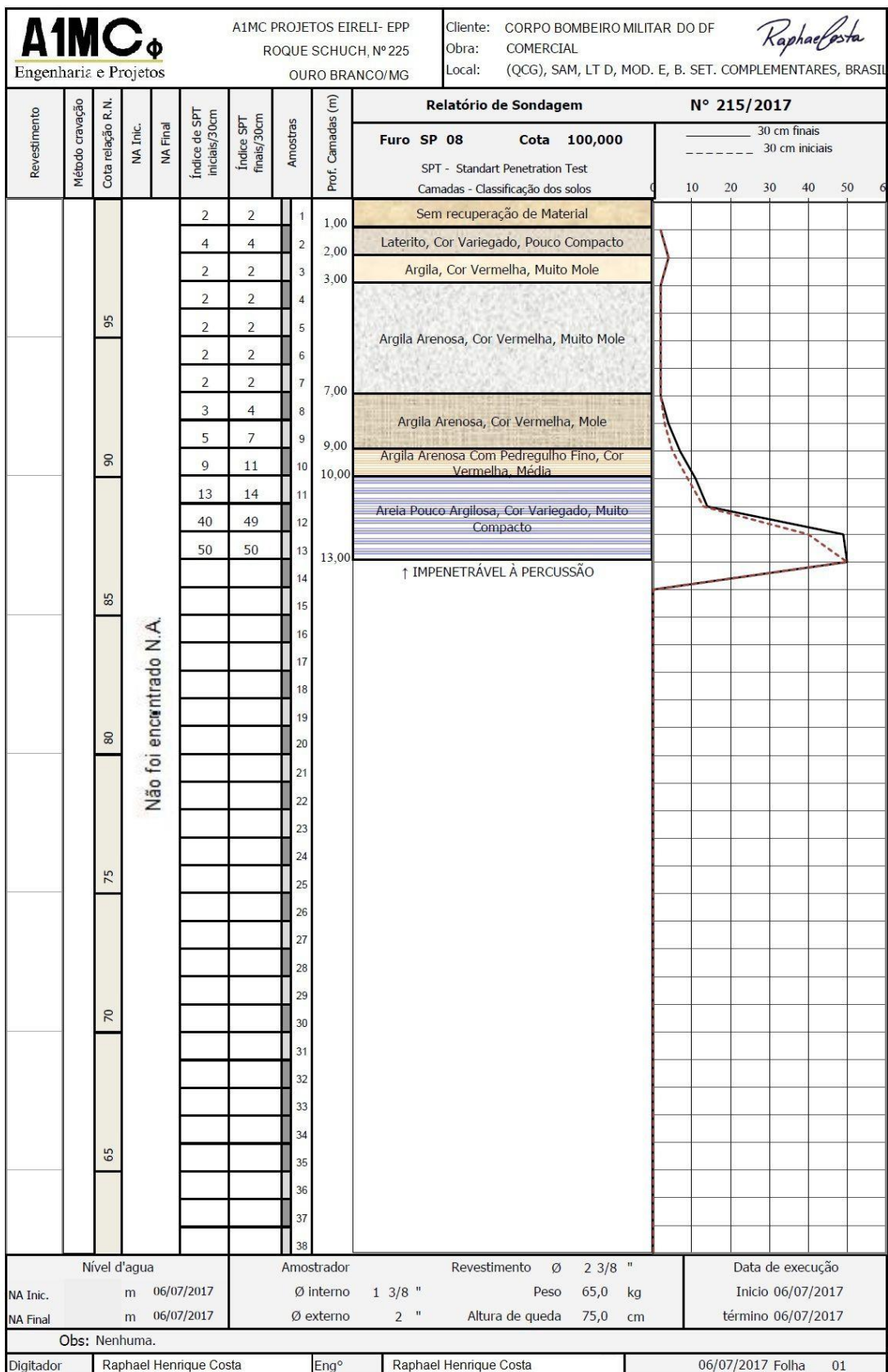


Figura 9 Furo de sondagem SP-08.

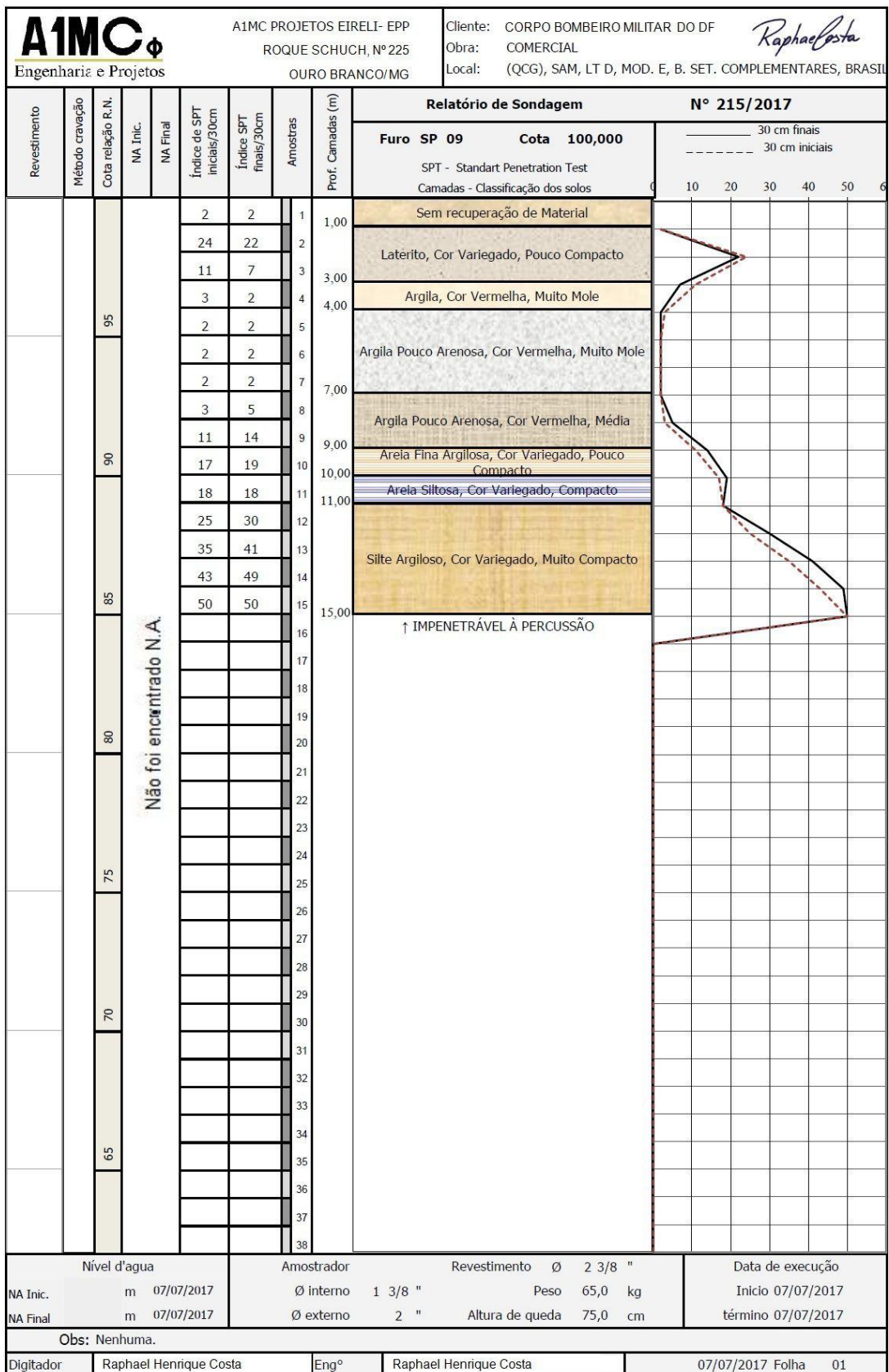
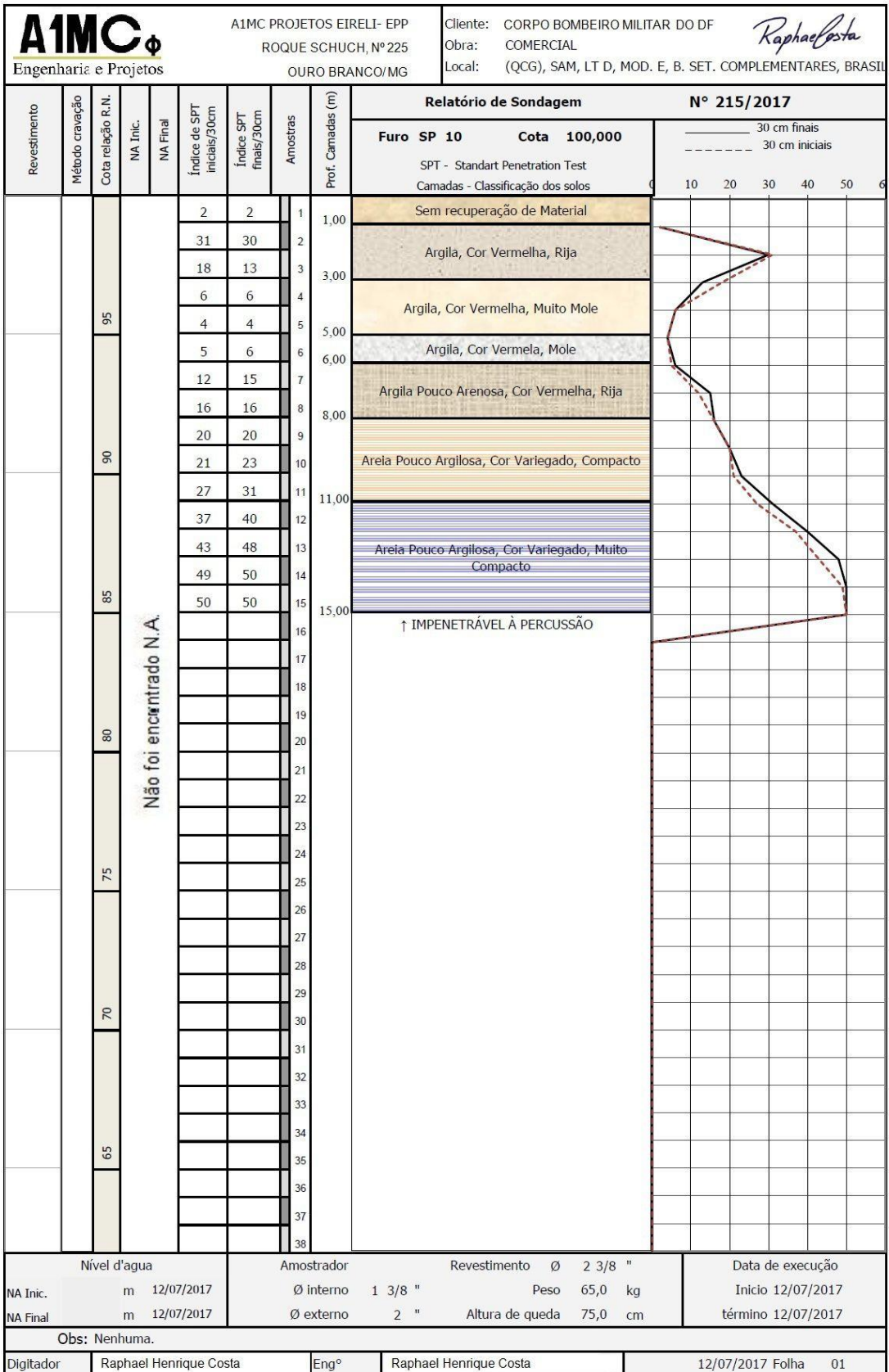


Figura 10 Furo de sondagem SP-09.





**Figura 11** Furo de sondagem SP-10.

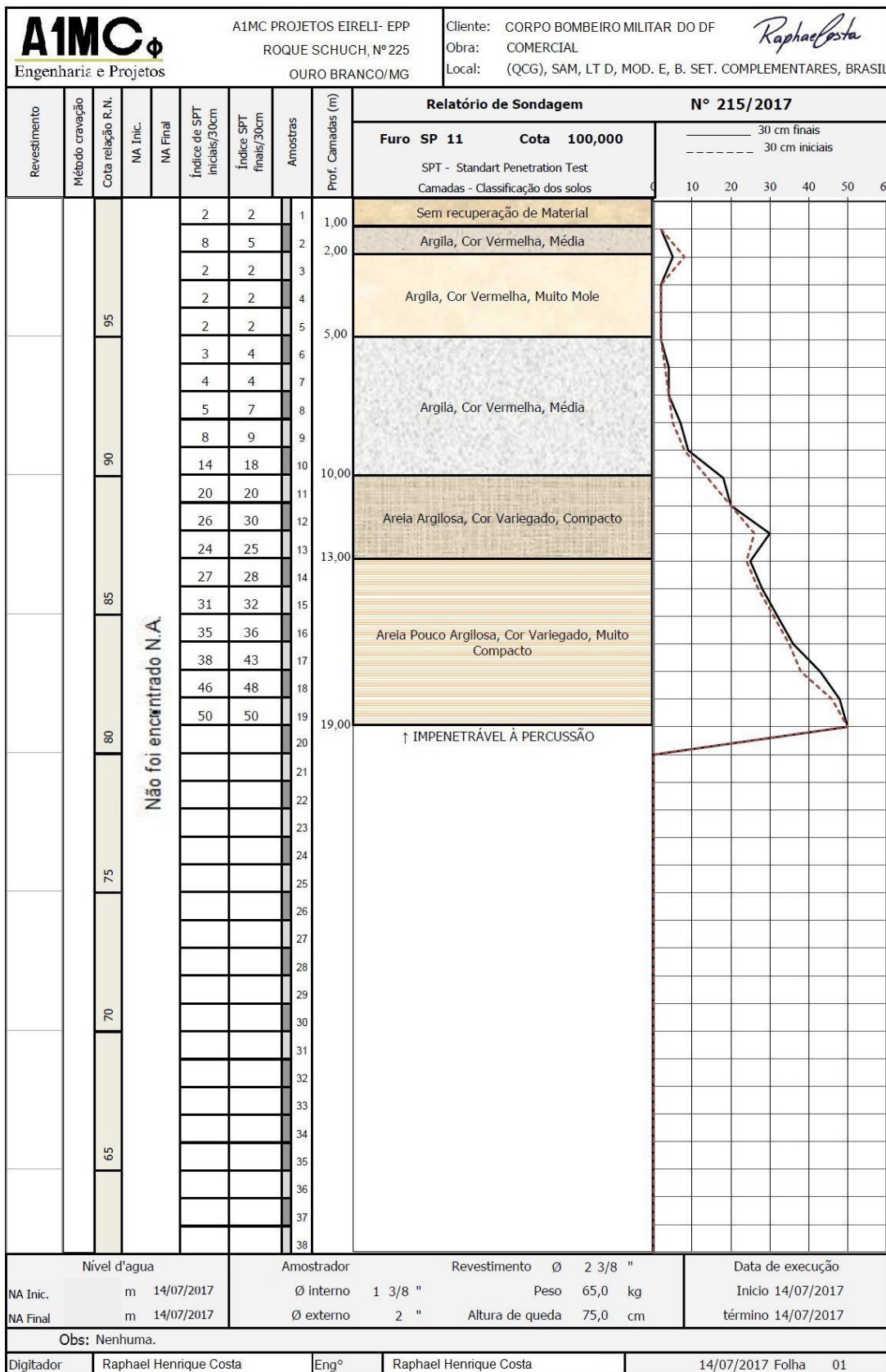


Figura 12 Furo de sondagem SP-11.



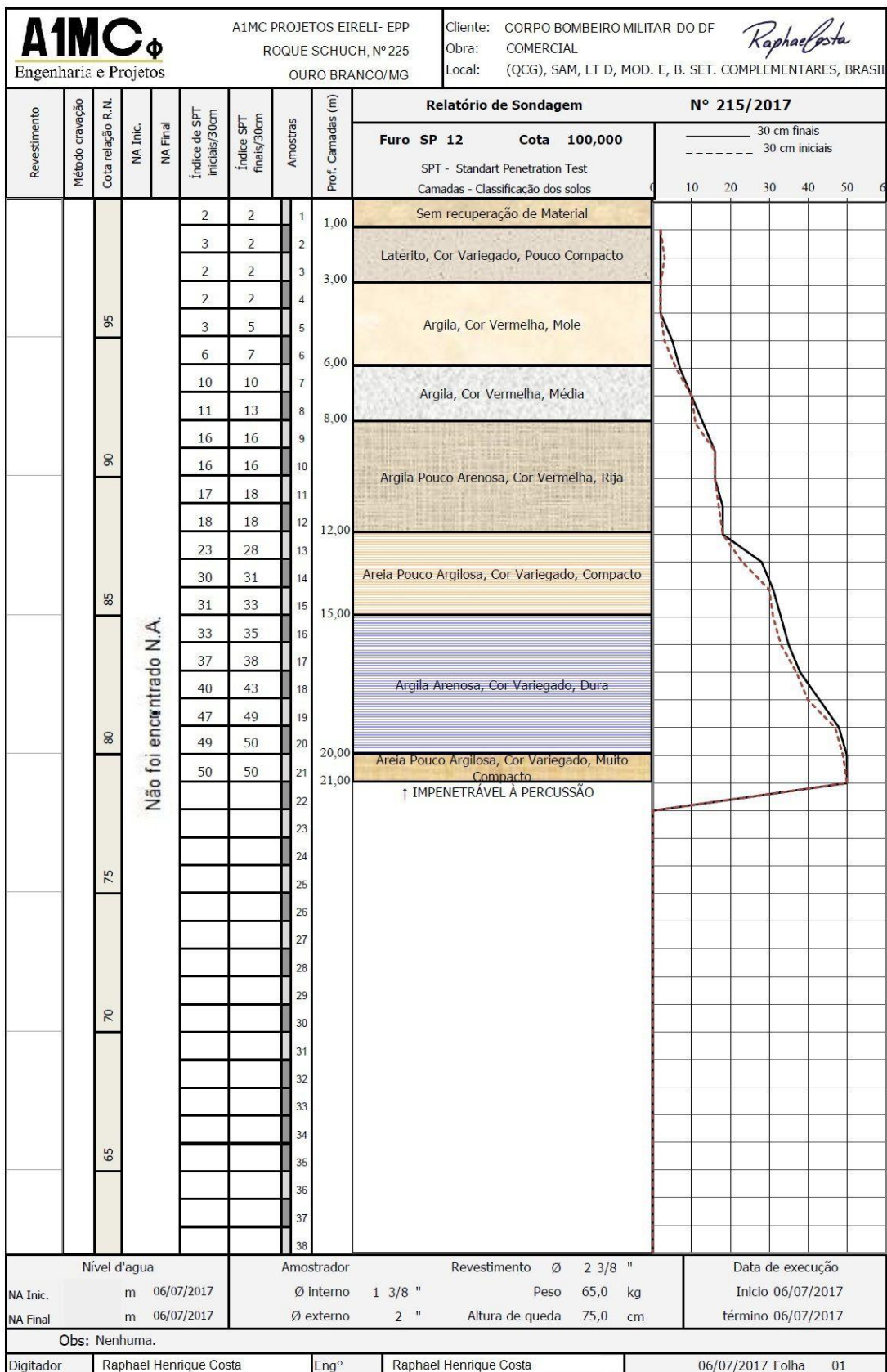


Figura 13 Furo de sondagem SP-12.

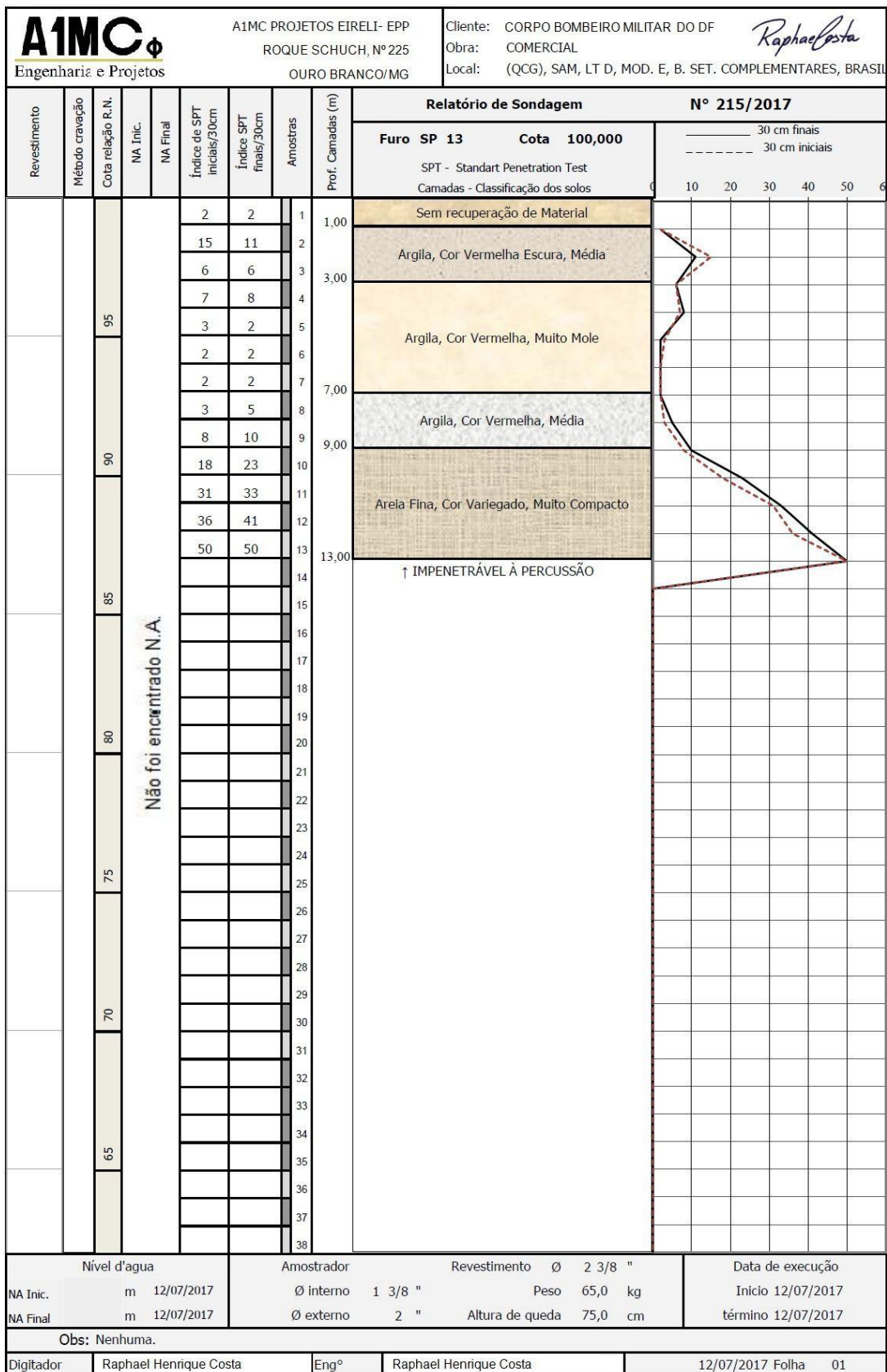


Figura 14 Furo de sondagem SP-13.

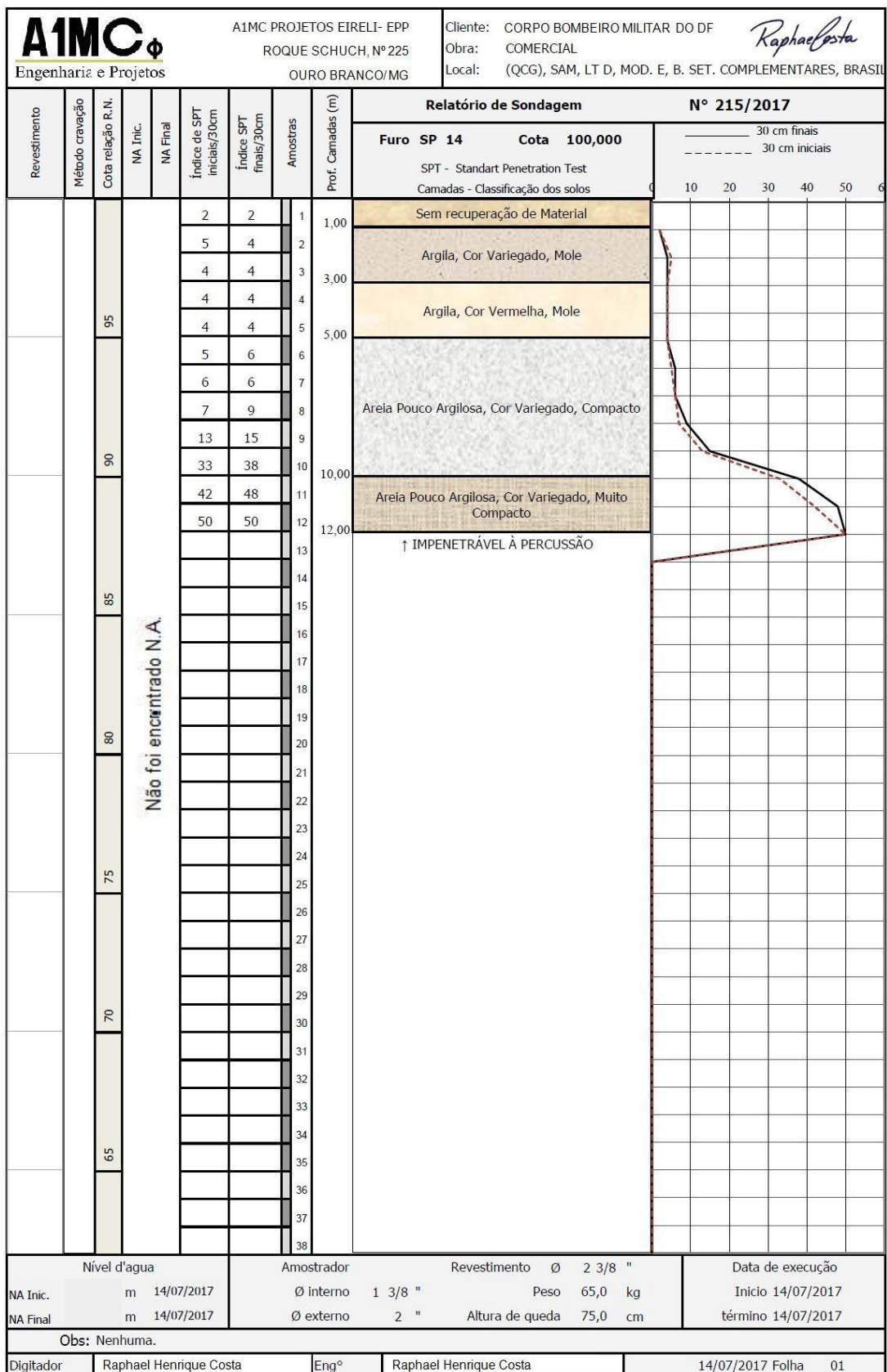


Figura 15 Furo de sondagem SP-14.

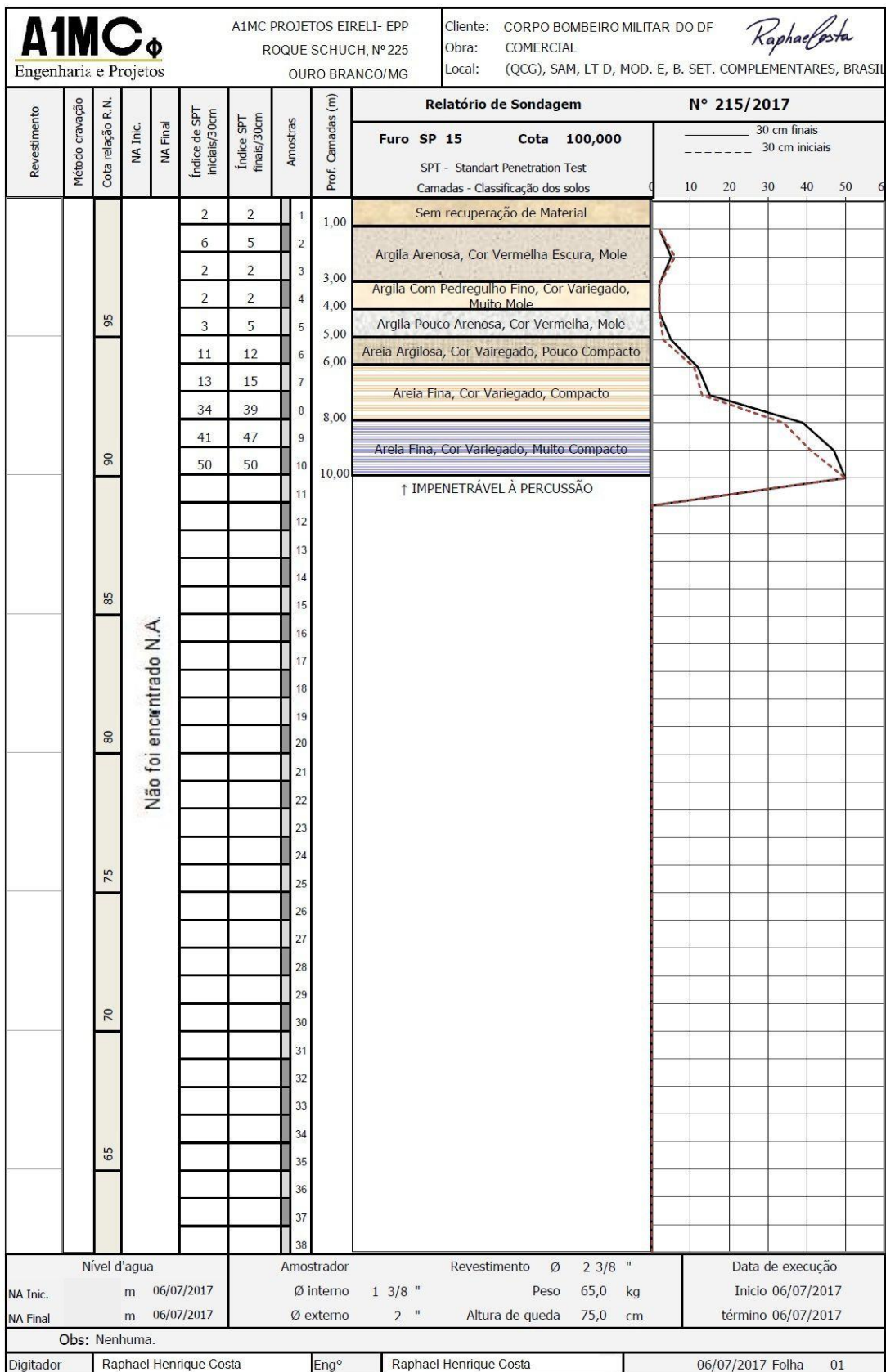


Figura 16 Furo de sondagem SP-15.



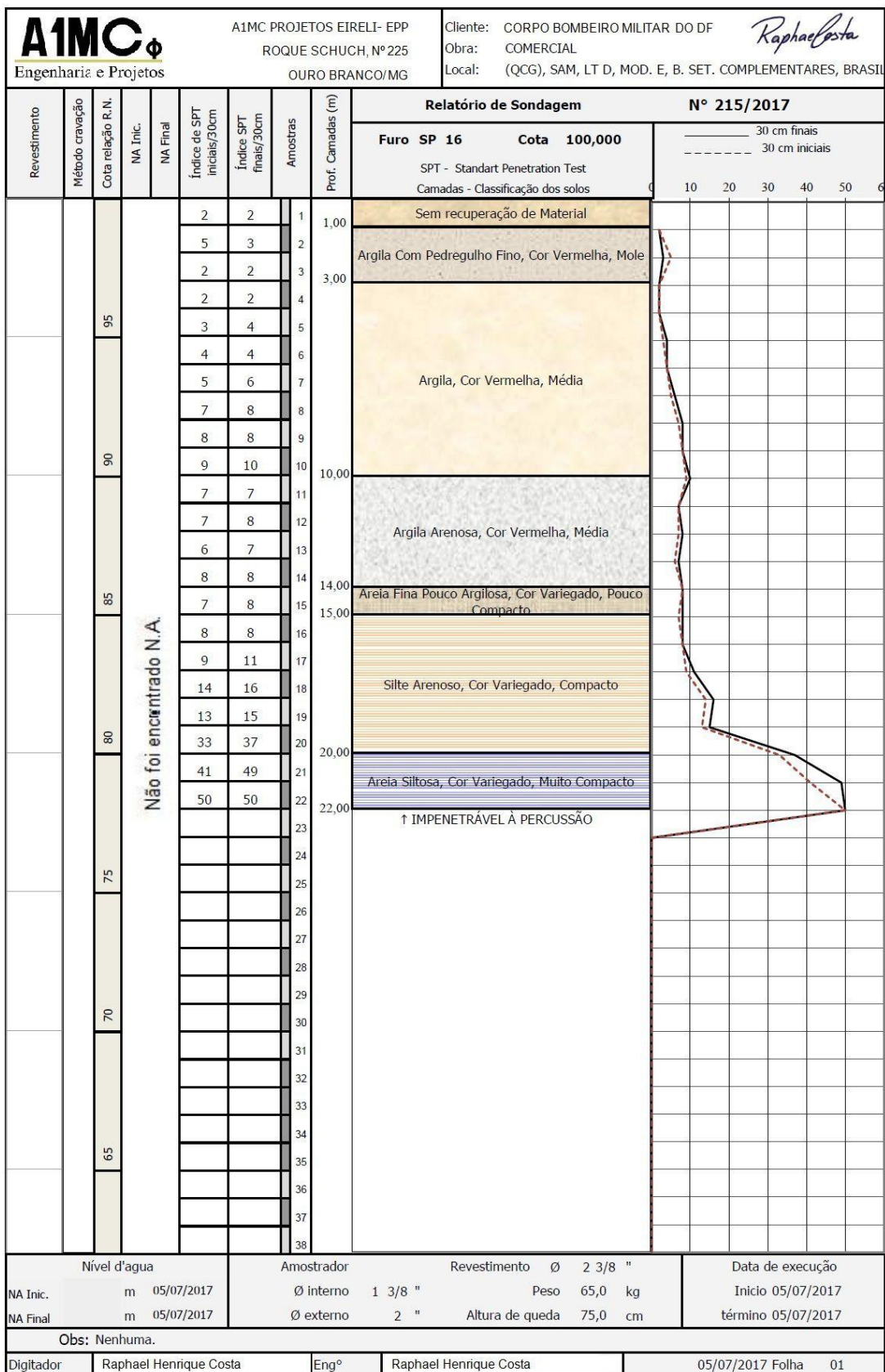


Figura 17 Furo de sondagem SP-16.

Observando-se estes resultados das sondagens, chega-se a uma conclusão de que o tipo mais apropriado de fundação para esta obra seria em ESTACAS ESCAVADAS MECANICAMENTE, uma vez que não se encontra nível de água ao longo das sondagens e o solo é predominantemente argiloso. Tal solo favorece a estabilidade do fuste escavado até a sua concretagem. Os comprimentos das estacas foram escolhidos de tal maneira que as exigências de capacidade de carga geotécnica fossem atendidas, com o correto assentamento das pontas das estacas em solos com resistência  $N_{spt}$  acima de 15 golpes.

---

## *2. Previsão da Capacidade de Carga Vertical das Estacas*

---

Para a previsão da capacidade de carga vertical das estacas do tipo indicado, foi realizada a espacialização dos furos de sondagem a fim de se identificar as zonas de influência de cada furo no dimensionamento das fundações. Neste sentido, planilhas foram desenvolvidas para sintetizar, de acordo com a locação de cada pilar, quais os furos de sondagens mais próximas e suas influências na previsão da capacidade de carga geotécnica das estacas sobre cada pilar alocado.

A Tabela 1 resume a resistência à penetração ( $N_{spt}$ ) de cada furo de sondagem realizada ao longo da profundidade e idêntica as regiões de consideração de corte do terreno em função das cotas de implantação da obra. Através da mesma tabela pode-se ter uma visão gerada variabilidade da resistência à penetração do solo assim como a profundidade das camadas mais resistentes.

Tabela 1. Valores  $N_{spt}$  para todos os furos de sondagem executados.



Análise Exploratória dos Dados de Sondagem SPT

SOLVER

ATUALIZAR GRÁFICOS

Obra: CBDF 2017

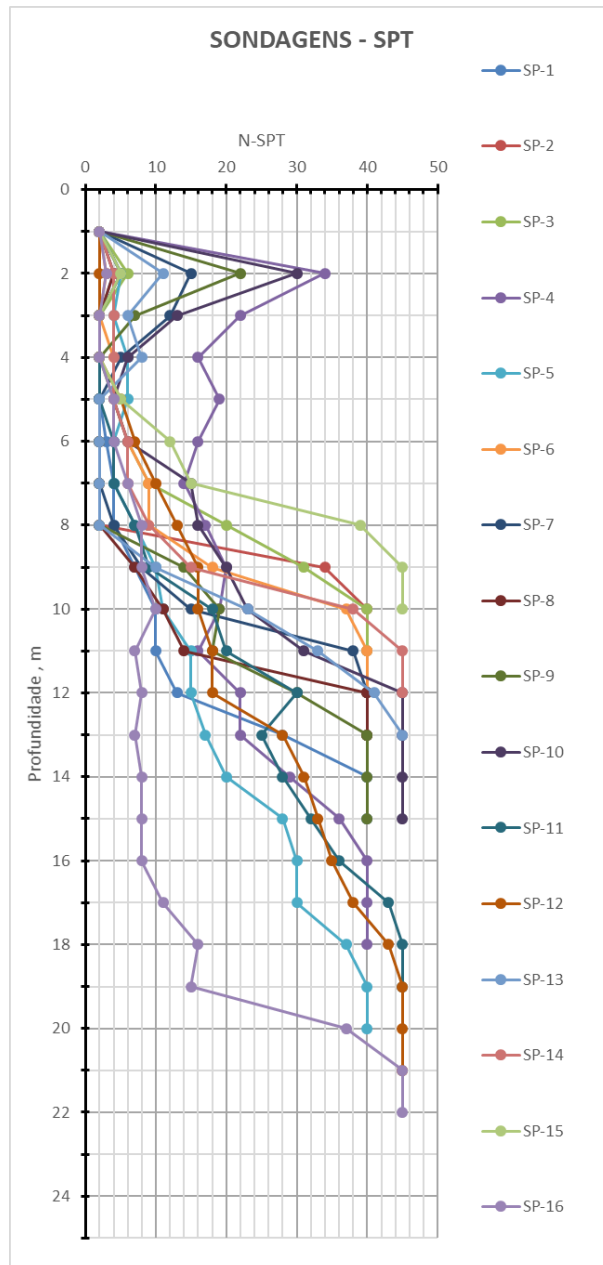
Data: 08/11/2017

DB Construções - Serviços de Engenharia  
Consultoria e Projetos de Estruturas Geotécnicas

PRÓXIM

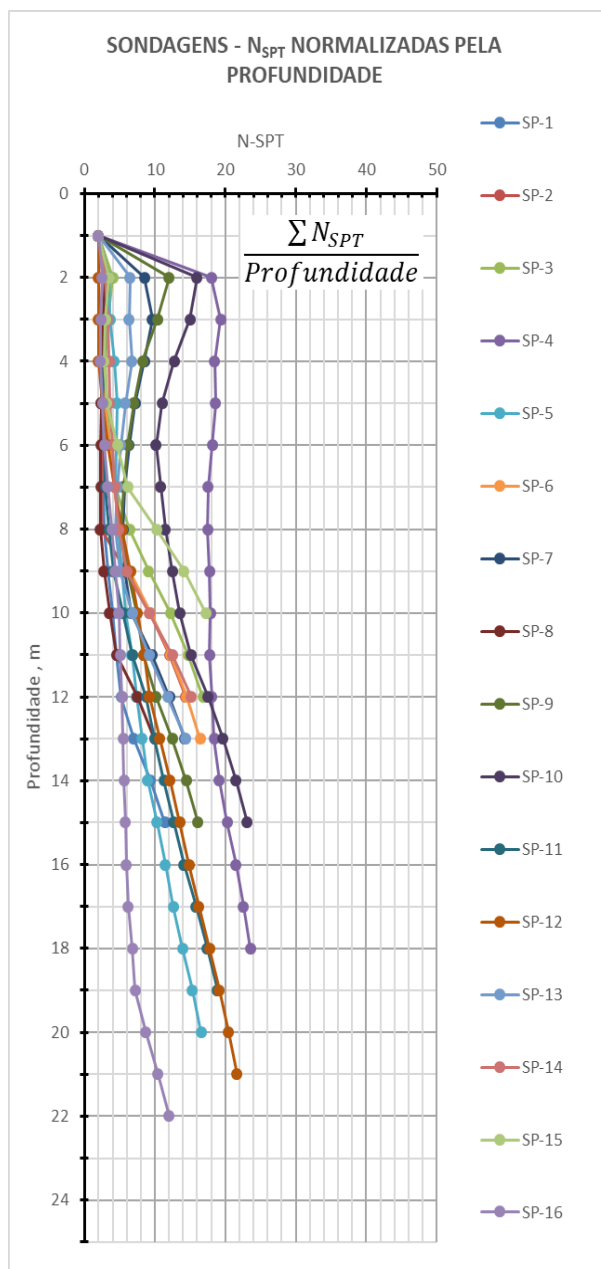
VALORES N-SPT PARA CADA SONDAAGEM																			
Prof.	SP-1	SP-2	SP-3	SP-4	SP-5	SP-6	SP-7	SP-8	SP-9	SP-10	SP-11	SP-12	SP-13	SP-14	SP-15	SP-16			
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
2	4	5	6	34	5	3	15	4	22	30	5	2	11	4	5	3			
3	2	2	2	22	4	2	12	2	7	13	2	2	6	4	2	2			
4	2	2	2	16	6	4	5	2	2	6	2	2	8	4	2	2			
5	2	2	4	19	6	4	2	2	2	4	2	5	2	4	5	4			
6	3	2	6	16	4	6	2	2	2	6	4	7	2	6	12	4			
7	4	2	9	14	4	9	2	2	2	15	4	10	2	6	15	6			
8	4	2	20	17	7	9	4	2	2	16	7	13	2	9	39	8			
9	7	34	31	20	10	18	8	7	14	20	9	16	10	15	45	8			
10	10	40	40	19	11	37	15	11	19	23	18	16	23	38	45	10			
11	10	40	40	16	15	40	38	14	18	31	20	18	33	45		7			
12	13	40	40	22	15	40	40	40	30	45	30	18	41	45		8			
13	28			22	17	40	40	40	40	45	25	28	45			7			
14	40			29	20				40	45	28	31				8			
15	40			36	28				40	45	32	33				8			
16				40	30						36	35				8			
17				40	30						43	38				11			
18				40	37						45	43				16			
19					40						45	45				15			
20					40							45				37			
21												45				45			
22																45			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
Z máx	15	12	12	18	20	13	13	13	15	15	19	21	13	12	10	22	0	0	0
Corte:	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2	2	0	1	2	0	2			

A fim de se obter uma melhor comparação dos furos de sondagem, executou-se uma sobreposição dos seus resultados nos gráficos da Figura 18. Os valores  $N_{spt}$  foram limitados a 45 golpes.



**Figura 18** - Sobreposição dos furos de sondagem na forma convencional.

Entretanto, a comparação dos furos de sondagem se torna difícil na forma usual devido à apresentação convencional do relatório de sondagem, conforme ilustrado na Figura 18. A fim de se resolver esta dificuldade de interpretação, escolhe-se pela apresentação dos resultados das sondagens no formato normalizado pela profundidade de acordo com a Figura 19. A normalização nada mais é do que o somatório dos valores de N até uma determinada profundidade, representando assim uma ideia de crescimento da resistência do solo com a profundidade.



**Figura 19** - Sobreposição dos furos de sondagem, na forma normalizada pelo somatório dos valores  $N_{SPT}$  ao longo da profundidade.

Percebe-se na Figura 19 que o furo de sondagem SP-16 é o que apresenta um dos menores crescimentos de resistência à penetração ao longo da profundidade. Já o furo SP-04 é o que apresenta mais rápido ganho de resistência com a profundidade. Na maioria dos casos, mesmo após a normalização dos furos de sondagem pela profundidade “z”, verifica-se que a profundidade da camada impenetrável ( $N_{SPT} \geq 45$  – valor adotado neste trabalho) é bastante variável e algumas vezes não atingida durante o processo de sondagem do solo. Mediante esta variabilidade dos valores  $N_{SPT}$  e a locação espacial das sondagens, adotou-se, para cada pilar, os seus respectivos 4 (quatro) furos mais próximos para as estimativas da capacidade de carga das fundações. Além disso, adotou-se valor nulo para o índice  $N_{SPT}$  ao longo da camada correspondente ao aterro (se em ocorrência no projeto de aterro não consolidado) e prolongou-se cada estaca por um comprimento equivalente de cada camada de aterro na região do furo amostrado.

Adicionalmente, o atrito negativo, quando existir, foi considerado adotando-se o mesmo valor do atrito desenvolvido na interface estaca-solo quando do caso convencional de cálculo da capacidade de carga da fundação.

Em função da variabilidade das profundidades limites das sondagens, foram adotadas zonas de influência no processo de dimensionamento das fundações levando-se em conta a locação dos pilares e as sondagens circunvizinhas (considerou-se as 4 sondagens mais próximas e com raio de influência de até 25 m). Desta maneira, a tabela seguinte apresenta os pilares de fundação e suas sondagens mais próximas considerados no projeto

Tabela 2. Pilares de fundação e suas respectivas sondagens mais influentes – regionalização das sondagens.

Item	PILAR	SOND 1	SOND 2	SOND 3	SOND 4	DIST 1	DIST 2	DIST 3	DIST 4
1	PA1	SP-15	SP-8	SP-12	SP-16	851,57	2040,65	2122,40	2682,85
2	PA10	SP-1	SP-5	SP-8	SP-2	1032,99	1615,88	1675,69	2736,21
3	PA11	SP-1	SP-5	SP-8	SP-2	756,70	1757,41	2100,82	2672,52
4	PA12	SP-1	SP-5	SP-8	SP-2	660,03	1816,84	2275,19	2633,52
5	PA13	SP-1	SP-5	SP-2	SP-8	669,86	2073,40	2620,78	2754,92
6	PA14	SP-15	SP-16	SP-12	SP-8	1668,10	2685,69	3182,76	4082,76
7	PA15	SP-15	SP-16	SP-12	SP-8	928,90	1985,56	2338,22	3252,22
8	PA16	SP-8	SP-12	SP-15	SP-16	1011,00	1167,24	1443,27	2136,58
9	PA17	SP-8	SP-12	SP-15	SP-9	703,49	1259,05	1748,09	2257,14
10	PA18	SP-15	SP-16	SP-12	SP-8	1045,63	1899,43	2328,66	3310,08
11	PA19	SP-15	SP-16	SP-12	SP-8	583,75	1516,82	1540,35	2438,72
12	PA2	SP-8	SP-15	SP-12	SP-16	1300,20	1438,82	1842,10	2719,50
13	PA20	SP-15	SP-12	SP-16	SP-8	872,99	1069,58	1583,53	1751,77
14	PA21	SP-15	SP-12	SP-16	SP-8	920,48	1038,84	1604,14	1689,34
15	PA22	SP-12	SP-8	SP-15	SP-16	917,53	1190,19	1345,35	1838,46
16	PA23	SP-8	SP-12	SP-15	SP-9	692,26	1050,97	1809,04	2036,91
17	PA24	SP-8	SP-12	SP-5	SP-9	263,11	1320,81	1865,94	1933,65
18	PA25	SP-8	SP-5	SP-12	SP-9	384,15	1356,96	1822,88	1953,81
19	PA26	SP-5	SP-8	SP-1	SP-9	991,06	1003,58	1402,25	2162,63
20	PA27	SP-1	SP-5	SP-8	SP-2	849,79	875,30	1569,40	2035,17
21	PA28	SP-1	SP-5	SP-2	SP-8	257,14	1179,57	1867,06	2192,48
22	PA29	SP-1	SP-5	SP-2	SP-8	322,18	1566,54	1877,12	2691,59
23	PA3	SP-8	SP-15	SP-12	SP-5	1078,56	1744,41	1901,61	2757,98
24	PA30	SP-12	SP-16	SP-15	SP-8	688,35	1120,54	1264,09	1841,87
25	PA31	SP-12	SP-8	SP-16	SP-15	417,64	1322,54	1457,90	1625,58
26	PA32	SP-12	SP-8	SP-9	SP-16	762,17	809,68	1524,91	1958,82
27	PA33	SP-8	SP-12	SP-9	SP-5	576,95	1064,51	1500,88	1694,22
28	PA34	SP-8	SP-5	SP-9	SP-12	641,26	1109,05	1526,76	1646,67
29	PA35	SP-5	SP-8	SP-1	SP-9	608,96	1127,30	1493,30	1786,22
30	PA36	SP-5	SP-1	SP-2	SP-8	347,49	1096,24	1539,97	1715,40
31	PA37	SP-1	SP-5	SP-2	SP-8	727,07	906,17	1303,23	2342,11
32	PA38	SP-1	SP-2	SP-5	SP-6	874,50	1390,88	1566,47	2904,92
33	PA39	SP-12	SP-16	SP-9	SP-8	211,44	1375,12	1390,72	1423,54
34	PA4	SP-15	SP-16	SP-12	SP-8	862,52	2450,39	2629,80	3313,69
35	PA40	SP-12	SP-9	SP-8	SP-16	390,86	1268,92	1304,81	1541,06
36	PA41	SP-5	SP-2	SP-1	SP-9	188,75	1288,95	1319,70	1844,52
37	PA42	SP-5	SP-2	SP-1	SP-6	857,91	994,13	1033,69	2207,89
38	PA43	SP-2	SP-1	SP-5	SP-6	1106,53	1142,21	1539,06	2700,17
39	PA44	SP-12	SP-16	SP-13	SP-15	587,69	623,05	1590,50	1827,15

40	<b>PA45</b>	SP-12	SP-16	SP-9	SP-13	207,94	1122,74	1427,48	1492,50
41	<b>PA46</b>	SP-12	SP-9	SP-16	SP-13	288,82	1273,89	1313,09	1516,54
42	<b>PA47</b>	SP-12	SP-9	SP-8	SP-16	437,58	1139,68	1446,11	1485,97
43	<b>PA48</b>	SP-12	SP-9	SP-8	SP-13	670,61	971,69	1332,06	1622,97
44	<b>PA49</b>	SP-9	SP-6	SP-13	SP-12	217,02	1279,49	1319,66	1345,39
45	<b>PA5</b>	SP-15	SP-12	SP-16	SP-8	171,55	2076,38	2262,72	2527,06
46	<b>PA50</b>	SP-5	SP-2	SP-6	SP-9	853,45	853,90	1155,05	1571,63
47	<b>PA51</b>	SP-2	SP-5	SP-6	SP-1	270,40	1163,44	1636,50	1844,81
48	<b>PA52</b>	SP-2	SP-5	SP-1	SP-6	332,86	1554,44	1855,00	2077,45
49	<b>PA53</b>	SP-16	SP-13	SP-12	SP-9	619,68	922,38	1102,94	1747,84
50	<b>PA54</b>	SP-13	SP-12	SP-16	SP-9	742,55	957,64	1119,77	1188,08
51	<b>PA55</b>	SP-9	SP-13	SP-12	SP-6	563,92	978,70	1150,45	1551,50
52	<b>PA56</b>	SP-9	SP-6	SP-5	SP-13	272,74	811,37	1570,81	1572,65
53	<b>PA57</b>	SP-9	SP-13	SP-12	SP-6	675,74	743,42	1329,80	1524,78
54	<b>PA58</b>	SP-6	SP-9	SP-5	SP-10	388,57	757,04	1500,01	1620,23
55	<b>PA59</b>	SP-13	SP-16	SP-12	SP-9	590,80	1019,69	1575,67	1811,40
56	<b>PA6</b>	SP-15	SP-12	SP-8	SP-16	711,42	1743,28	1834,31	2317,16
57	<b>PA60</b>	SP-13	SP-9	SP-16	SP-12	242,76	1295,79	1349,90	1457,61
58	<b>PA61</b>	SP-13	SP-9	SP-10	SP-6	648,40	809,68	1341,04	1367,37
59	<b>PA62</b>	SP-9	SP-6	SP-13	SP-10	585,37	865,33	1148,70	1218,79
60	<b>PA63</b>	SP-6	SP-9	SP-2	SP-10	283,18	1207,50	1463,28	1612,72
61	<b>PA64</b>	SP-6	SP-2	SP-5	SP-3	771,67	1020,04	1593,64	1646,29
62	<b>PA65</b>	SP-2	SP-6	SP-3	SP-5	620,04	1392,64	1433,26	1779,02
63	<b>PA66</b>	SP-2	SP-3	SP-6	SP-5	649,71	1446,34	1891,33	2056,11
64	<b>PA67</b>	SP-13	SP-9	SP-10	SP-16	159,31	1465,36	1515,12	1653,50
65	<b>PA68</b>	SP-13	SP-9	SP-10	SP-6	738,11	962,78	1073,20	1282,22
66	<b>PA69</b>	SP-9	SP-6	SP-10	SP-13	838,39	848,54	963,17	1170,79
67	<b>PA7</b>	SP-8	SP-12	SP-15	SP-5	654,50	1865,13	2152,74	2283,83
68	<b>PA70</b>	SP-6	SP-9	SP-10	SP-2	266,01	1325,75	1407,99	1607,72
69	<b>PA71</b>	SP-6	SP-10	SP-9	SP-13	513,44	921,57	1010,19	1569,82
70	<b>PA72</b>	SP-6	SP-10	SP-9	SP-13	289,36	1072,10	1149,17	1866,67
71	<b>PA73</b>	SP-13	SP-14	SP-16	SP-10	815,70	1698,19	1785,31	1819,15
72	<b>PA74</b>	SP-13	SP-10	SP-14	SP-9	622,59	1297,37	1779,40	1790,07
73	<b>PA75</b>	SP-10	SP-13	SP-9	SP-6	752,26	877,69	1444,67	1515,13
74	<b>PA76</b>	SP-10	SP-6	SP-13	SP-9	488,98	1098,92	1259,11	1326,76
75	<b>PA77</b>	SP-6	SP-10	SP-3	SP-9	672,82	1158,17	1505,81	1691,91
76	<b>PA78</b>	SP-6	SP-3	SP-2	SP-10	999,30	1062,35	1555,25	1652,17
77	<b>PA79</b>	SP-3	SP-2	SP-6	SP-7	704,49	1336,61	1538,29	1752,30
78	<b>PA8</b>	SP-8	SP-5	SP-1	SP-12	711,84	1890,90	2113,26	2248,79
79	<b>PA80</b>	SP-3	SP-2	SP-7	SP-6	792,72	1337,39	2008,00	2039,88
80	<b>PA81</b>	SP-3	SP-2	SP-7	SP-6	851,65	1550,97	2061,16	2337,35
81	<b>PA82</b>	SP-10	SP-6	SP-9	SP-13	428,78	963,94	1591,56	1769,15
82	<b>PA83</b>	SP-10	SP-6	SP-9	SP-7	695,67	865,62	1683,20	1788,08
83	<b>PA9</b>	SP-8	SP-1	SP-5	SP-12	1168,90	1524,94	1648,13	2723,35
84	<b>PB1</b>	SP-13	SP-14	SP-10	SP-16	862,52	1636,22	1803,19	1844,97
85	<b>PB10</b>	SP-14	SP-13	SP-10	SP-16	862,42	1611,52	1944,19	2579,34
86	<b>PB11</b>	SP-14	SP-13	SP-10	SP-16	876,38	1527,44	1779,76	2585,72
87	<b>PB12</b>	SP-14	SP-10	SP-13	SP-9	1026,25	1279,72	1445,42	2473,84
88	<b>PB13</b>	SP-10	SP-14	SP-13	SP-6	659,75	1504,25	1579,50	1985,98
89	<b>PB14</b>	SP-3	SP-7	SP-10	SP-6	849,79	865,90	1600,32	1633,97
90	<b>PB15</b>	SP-3	SP-7	SP-4	SP-6	221,44	1007,31	1862,48	2034,88
91	<b>PB16</b>	SP-3	SP-7	SP-4	SP-2	631,56	1568,22	1954,14	2231,39
92	<b>PB17</b>	SP-14	SP-13	SP-10	SP-16	554,16	1896,79	2023,16	2889,54
93	<b>PB18</b>	SP-14	SP-13	SP-10	SP-11	524,85	1860,65	1876,42	2809,29
94	<b>PB19</b>	SP-14	SP-10	SP-13	SP-11	785,18	1396,78	1757,85	2494,62
95	<b>PB2</b>	SP-13	SP-10	SP-14	SP-9	644,59	1289,43	1758,68	1806,39

96	<b>PB20</b>	SP-10	SP-14	SP-13	SP-11	865,21	1351,33	1869,66	2180,07
97	<b>PB21</b>	SP-7	SP-3	SP-10	SP-4	559,56	954,18	1695,39	1755,06
98	<b>PB22</b>	SP-3	SP-7	SP-4	SP-6	487,19	760,26	1551,49	2267,50
99	<b>PB23</b>	SP-3	SP-7	SP-4	SP-2	766,28	1422,19	1660,41	2533,26
100	<b>PB24</b>	SP-14	SP-10	SP-11	SP-13	213,53	2245,68	2339,28	2567,12
101	<b>PB25</b>	SP-14	SP-10	SP-11	SP-13	646,88	1841,45	1896,07	2507,59
102	<b>PB26</b>	SP-14	SP-11	SP-10	SP-7	1254,96	1500,52	1515,72	2271,82
103	<b>PB27</b>	SP-11	SP-7	SP-10	SP-14	1283,76	1368,45	1467,45	2161,93
104	<b>PB28</b>	SP-7	SP-11	SP-10	SP-4	1073,67	1352,09	1566,37	1913,74
105	<b>PB29</b>	SP-7	SP-4	SP-3	SP-11	248,87	1152,86	1469,45	1878,11
106	<b>PB3</b>	SP-10	SP-13	SP-9	SP-6	738,49	893,43	1464,84	1524,30
107	<b>PB30</b>	SP-7	SP-4	SP-3	SP-11	530,01	820,40	1226,08	2370,93
108	<b>PB31</b>	SP-4	SP-7	SP-3	SP-11	843,05	1009,25	1241,35	2803,38
109	<b>PB32</b>	SP-11	SP-10	SP-14	SP-7	1032,38	1724,58	1754,05	1897,48
110	<b>PB33</b>	SP-7	SP-11	SP-4	SP-10	871,90	1265,14	1479,81	1989,71
111	<b>PB34</b>	SP-14	SP-11	SP-10	SP-13	958,87	2023,87	2777,93	3303,63
112	<b>PB35</b>	SP-14	SP-11	SP-10	SP-7	1136,79	1489,60	2462,68	3041,96
113	<b>PB36</b>	SP-11	SP-14	SP-10	SP-7	935,62	1564,85	2229,63	2456,62
114	<b>PB37</b>	SP-11	SP-14	SP-7	SP-10	632,26	1929,54	2060,80	2161,16
115	<b>PB38</b>	SP-11	SP-7	SP-4	SP-10	606,34	1629,35	2051,68	2141,38
116	<b>PB39</b>	SP-11	SP-7	SP-4	SP-10	740,10	1391,00	1752,00	2210,34
117	<b>PB4</b>	SP-6	SP-3	SP-2	SP-10	1013,15	1048,45	1574,00	1645,95
118	<b>PB40</b>	SP-11	SP-7	SP-4	SP-10	966,71	1186,03	1400,46	2378,11
119	<b>PB41</b>	SP-4	SP-7	SP-11	SP-3	838,40	967,35	1466,68	2129,11
120	<b>PB42</b>	SP-4	SP-7	SP-3	SP-11	216,52	1074,59	1969,03	2060,37
121	<b>PB43</b>	SP-4	SP-7	SP-3	SP-11	290,79	1375,65	1978,58	2546,13
122	<b>PB44</b>	SP-4	SP-7	SP-3	SP-11	280,58	1481,58	2158,46	2465,86
123	<b>PB45</b>	SP-4	SP-7	SP-3	SP-11	482,50	1630,08	2193,86	2683,76
124	<b>PB46</b>	SP-11	SP-14	SP-10	SP-7	1200,33	1731,09	2912,07	3105,71
125	<b>PB47</b>	SP-14	SP-11	SP-10	SP-7	1625,83	1953,83	3323,07	3813,41
126	<b>PB48</b>	SP-11	SP-14	SP-10	SP-7	1389,77	1697,01	3025,28	3292,58
127	<b>PB49</b>	SP-11	SP-14	SP-10	SP-7	1226,63	1928,86	3119,61	3220,13
128	<b>PB5</b>	SP-3	SP-2	SP-6	SP-7	683,36	1358,38	1547,32	1731,25
129	<b>PB50</b>	SP-11	SP-14	SP-7	SP-10	790,07	2108,93	2834,40	2961,43
130	<b>PB51</b>	SP-11	SP-14	SP-7	SP-4	385,47	2392,06	2499,14	2622,09
131	<b>PB52</b>	SP-11	SP-4	SP-7	SP-14	256,19	2168,50	2176,64	2745,73
132	<b>PB53</b>	SP-11	SP-4	SP-7	SP-3	826,66	1568,48	1845,40	3048,01
133	<b>PB54</b>	SP-4	SP-11	SP-7	SP-3	1096,24	1378,40	1713,07	2834,07
134	<b>PB55</b>	SP-4	SP-7	SP-11	SP-3	738,72	1775,83	1998,49	2715,87
135	<b>PB56</b>	SP-4	SP-7	SP-11	SP-3	819,11	2038,09	2620,91	2738,82
136	<b>PB6</b>	SP-3	SP-2	SP-7	SP-6	725,55	1408,77	1943,59	2060,30
137	<b>PB7</b>	SP-3	SP-2	SP-7	SP-6	815,67	1617,38	2017,07	2369,43
138	<b>PB8</b>	SP-13	SP-10	SP-14	SP-9	1007,63	1190,91	1430,31	2079,78
139	<b>PB9</b>	SP-3	SP-7	SP-6	SP-2	270,40	1265,21	1791,18	1844,81
140	<b>EA101</b>	SP-8	SP-12	SP-15	SP-5	752,32	1685,17	1879,19	2444,39
141	<b>EA201</b>	SP-15	SP-16	SP-12	SP-8	713,53	2127,51	2336,89	3120,75
142	<b>EA102</b>	SP-13	SP-9	SP-10	SP-6	463,56	1129,17	1224,68	1563,38

Para o dimensionamento das fundações, escolheu-se como método de previsão da capacidade de carga vertical das estacas o método semiempírico de Décourt & Quaresma (1978) e segundo as sugestões de Décourt(1996), largamente utilizado e consagrado na engenharia geotécnica brasileira.



O método Estatístico de Décourt & Quaresma, segundo os próprios autores, apresenta um processo expedito para a estimativa da capacidade de carga de ruptura baseado exclusivamente em resultados de ensaios SPT. Desenvolvido para estacas pré-moldadas de concreto, foi estendido posteriormente para outros tipos de estacas – escavadas em geral, hélice contínua e injetadas (raiz). A expressão proposta é a seguinte:

$$Q_{rup} = \alpha \cdot K \cdot N_f \cdot \alpha_f + P \cdot \beta \cdot \sum \left[ 10 \cdot \left( \frac{N_m}{3} + 1 \right) \cdot \Delta L \right]$$

Sendo K o coeficiente que correlaciona a resistência de ponta em função do tipo de solo com o valor  $N_p$ . Os valores determinados experimentalmente considerando os resultados de 41 provas de carga em estacas pré-moldadas de concreto são mostradas na forma:

Tabela 3. Valores de K (Decourt,1996).

Tipo de solo	K (kN/m2)
<b>Argilas</b>	120
<b>Siltes argilosos (solo residuais)</b>	200
<b>Siltes arenosos (solo residuais)</b>	250
<b>Areias</b>	400

Valores atribuídos aos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$ , sugeridos para os diversos tipos de estacas são apresentados na forma de tabelas (Decourt, 1996). Os Valores atribuídos ao coeficiente  $\alpha$  em função do tipo de estaca e do tipo de solo:

Tabela 4. Valores de  $\alpha$  segundo Decourt (1996).

Solo/Estaca	Escavada (em geral)	Escavada (com bentonita)	Hélice Continua	Raiz	Injetadas (alta pressão)
<b>Argilas</b>	0,85	0,85	0,30*	0,85*	1,0*
<b>Solos Intermediários</b>	0,60	0,60	0,30*	0,60*	1,0*
<b>Areias</b>	0,50	0,50	0,30*	0,50*	1,0*

Os valores atribuídos ao coeficiente  $\beta$  em função do tipo de estaca e do tipo de solo adotados são:

Tabela 5. Valores  $\beta$  segundo Decourt(1996).

Solo/Estaca	Escavada (em geral)	Escavada (com bentonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetadas (alta pressão)
Argilas	0,80	0,9*	1,0*	1,5*	3,0*
Solos Intermediários	0,65	0,75*	1,0*	1,5*	3,0*
Areias	0,50	0,60*	1,0*	1,5*	3,0*

Com a carga de ruptura calculada, a respectiva carga admissível vertical da estaca pode ser calculada pela expressão abaixo:

$$Q_a = \min \left( \frac{Q_p}{F_p} + \frac{R_l}{F_l}; \frac{Q_p + Q_l}{2} \right)$$

sendo adotado neste projeto:  $F_p = 4$  e  $F_l = 1,5$ .

Resumidamente, para cada diâmetro de estaca e comprimento escolhidos, calculou-se a capacidade de carga vertical equivalente ao longo da profundidade. Este método foi então implementado em planilha eletrônica de cálculo. Sua interface é apresentada na Figura 20, com os devidos fatores do método Decourt e Quaresma resumidos.

Figura 20 Interface da planilha de cálculo da capacidade de carga das fundações profundas.

Com isto, as tabelas abaixo descrevem a estimativa da capacidade de carga das estacas para cada geometria (diâmetro e comprimento) adotada nesta análise.

Tabela 6. Resumo das previsões da capacidade de carga admissível da estaca para cada furo de sondagem e configuração adotada.

RESUMO DAS CAPACIDADES DE CARGA		CAPACIDADE DE CARGA ADMISSÍVEL DAS ESTACAS PARA CADA CONFIGURAÇÃO																
Configuração	Diâmetro (m)	Comprimento (m)	SP-1	SP-2	SP-3	SP-4	SP-5	SP-6	SP-7	SP-8	SP-9	SP-10	SP-11	SP-12	SP-13	SP-14	SP-15	SP-16
1	0,30	5	5,1	4,4	6,7	22,0	7,2	6,0	8,9	4,6	6,7	10,9	6,1	6,0	7,7	7,6	6,4	6,6
2	0,30	7	7,4	6,4	16,2	28,3	9,6	9,7	11,4	6,6	8,7	20,9	10,5	10,4	10,2	15,1	16,0	10,6
3	0,30	9	10,6	17,8	29,2	35,9	13,7	18,8	20,8	9,8	13,3	31,3	21,6	16,6	20,7	30,6	31,3	14,5
4	0,30	11	15,8	31,7	39,3	43,3	19,5	32,6	35,0	19,9	23,3	44,9	29,5	23,6	34,4	30,6	31,3	17,9
5	0,30	13	25,4	31,7	39,3	53,9	28,1	42,0	35,0	34,0	32,1	54,9	37,5	35,8	34,4	30,6	31,3	22,2
6	0,30	15	38,4	31,7	39,3	66,8	36,3	42,0	35,0	34,0	44,5	54,9	49,1	45,4	34,4	30,6	31,3	25,7
7	0,40	5	6,9	6,0	9,4	30,7	10,0	8,4	12,0	6,3	9,0	15,5	8,5	8,3	10,5	11,2	9,1	9,3
8	0,40	7	10,2	8,7	24,7	39,1	13,2	13,6	15,6	9,0	11,7	31,0	14,9	14,6	14,0	23,4	24,8	14,9
9	0,40	9	14,7	27,7	44,8	49,3	19,1	28,4	30,9	13,5	18,6	46,9	32,3	23,4	31,1	47,6	48,4	20,0
10	0,40	11	22,8	48,5	58,7	59,4	27,1	49,6	52,8	29,9	34,6	66,9	43,6	32,8	52,1	47,6	48,4	24,5
11	0,40	13	38,2	48,5	58,7	74,2	40,2	62,2	52,8	51,6	46,2	80,3	55,0	51,7	52,1	47,6	48,4	30,9
12	0,40	15	57,5	48,5	58,7	94,4	52,5	62,2	52,8	51,6	63,1	80,3	72,0	65,7	52,1	47,6	48,4	35,7
			15	12	11	17	20	13	12	13	15	13	17	21	12	10	10	20

Após o estudo da locação da obra, as capacidades de carga das estacas foram calculadas em função das posições dos pilares de fundação. Foram considerados os efeitos da locação da obra e a variabilidade do solo definindo-se as zonas de influência de cada furo, com a observação de suas proximidades com os pilares de fundação e sondagens originais.

Na Tabela 6, observa-se que a capacidade de carga final da estaca foi limitada ao seu limite estrutural (em tonelada-força) mediante ao seu embutimento em camadas mais resistentes. Um breve resumo estatístico é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Análise estatística e espacial da capacidade de carga vertical da estaca para cada configuração adotada.

Resumo Global - Escavada mecânica - CBDF 2017													
GEOMETRIA			Capacidade de Carga (P) - Unidade - tf							Captura para a Planilha de Grupos de Estacas			Sondagem + Desfavorável
Configuração	Diâmetro (cm)	Comprimento (m)	Mínimo Global **	Média	Desvio Padrão	Padm(95% Certeza)	Mínimo Absoluto (tf)	CV=Des/Med	Máximos	Diâmetros (m)	Mínimo Absoluto (tf)	Comprimentos (m)	
1	30	5	4	8	4	1	1	55,8%	22	0,30	1	5	SP-2
2	30	7	6	12	6	3	3	48,1%	28	0,30	3	7	SP-2
3	30	9	10	21	8	7	7	39,6%	36	0,30	7	9	SP-8
4	30	11	16	30	9	15	15	29,2%	45	0,30	15	11	SP-1
5	30	13	22	36	8	22	22	23,7%	55	0,30	22	13	SP-16
6	30	15	26	40	10	23	23	25,1%	67	0,30	23	15	SP-16
7	40	5	6	11	6	1	1	56,0%	31	0,40	1	5	SP-2
8	40	7	9	18	9	3	3	49,7%	39	0,40	3	7	SP-2
9	40	9	14	31	13	10	10	41,2%	49	0,40	10	9	SP-8
10	40	11	23	44	13	22	22	29,6%	67	0,40	22	11	SP-1
11	40	13	31	52	11	34	31	21,7%	80	0,40	31	13	SP-16
12	40	15	36	59	13	37	36	22,5%	94	0,40	36	15	SP-16

Como se pode observar na Tabela 6, a profundidade das estacas é diversa em função da variação dos valores N-SPT e do tipo de solo, fazendo com que medidas conservadoras sejam adotadas a fim de se minimizar os riscos de uma previsão de capacidade de cargas aquém da real capacidade necessária em pontos de carga da fundação sobre terreno não amostrado pela sondagem. As profundidades determinadas foram escolhidas em função dos níveis de cargas verticais apresentados na tabela de carga nas fundações proveniente da análise estrutural. Os comprimentos foram adotados a fim de se obter a máxima economia no corte e dobra das armações, respeitando-se os limites de tensões nas estacas em função das tensões axiais e cisalhantes ao longo das estacas. Complementarmente, a quantidade de estacas agrupadas é também determinada com fins de compatibilização geométrica com a disposição dos pilares de fundação. A tabela das cargas das funções em função da geometria dos módulos estruturais adotados se encontram na Tabela 8.



Junta B

Dimensões dos Pilares		Casos de Carregamentos																							
Dir. X	Dir. Y	Permanentes + Acidentais					Vento 01					Vento 02					Vento 03								
		Elemento	Fz	Fx	Fy	Mx	My	Elemento	Fz	Fx	Fy	Mx	My	Elemento	Fz	Fx	Fy	Mx	My	Elemento	Fz	Fx	Fy	Mx	My
		PB1	86	0	11	-5	0	PB1	1	0	1	-2	0	PB1	-1	0	0	0	0	PB1	1	0	0	0	0
		PB2	77	2	1	-1	4	PB2	0	0	0	0	0	PB2	0	0	0	0	0	PB2	0	0	0	0	-1
		PB3	94	2	1	0	-1	PB3	0	0	0	0	0	PB3	-1	0	0	0	0	PB3	-1	0	0	0	-1
		PB4	97	-1	1	1	3	PB4	1	0	0	0	0	PB4	-1	0	0	0	0	PB4	-1	0	0	0	-1
		PB5	101	1	1	-1	1	PB5	0	0	0	0	0	PB5	1	0	0	0	0	PB5	-1	0	0	0	-1
		PB6	83	0	4	1	0	PB6	1	0	1	-2	0	PB6	0	0	0	0	0	PB6	0	0	0	0	0
		PB7	34	0	2	3	0	PB7	0	0	1	-2	0	PB7	0	0	0	0	0	PB7	0	0	0	0	0
		PB8	138	0	1	0	-1	PB8	0	0	0	0	0	PB8	0	0	0	0	0	PB8	0	0	0	0	0
		PB9	147	0	-1	-2	-2	PB9	0	0	0	-1	0	PB9	0	0	0	0	0	PB9	0	0	0	0	0
		PB10	70	6	5	-1	3	PB10	1	0	0	0	0	PB10	-3	0	0	0	0	PB10	3	0	0	0	-1
		PB11	48	2	15	-6	1	PB11	0	0	1	-2	0	PB11	0	0	0	0	0	PB11	0	0	0	0	0
		PB12	175	8	-1	1	16	PB12	1	0	0	0	-1	PB12	2	2	0	0	0	PB12	-2	-2	0	0	-5
		PB13	149	0	-1	0	-8	PB13	2	0	0	0	0	PB13	-1	1	0	0	0	PB13	-1	-1	0	0	-2
		PB14	146	2	-2	2	5	PB14	3	0	0	-1	0	PB14	-1	1	0	0	0	PB14	1	-1	0	0	-2
		PB15	163	-6	-1	2	5	PB15	2	-1	0	0	0	PB15	-2	2	0	0	0	PB15	2	-2	0	0	-5
		PB16	117	3	-1	1	-6	PB16	1	0	0	0	0	PB16	-3	0	0	0	0	PB16	-3	0	0	0	-1
		PB17	53	-3	5	-1	-1	PB17	0	0	0	0	0	PB17	-3	1	0	0	0	PB17	3	-1	0	0	-1
		PB18	42	-3	13	-4	0	PB18	-1	0	1	-2	0	PB18	0	0	0	0	0	PB18	0	0	0	0	0
		PB19	227	4	3	-3	6	PB19	-2	0	0	0	0	PB19	2	2	0	0	0	PB19	-2	-2	0	0	-5
		PB20	92	1	2	-2	1	PB20	-1	0	0	0	0	PB20	1	1	0	0	0	PB20	-1	-1	0	0	-2
		PB21	90	0	1	-1	2	PB21	-1	0	0	-1	0	PB21	-1	1	0	0	0	PB21	1	-1	0	0	-2
		PB22	247	-6	1	-2	2	PB22	-2	0	0	0	0	PB22	-2	2	0	0	0	PB22	-2	-2	0	0	-5
		PB23	78	4	-1	1	-3	PB23	-2	0	0	0	0	PB23	2	0	0	0	0	PB23	-2	0	0	0	-1
		PB24	145	-1	23	-6	-1	PB24	1	0	1	-2	0	PB24	0	0	0	0	0	PB24	0	0	0	0	0
		PB25	249	0	1	-1	0	PB25	0	0	0	0	0	PB25	0	1	0	0	0	PB25	0	-1	0	0	-2
		PB26	189	-5	1	-1	-8	PB26	-1	0	0	0	0	PB26	0	1	0	0	0	PB26	0	-1	0	0	-2
		PB27	61	1	1	4	1	PB27	5	0	1	-2	0	PB27	-1	0	0	0	0	PB27	1	0	0	0	0
		PB28	56	1	1	3	1	PB28	5	0	1	-2	0	PB28	1	0	0	0	0	PB28	-1	0	0	0	0
		PB29	205	1	1	0	3	PB29	-1	0	0	0	0	PB29	0	1	0	0	0	PB29	0	-1	0	0	-2
		PB30	217	0	0	2	-1	PB30	0	0	0	-1	0	PB30	0	0	0	0	0	PB30	0	0	0	0	-1
		PB31	163	-3	0	2	-5	PB31	0	0	0	0	0	PB31	1	1	0	0	0	PB31	-1	-1	0	0	-2
		PB32	110	0	1	-1	2	PB32	0	0	2	-4	0	PB32	0	0	0	0	0	PB32	0	0	0	0	0
		PB33	104	-1	-1	1	-1	PB33	0	0	2	-4	0	PB33	0	0	0	0	0	PB33	0	0	0	0	0
		PB34	135	-1	23	-6	-1	PB34	1	0	1	-2	0	PB34	0	0	0	0	0	PB34	0	0	0	0	0
		PB35	217	-1	0	-1	-5	PB35	0	0	0	0	0	PB35	0	1	0	0	0	PB35	0	-1	0	0	-2
		PB36	193	1	2	-3	2	PB36	0	0	1	-1	0	PB36	0	0	0	0	0	PB36	0	0	0	0	0
		PB37	154	0	0	0	-1	PB37	0	0	0	-1	0	PB37	0	0	0	0	0	PB37	0	0	0	0	0
		PB38	241	0	0	-11	-1	PB38	-4	0	3	-9	0	PB38	-2	0	0	0	0	PB38	2	0	0	0	0
		PB39	167	0	-4	-4	-1	PB39	-4	0	2	-6	0	PB39	1	0	0	0	0	PB39	-1	0	0	0	0
		PB40	154	-1	0	1	-2	PB40	-1	0	0	-1	0	PB40	0	0	0	0	0	PB40	0	0	0	0	0
		PB41	232	-3	0	0	-2	PB41	0	0	0	-1	0	PB41	0	1	0	0	0	PB41	0	-1	0	0	-2
		PB42	214	0	0	0	-1	PB42	0	0	1	-1	0	PB42	0	0	0	0	0	PB42	0	0	0	0	0
		PB43	100	-4	-1	0	-16	PB43	0	1	0	-1	2	PB43	1	3	0	0	0	PB43	-1	-3	0	0	-11
		PB44	69	-1	0	0	-1	PB44	-1	0	0	0	0	PB44	-2	0	0	0	0	PB44	2	0	0	0	-1
		PB45	37	1	0	1	0	PB45	1	0	0	0	0	PB45	2	0	0	0	0	PB45	-2	0	0	0	-1
		PB46	88	0	0	-1	0	PB46	3	0	0	-1	0	PB46	0	0	0	0	0	PB46	0	0	0	0	0
		PB47	74	-1	13	-6	-1	PB47	-2	0	1	-2	0	PB47	0	0	0	0	0	PB47	0	0	0	0	0
		PB48	89	1	15	-40	0	PB48	0	0	3	-14	0	PB48	0	0	-1	1	0	PB48	0	0	1	-1	0
		PB49	13	0	1	-2	0	PB49	-3	0	0	-1	0	PB49	-1	0	0	0	0	PB49	1	0	0	0	0
		PB50	109	0	3	-8	0	PB50	-1	0	1	-3	0	PB50	-1	0	0	0	0	PB50	1	0	0	0	0
		PB51	109	-1	2	-7	-1	PB51	0	0	1	-3	0	PB51	0	0	0	0	0	PB51	0	0	0	0	0
		PB52	137	-1	2	-6	0	PB52	-1	0	2	-4	0	PB52	0	0	0	0	0	PB52	0	0	0	0	0
		PB53	148	0	1	-4	-2	PB53	-1	0	2	-4	0	PB53	0	0	0	0	0	PB53	0	0	0	0	0
		PB54	141	-1	0	-3	0	PB54	0	0	2	-4	0	PB54	0	0	0	0	0	PB54	0	0	0	0	0
		PB55	156	0	0	-2	-1	PB55	-1	0	2	-4	0	PB55	0	0	0	0	0	PB55	0	0	0	0	0
		PB56	99	0	-1	1	0	PB56	0	0	2	-4	0	PB56	1	0	0	-1	0	PB56	-1	0	0	1	0

Com objetivos de se levar em consideração a variabilidade espacial do solo local, foram realizados estudos de interpolação dos das sondagens em função da locação das mesmas em relação à locação dos pilares das fundações. Ao mesmo tempo, foram também considerados vários pares de valores (diâmetro e comprimento das estacas) para as estimativas de capacidade de carga das estacas. Deste modo, a planilha de cálculo permitiu a escolha de até 12 configurações para as estacas e suas respectivas capacidades de carga em função da locação das sondagens e dos pilares de fundação. A Tabela 9 resume os valores encontrados para a capacidade de carga vertical das estacas, em tonelada-força (tf).

Tabela 9. Resumo da capacidade de carga vertical das estacas para cada configuração geométrica e localização dos pilares – unidade: tf

CONFIGURAÇÕES DAS GEOMETRIAS ESCOLHIDAS PARA AS ESTACAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\emptyset =$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
L=	5	7	9	11	13	15	5	7	9	11	13	15
Sond Min =	SP-2	SP-2	SP-8	SP-1	SP-16	SP-16	SP-2	SP-2	SP-8	SP-1	SP-16	SP-16
PILAR	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm
PA1	6,4	16,0	31,3	31,3	31,3	31,3	9,1	24,8	48,4	48,4	48,4	48,4
PA10	5,5	7,8	11,1	17,5	27,9	37,0	7,5	10,6	15,5	25,3	41,5	55,1
PA11	5,4	7,8	11,1	16,4	25,9	38,1	7,4	10,7	15,4	23,5	38,5	56,7
PA12	5,3	7,7	11,0	16,2	25,7	38,2	7,3	10,5	15,2	23,3	38,4	56,9
PA13	5,1	7,4	10,6	15,8	25,4	38,4	6,9	10,2	14,7	22,8	38,2	57,5
PA14	6,4	16,0	31,3	31,3	31,3	31,3	9,1	24,8	48,4	48,4	48,4	48,4
PA15	6,5	15,0	28,3	28,9	29,6	30,3	9,1	23,0	43,3	44,1	45,3	46,2
PA16	5,5	9,9	16,8	23,6	34,0	37,2	7,6	14,3	24,5	34,9	50,9	55,6
PA17	5,1	8,5	13,6	21,9	34,1	36,1	7,1	11,9	19,5	32,5	51,3	54,2
PA18	6,5	14,7	27,4	28,2	29,2	30,0	9,1	22,5	41,8	42,9	44,4	45,5
PA19	6,4	14,8	27,7	28,9	30,7	32,2	9,0	22,5	42,4	44,0	46,8	48,9
PA2	5,5	10,7	18,8	24,7	33,4	35,5	7,7	15,8	28,0	37,1	50,5	53,5
PA20	6,1	12,5	22,2	25,8	31,7	35,1	8,6	18,6	33,1	38,4	47,4	52,2
PA21	6,1	12,3	21,6	25,5	31,8	35,4	8,5	18,2	32,1	37,8	47,5	52,7
PA22	5,8	10,6	17,6	23,5	32,9	37,5	8,1	15,2	25,5	34,3	48,8	55,4
PA23	5,2	8,5	13,6	21,9	34,2	36,9	7,1	12,0	19,5	32,4	51,3	55,2
PA24	4,8	6,9	10,1	20,0	33,9	34,6	6,5	9,4	14,1	30,0	51,3	52,3
PA25	4,9	7,1	10,4	20,1	33,6	34,9	6,8	9,6	14,5	30,0	50,6	52,6
PA26	5,7	8,0	11,5	18,9	29,9	35,8	7,9	11,0	16,0	27,3	44,3	53,1
PA27	5,9	8,2	11,8	17,9	27,7	36,9	8,1	11,3	16,4	25,5	40,8	54,6
PA28	5,1	7,5	10,9	16,2	25,7	38,2	7,1	10,3	15,1	23,4	38,4	57,1
PA29	5,1	7,5	10,9	16,4	25,7	38,1	7,0	10,3	15,2	23,7	38,5	57,0
PA3	5,3	9,4	15,9	23,1	33,7	35,5	7,3	13,6	23,2	34,6	50,9	53,5
PA30	6,1	11,0	18,0	23,4	32,1	38,1	8,5	15,9	26,0	33,4	46,8	55,6
PA31	5,9	10,4	16,7	23,3	34,5	42,5	8,3	14,7	23,7	32,9	50,2	61,7
PA32	5,6	8,8	13,5	21,7	33,8	39,6	7,7	12,1	18,8	31,3	49,7	58,0
PA33	5,3	7,8	11,7	20,9	33,7	37,3	7,2	10,6	16,3	30,7	50,2	55,4
PA34	5,5	7,8	11,6	20,5	32,8	36,6	7,5	10,7	16,1	30,1	48,7	54,3
PA35	6,4	8,8	12,6	19,4	29,2	36,7	8,9	12,0	17,6	27,7	42,6	53,6
PA36	6,8	9,2	13,5	19,7	28,3	36,2	9,4	12,6	18,9	27,7	40,8	52,7
PA37	5,6	8,0	12,8	19,5	27,3	36,6	7,8	10,9	18,2	28,3	40,5	54,4
PA38	5,3	7,6	12,8	20,1	27,4	36,5	7,3	10,4	18,5	29,5	40,9	54,5
PA39	6,0	10,2	16,4	23,4	35,4	44,7	8,3	14,4	23,0	32,6	51,1	64,7
PA4	6,4	16,0	31,3	31,3	31,3	31,3	9,1	24,8	48,4	48,4	48,4	48,4
PA40	6,0	10,0	15,8	23,0	34,7	43,5	8,3	14,0	22,1	32,3	50,2	63,0
PA41	7,1	9,5	13,8	19,7	28,2	36,3	9,8	13,1	19,2	27,5	40,4	52,6
PA42	5,7	8,0	14,1	22,2	28,5	35,5	7,9	11,0	20,5	32,4	42,2	52,7
PA43	5,2	7,5	14,2	23,0	28,5	35,2	7,2	10,2	20,9	34,2	42,8	52,8
PA44	6,4	10,7	16,7	22,3	29,8	35,8	8,9	15,2	23,7	31,3	42,9	51,5
PA45	6,0	10,3	16,6	23,6	35,2	44,6	8,4	14,5	23,3	32,9	51,0	64,5
PA46	6,1	10,3	16,5	23,7	35,0	44,2	8,5	14,5	23,2	33,1	50,6	63,9
PA47	6,0	9,9	15,6	22,9	34,4	43,2	8,3	13,9	21,9	32,3	49,7	62,5



Continuação ...

CONFIGURAÇÕES DAS GEOMETRIAS ESCOLHIDAS PARA AS ESTACAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\emptyset =$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
L=	5	7	9	11	13	15	5	7	9	11	13	15
Sond Min =	SP-2	SP-2	SP-8	SP-1	SP-16	SP-16	SP-2	SP-2	SP-8	SP-1	SP-16	SP-16
PILAR	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm
PA48	6,1	9,4	15,2	24,0	34,5	42,7	8,4	13,1	21,6	34,6	50,4	62,0
PA49	6,6	8,8	13,7	23,9	32,5	44,2	9,0	11,9	19,3	35,4	46,9	62,9
PA5	6,4	16,0	31,3	31,3	31,3	31,3	9,1	24,8	48,4	48,4	48,4	48,4
PA50	5,9	8,4	16,1	26,7	32,4	36,6	8,2	11,5	23,9	39,7	48,0	54,1
PA51	4,6	6,6	17,5	30,8	31,6	32,3	6,3	9,0	27,0	47,0	48,2	49,2
PA52	4,5	6,5	17,4	30,7	31,3	32,1	6,2	8,9	26,9	46,8	47,9	49,0
PA53	6,8	10,4	16,2	23,1	28,1	32,3	9,4	14,4	23,1	33,1	40,5	46,4
PA54	6,9	10,1	17,4	27,0	32,2	37,2	9,5	13,9	25,2	39,5	47,2	54,3
PA55	6,7	9,3	15,6	26,2	33,8	42,5	9,2	12,7	22,5	38,9	49,4	61,3
PA56	6,6	8,8	14,0	24,4	33,0	43,8	9,0	12,0	19,9	36,3	47,8	62,4
PA57	6,9	9,5	16,8	28,2	34,2	40,7	9,4	13,0	24,5	42,0	50,4	59,3
PA58	6,4	10,0	18,0	30,7	40,0	42,7	8,9	14,0	26,9	46,4	58,9	62,7
PA59	7,3	10,2	18,5	29,2	31,8	34,2	9,9	14,1	27,2	43,4	47,2	50,6
PA6	6,2	14,2	27,0	29,0	32,1	33,4	8,7	21,7	41,3	44,3	49,2	51,0
PA60	7,6	10,2	20,2	33,3	34,0	34,8	10,3	14,0	30,2	50,2	51,3	52,3
PA61	7,6	10,9	19,4	32,0	36,8	40,6	10,4	15,2	28,8	48,1	54,5	59,7
PA62	7,2	10,6	17,7	29,5	37,4	43,8	9,8	14,7	25,9	44,3	54,8	63,5
PA63	6,2	9,9	18,9	32,5	41,5	42,1	8,6	13,8	28,4	49,3	61,5	62,3
PA64	5,8	9,5	19,1	31,5	37,2	38,1	8,0	13,4	28,9	47,7	55,4	56,8
PA65	5,1	8,3	19,0	31,8	33,7	34,3	7,0	11,7	29,2	48,2	50,9	51,9
PA66	4,9	8,2	19,6	32,9	33,8	33,8	6,7	11,6	30,4	50,2	51,3	51,3
PA67	7,7	10,3	20,7	34,2	34,5	34,7	10,5	14,2	31,0	51,8	52,1	52,4
PA68	7,9	11,9	20,7	33,5	38,9	42,0	10,8	16,7	30,8	50,4	57,6	61,8
PA69	7,6	12,1	20,3	32,9	40,7	44,6	10,6	17,1	30,1	49,4	59,9	65,1
PA7	4,8	7,1	10,5	20,3	34,2	35,2	6,6	9,6	14,6	30,2	51,6	53,1
PA70	6,2	10,0	19,0	32,6	41,8	42,2	8,6	14,0	28,6	49,6	61,9	62,5
PA71	7,1	11,7	20,4	33,6	42,4	44,3	10,0	16,6	30,5	50,7	62,5	65,1
PA72	6,4	10,4	19,3	32,9	42,1	42,8	9,0	14,6	29,1	49,9	62,3	63,2
PA73	8,0	12,3	22,6	33,1	34,8	35,3	11,0	17,5	33,9	49,8	52,2	52,8
PA74	8,1	12,2	22,6	34,8	37,1	38,1	11,2	17,3	33,9	52,6	55,7	57,0
PA75	8,8	14,7	24,3	37,5	44,1	45,6	12,3	21,2	36,3	56,3	65,0	67,1
PA76	9,5	17,2	26,9	40,2	49,0	50,2	13,4	25,2	40,3	60,1	71,9	73,4
PA77	7,1	12,6	22,0	35,0	43,3	44,5	10,0	18,2	33,1	52,7	63,9	65,5
PA78	6,7	12,9	23,8	36,4	41,3	41,3	9,3	18,9	36,3	54,8	61,4	61,4
PA79	6,4	13,3	25,1	36,7	37,9	37,9	9,0	19,7	38,4	55,2	56,8	56,8
PA8	4,9	7,0	10,3	19,8	33,2	34,3	6,8	9,5	14,2	29,5	50,2	51,7
PA80	6,1	13,6	26,2	37,3	37,3	37,3	8,5	20,6	40,3	56,0	56,0	56,0
PA81	6,1	13,9	26,6	37,5	37,5	37,5	8,6	21,0	40,8	56,3	56,3	56,3
PA82	9,8	18,1	28,0	41,4	50,8	51,5	13,8	26,6	41,9	61,9	74,5	75,4
PA83	8,8	15,4	24,8	38,2	47,1	48,2	12,3	22,4	37,2	57,3	69,3	70,8
PA9	5,4	7,6	11,0	18,6	30,2	35,8	7,4	10,4	15,2	27,2	45,1	53,4
PB1	8,0	12,5	22,9	33,1	35,0	35,4	11,1	17,9	34,4	49,8	52,4	53,0
PB10	8,1	14,9	28,8	33,3	34,6	34,6	11,7	22,6	44,3	51,0	52,8	52,8
PB11	8,1	15,0	28,7	33,6	35,2	35,2	11,7	22,6	44,0	51,5	53,6	53,6
PB12	8,6	15,7	28,5	35,8	38,8	38,8	12,3	23,5	43,5	54,4	58,4	58,4
PB13	9,7	18,1	29,0	40,9	48,4	48,4	13,8	26,7	43,7	61,3	71,4	71,4
PB14	7,9	14,2	25,1	37,5	39,7	39,7	11,0	20,7	37,9	56,4	59,2	59,2
PB15	7,0	16,1	28,9	39,1	39,3	39,5	9,8	24,5	44,2	58,4	58,6	58,9
PB16	8,2	16,6	28,7	39,1	39,9	41,0	11,5	24,7	43,4	58,0	59,2	60,9
PB17	7,6	14,7	29,9	30,9	30,9	30,9	11,2	22,7	46,3	47,9	47,9	47,9


Continuação ...

CONFIGURAÇÕES DAS GEOMETRIAS ESCOLHIDAS PARA AS ESTACAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\emptyset =$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
L=	5	7	9	11	13	15	5	7	9	11	13	15
Sond Min =	SP-2	SP-2	SP-8	SP-1	SP-16	SP-16	SP-2	SP-2	SP-8	SP-1	SP-16	SP-16
PILAR	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm	Padm
PB18	7,8	15,2	30,0	31,9	32,5	32,5	11,5	23,3	46,4	49,2	50,1	50,1
PB19	8,3	15,7	29,5	34,1	36,2	36,2	12,0	23,8	45,3	52,2	55,0	55,0
PB2	8,1	12,3	22,7	34,9	37,3	38,3	11,2	17,5	34,1	52,7	55,9	57,3
PB20	9,6	18,0	29,7	39,9	46,1	46,1	13,7	26,8	45,0	60,1	68,3	68,3
PB21	9,4	14,2	24,4	37,2	38,6	39,4	12,9	20,2	36,3	55,5	57,4	58,7
PB22	8,3	15,7	27,4	38,4	39,1	39,9	11,5	23,2	41,3	57,1	58,1	59,4
PB23	9,3	17,0	28,5	39,0	40,5	42,3	12,9	25,0	42,7	57,6	59,7	62,6
PB24	7,6	15,1	30,6	30,6	30,6	30,6	11,2	23,4	47,6	47,6	47,6	47,6
PB25	7,8	15,3	29,9	31,9	33,7	34,8	11,4	23,4	46,1	49,1	51,5	53,1
PB26	8,1	15,4	28,2	34,4	39,6	43,0	11,7	23,1	42,9	52,0	59,2	64,1
PB27	8,4	13,8	24,1	35,7	41,7	46,1	11,7	19,8	36,1	53,4	61,6	68,0
PB28	10,3	15,2	25,0	36,5	42,0	46,7	14,2	21,5	36,8	54,0	61,5	68,6
PB29	9,4	12,2	21,6	35,3	35,9	36,7	12,7	16,8	32,0	53,1	53,9	55,0
PB3	8,9	14,9	24,5	37,7	44,4	45,8	12,4	21,5	36,6	56,6	65,5	67,5
PB30	12,1	16,4	25,7	37,6	40,4	43,7	16,6	22,8	37,3	55,2	59,0	64,3
PB31	14,5	20,2	29,6	39,8	44,7	50,6	20,1	28,4	42,4	57,1	64,0	73,3
PB32	7,6	13,3	24,8	33,2	39,1	44,9	10,8	19,4	37,4	49,8	57,9	66,4
PB33	10,7	15,0	24,6	36,0	40,7	45,7	14,8	20,9	35,9	53,1	59,6	67,1
PB34	7,6	15,1	30,6	30,6	30,6	30,6	11,2	23,4	47,6	47,6	47,6	47,6
PB35	7,1	13,4	27,3	30,2	33,2	37,4	10,2	20,3	41,9	46,1	50,3	56,6
PB36	6,5	11,7	23,9	29,8	35,7	44,3	9,2	17,1	36,3	44,7	53,1	65,6
PB37	6,3	11,0	22,4	29,6	36,8	47,3	8,8	15,7	33,8	44,0	54,3	69,6
PB38	6,4	10,6	21,5	30,1	37,2	47,4	9,0	15,0	32,1	44,7	54,8	69,7
PB39	8,6	12,9	23,2	32,2	39,0	48,5	11,9	18,0	34,1	47,3	56,9	71,0
PB4	6,7	13,0	24,0	36,5	41,3	41,3	9,4	19,1	36,5	54,9	61,4	61,4
PB40	10,5	14,7	24,5	34,2	40,4	48,7	14,6	20,5	35,6	50,0	58,6	71,0
PB41	14,8	19,4	28,2	38,1	44,5	52,5	20,5	26,8	40,0	54,5	63,4	75,8
PB42	21,4	27,5	35,2	42,9	53,0	65,2	29,7	38,0	48,6	59,1	73,2	92,4
PB43	21,2	27,3	35,1	42,9	52,8	64,9	29,5	37,8	48,5	59,1	73,0	91,9
PB44	21,6	27,7	35,4	43,0	53,2	65,7	30,0	38,3	48,7	59,1	73,5	93,0
PB45	21,0	26,9	34,7	42,6	52,4	64,2	29,2	37,2	47,8	58,8	72,5	91,0
PB46	6,6	12,0	24,5	29,8	35,3	43,1	9,4	17,7	37,3	44,9	52,6	64,1
PB47	7,0	13,2	26,9	30,2	33,5	38,2	10,1	19,9	41,3	45,9	50,6	57,6
PB48	6,7	12,4	25,2	29,9	34,8	41,7	9,6	18,3	38,4	45,2	52,0	62,2
PB49	6,5	11,8	24,2	29,8	35,5	43,8	9,3	17,4	36,7	44,8	52,9	65,0
PB5	6,4	13,4	25,3	36,9	38,0	38,0	9,0	20,0	38,7	55,4	56,9	56,9
PB50	6,1	10,5	21,6	29,5	37,5	49,1	8,5	14,9	32,3	43,6	55,0	72,0
PB51	6,1	10,5	21,6	29,5	37,5	49,1	8,5	14,9	32,3	43,6	55,0	72,0
PB52	6,1	10,5	21,6	29,5	37,5	49,1	8,5	14,9	32,3	43,6	55,0	72,0
PB53	9,5	14,0	24,1	32,8	40,2	50,5	13,2	19,5	35,3	47,8	58,3	73,6
PB54	14,5	19,4	28,4	37,3	45,0	54,9	20,1	26,9	40,4	53,2	64,0	79,1
PB55	18,6	24,2	32,4	40,8	49,7	60,7	25,9	33,4	45,1	56,9	69,4	86,6
PB56	22,0	28,3	35,9	43,3	53,9	66,8	30,7	39,1	49,3	59,4	74,2	94,4
PB6	6,5	13,9	26,2	37,4	37,4	37,4	9,0	20,8	40,2	56,2	56,2	56,2
PB7	6,2	14,2	26,9	37,7	37,7	37,7	8,7	21,5	41,3	56,6	56,6	56,6
PB8	8,7	14,8	26,4	36,9	40,2	40,2	12,3	21,6	39,9	55,9	60,2	60,2
PB9	6,7	15,7	28,4	38,8	39,0	39,0	9,4	23,8	43,5	58,0	58,3	58,3
EA101	5,0	8,3	13,3	21,7	33,9	35,3	7,0	11,7	19,1	32,5	51,2	53,3
EA201	6,4	16,0	31,3	31,3	31,3	31,3	9,1	24,8	48,4	48,4	48,4	48,4
EA102	7,8	11,1	20,8	34,0	36,7	38,2	10,7	15,5	31,0	51,4	54,9	56,9

# 3. Dimensionamento à Flexão Composta das Estacas

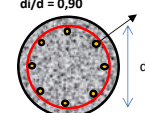
Antes do cálculo da capacidade de carga horizontal das estacas, é necessário se determinar o momento resistente da seção transversal, calculado pela combinação de esforços de compressão e flexão. Diante de tal situação, utilizou-se uma planilha programa para solucionar este tipo de problema. As seções transversais das estacas foram dimensionadas neste regime, com suas cargas verticais equivalentes às suas respectivas capacidades de carga geotécnica ou com taxa de armadura longitudinal mínima equivalente a 0,5% da área total da seção transversal. A resistência a compressão característica, Fck, foi adotada como igual a 20 MPa. Nas figuras seguintes, apresentam-se as planilhas de cálculo para cada diâmetro do fuste das estacas empregadas no projeto.

## (a) Dimensionamento à Flexão Composta - Estacas Ø 30 cm



**DB Construções & Imobiliária Ltda**  
Departamento de Projetos  
Planilha de Dimensionamento - ESTACAS SUJEITA À FLEXÃO COMPOSTA RETA

Relação:  $d_i/d = 0,90$



Armadura Principal

**DIMENSIONAMENTO APROXIMADO A FLEXÃO COMPOSTA RETA - SEÇÃO CIRCULAR**  
\*\*\* Baseado nas abacos de Urbano - Fundações Profundas

**PERFIL 01**

Dados de Entrada	
Diâmetro da Estaca - d (m):	<b>0,30 m</b>
Carga Vertical -V, (t):	<b>60,00 t</b>
Momento Aplicado Topo - M (t):	<b>1,20 t</b>
Força Horizontal Cortante - H (t):	<b>1,00 t</b>
Fck Concreto (Mpa):	<b>20 MPa</b>
Tensão Esc. Aço - Fyk (Mpa):	<b>500 MPa</b>

ARM. LONGITUDINAL - Dados Calculados:	
Acon: 0,071 m <sup>2</sup>	n: <b>0,7686</b>
Fcd: 12,14 MPa	m: <b>0,0512</b>
Fyd: 434,78 MPa	Valor 'n' ok
Nd(MN): 0,840 MN	Valor 'm' ok
Md(MN): 0,017 MN	ro, cal: <b>0,361</b>
Cob. Max	<b>1,5 cm</b>
Área de Aço Necessária (As,cm <sup>2</sup> ):	<b>7,13 cm<sup>2</sup></b>
Taxa Mínima: 0,50%	As min= 3,53 cm <sup>2</sup>
	Taxa= 1,01%

ARM. LONGITUDINAL		Taxa	Calculada
5	38	1,02%	38
6,3	23	1,04%	23
8	15	1,04%	15
10	10	1,12%	10
12,5	6	1,05%	6
16	4	1,13%	4
20	3	1,33%	3
22	2	1,08%	2
25	2	1,41%	2
32	1	1,00%	1

Calculada: **7,13 cm<sup>2</sup>**

CASO DE ESTACA SOB TRAÇÃO	
Ftk (MPa):	1,9
Agressividade:	1
Es (Mpa), Aço:	210000
ηb:	1,5

ARM. TRANSVERSAL - Dados Calculados	
As, eq.: 0,045 m <sup>2</sup>	Vd=: 1,40 MPa
Leq: 0,212 m	twd=: 0,335 MPa
qsI=: 0,12	tc=: 0,516 MPa
td=: -0,131 MPa	Asw=: <b>2,97 cm<sup>2</sup>/m</b>
Asw,calc=: -0,64 cm <sup>2</sup> /m	As,min=: <b>2,97 cm<sup>2</sup>/m</b>
RO =	1,009%


Armadura Mínima!

ARM. TRANSVERSAL		Diâmetro Interno
5	12	24
6,3	20	
8	25	
10	50	
12,5	50	
16	100	
20	100	
22	100	
25	100	
32	100	

Cálculos:	
Bitola (mm)	σs(Mpa) As (cm <sup>2</sup> )/Nbarras
5	244,64 24,53 / 130
6,3	217,94 27,53 / 87
8	193,41 31,02 / 64
10	172,99 34,68 / 44
12,5	154,73 38,78 / 32
16	136,76 43,87 / 22
20	122,32 49,05 / 16
22	116,63 51,45 / 14
25	109,41 54,84 / 11
32	96,70 62,05 / 8

Comprimento Armado	400	** Estribos 2 ramos	Comprimer	84,8	Diâmetro	
			Ancoragem	25,2		6,3
quantidade	21		Total	115		
			Espaça.=	20		

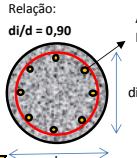
(b) Dimensionamento à Flexão Composta - Estacas Ø 40 cm



**DB Construções & Imobiliária Ltda**  
Departamento de Projetos  
Planilha de Dimensionamento - ESTACAS SUJEITA À FLEXÃO COMPOSTA RETA

**DIMENSIONAMENTO APROXIMADO A FLEXÃO COMPOSTA RETA - SEÇÃO CIRCULAR**  
\*\*\* Baseado nos ábacos de Urbano - Fundações Profundas

Relação:  $d_i/d = 0,90$



Armadura Principal

**ARM. LONGITUDINAL - Dados Calculados:**

Acon:	0,126 m <sup>2</sup>	n:	0,6774
Fcd:	12,14 MPa	m:	0,0270
Fyd:	434,78 MPa	Valor 'n' ok	
Nd(MN):	1,316 MN	Valor 'm' ok	
Md(MN):	0,021 MN	ro, cal:	0,192
Cob. Max:	2,0 cm		
Área de Aço Necessária (As,cm <sup>2</sup> ):		6,75 cm <sup>2</sup>	
Taxa Mínima: As min=		6,28 cm <sup>2</sup>	
		0,50% Taxa= 0,54%	

Calculada: 6,75 cm<sup>2</sup>

**Dados de Entrada**

Diâmetro da Estaca - d (m):	0,40 m
Carga Vertical - V, (t):	94,00 t
Momento Aplicado Topo - M (t):	1,50 t
Força Horizontal Cortante - H (t):	1,00 t
Fck Concreto (Mpa):	20 MPa
Tensão Esc. Aço - Fyk (Mpa):	500 MPa
Coeficientes de Segurança:	
gf:	1,4
gc:	1,4
gs:	1,15

**ARM. TRANSVERSAL - Dados Calculados**

As, eq:	0,080 m <sup>2</sup>	Vd=	1,40 MPa
Leq:	0,283 m	twd=	0,188 MPa
qsI=	0,09	tc=	0,411 MPa
td=	-0,194 MPa	Asw=	3,96 cm <sup>2</sup> /m
Asw,calc=	-1,26 cm <sup>2</sup> /m	As,min=	3,96 cm <sup>2</sup> /m

Armadura Mínima!

**ARMADURA LONGITUDINAL**

Bit (mm)	N Bar Long	Taxa	Calculada
5	36	0,54%	36
6,3	22	0,56%	22
8	14	0,55%	14
10	9	0,57%	9
12,5	6	0,59%	6
16	4	0,64%	4
20	3	0,75%	3
22	2	0,60%	2
25	2	0,80%	2
32	1	0,56%	1

**CASO DE ESTACA SOB TRAÇÃO**

Ftk (MPa):	1,9
Agressividade:	1
Es (Mpa), Aço:	210000
ηb:	1,5

Cálculos:

Bitola (mm)	σs(Mpa)	As (cm <sup>2</sup> )/Nbarras
5	244,64	38,42 / 203
6,3	217,94	43,13 / 135
8	193,41	48,6 / 100
10	172,99	54,34 / 69
12,5	154,73	60,75 / 49
16	136,76	68,73 / 35
20	122,32	76,85 / 25
22	116,63	80,6 / 22
25	109,41	85,92 / 18
32	96,70	97,2 / 13

**ARMADURA TRANSVERSAL**

Bit (mm)	Esp. (cm)	Diâmetro Interno
5	9	34
6,3	14	
8	20	
10	33	
12,5	50	
16	100	
20	100	
22	100	
25	100	
32	100	

Comprimento	** Estribos 2 ramos	
Armado	400	Comprimer 116,2
		Ancoragem 25,2
		Diametro 6,3
quantidade	30	Total 145
		Espaça.= 14

Case Estribo Helicoidal

Comprimento Estaca (cm):	1700
Passo do estribo (cm):	20
Comprimento total(cm):	9240,0
Recobrimento (cm):	3

## 4. Previsão da Capacidade de Carga Horizontal

A capacidade de carga horizontal das estacas foi calculada pelo uso das formulações de Broms para solos argilosos, com topo considerado engastado. Assim, as figuras seguintes resumem os valores obtidos para cada configuração de estaca e solo:

(a) Capacidade de Carga Horizontal - Estaca diâmetro – Ø 30 cm – Le >= 8m (CASO SOLO COESIVO).

Aplicação: Método de Broms - SOLOS COESIVOS E NÃO COESIVOS

DADOS DE ENTRADA

ESTACA	
Diâmetro da Estaca, d (m):	0,30 m
Comprimento da Estaca, Le (m):	8,0 m
Momento resistente, Mr (kN.m):	13,0 kN.m

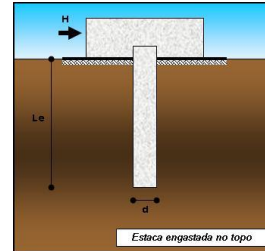
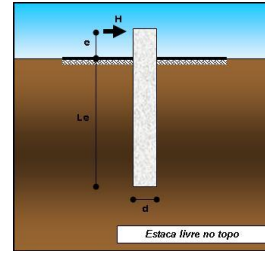
SOLO	
Coesão do Solo, c (kN/m²):	20,0 kN/m²
Ângulo de Atrito, f (°):	26,0 °
Peso Específico, gs (kN/m³):	16,0 kN/m³

CARREGAMENTO	
Carga Horizontal aplicada, H (kN):	10,0 kN
Comprimento externo da estaca, e (m):	0,00 m

COEFICIENTES DE SEGURANÇA	
Majoração do Esforço, gf:	2,00
Coesão do Solo, gcs:	0,75
Ângulo de Atrito, gf:	0,75
Coefficiente de Segurança-ruptura:	2,00

<b>Cálculos Efetuados</b>	Kp = 0,50	Mr/(d⁴*gs*Kp) 401,66
Razão Mr/(Cu*d³):	64,2	Mr/d = 26,0
e/d	0,0	Le/d = 26,7

Modelos Adotados



Solos Coesivos

Topo Livre	Momentos	L/d	Engastado	Momentos	L/d
Hr/(Cu*d²) =	22,1	Hr/(Cu*d²) =	83,9	Hr/(Cu*d²) =	37,3
Hr =	29,8	Hr =	113,2	Hr =	50,4
Hrd =	14,9 kN	Hrd =	56,6	Hrd =	25,2 kN
Valor a adotar, Hrd (kN)=			14,9 kN	Valor a adotar, Hrd (kN)=	
				25,2 kN	

Solos Não Coesivos

Topo Livre	Momentos	L/d	Engastado	Momentos	L/d
Hr/(Kpd³*γ) =	62,4	Hr/(Kpd³*γ) =	346,4	Hr/(Kpd³*γ) =	122,4
Hr =	13,5	Hr =	74,7	Hr =	26,4
Hrd =	6,7 kN	Hrd =	37,4	Hrd =	13,2
Valor a adotar, Hrd (kN)=			6,7 kN	Valor a adotar, Hrd (kN)=	
				13,2 kN	

(b) Capacidade de Carga Horizontal - Estaca diâmetro – Ø 40 cm – Le >= 8m (CASO SOLO COESIVO).

Aplicação: Método de Broms - SOLOS COESIVOS E NÃO COESIVOS

DADOS DE ENTRADA

ESTACA	
Diâmetro da Estaca, d (m):	0,40 m
Comprimento da Estaca, Le (m):	8,0 m
Momento resistente, Mr (kN.m):	25,0 kN.m

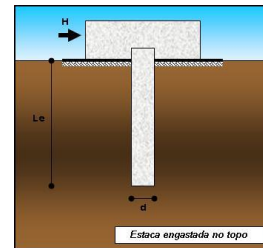
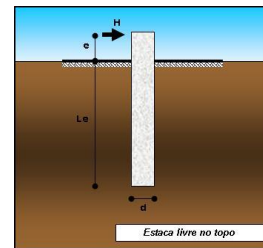
SOLO	
Coesão do Solo, c (kN/m²):	20,0 kN/m²
Ângulo de Atrito, f (°):	26,0 °
Peso Específico, gs (kN/m³):	16,0 kN/m³

CARREGAMENTO	
Carga Horizontal aplicada, H (kN):	10,0 kN
Comprimento externo da estaca, e (m):	0,00 m

COEFICIENTES DE SEGURANÇA	
Majoração do Esforço, gf:	2,00
Coesão do Solo, gcs:	0,75
Ângulo de Atrito, gf:	0,75
Coefficiente de Segurança-ruptura:	2,00

<b>Cálculos Efetuados</b>	Kp = 0,50	Mr/(d⁴*gs*Kp) 244,40
Razão Mr/(Cu*d³):	52,1	Mr/d = 50,0
e/d	0,0	Le/d = 20,0

Modelos Adotados



Solos Coesivos

Topo Livre	Momentos	L/d	Engastado	Momentos	L/d
Hr/(Cu*d²) =	18,8	Hr/(Cu*d²) =	60,8	Hr/(Cu*d²) =	32,8
Hr =	45,1	Hr =	145,9	Hr =	78,7
Hrd =	22,6 kN	Hrd =	73,0	Hrd =	39,3 kN
Valor a adotar, Hrd (kN)=			22,6 kN	Valor a adotar, Hrd (kN)=	
				39,3 kN	

Solos Não Coesivos

Topo Livre	Momentos	L/d	Engastado	Momentos	L/d
Hr/(Kpd³*γ) =	42,1	Hr/(Kpd³*γ) =	196,7	Hr/(Kpd³*γ) =	87,7
Hr =	21,5	Hr =	100,6	Hr =	44,9
Hrd =	10,8 kN	Hrd =	50,3	Hrd =	22,4
Valor a adotar, Hrd (kN)=			10,8 kN	Valor a adotar, Hrd (kN)=	
				22,4 kN	

---

## 5. Dimensionamento das Fundações

---

Para cada pilar e sua configuração de carregamentos, calculou-se o número de estacas necessário para combater os esforços verticais, horizontais e de momento sobre os pilares. Os esforços horizontais foram simulados pela sua inversão em momentos equivalentes a fim de que fosse empregada uma planilha de cálculo de estaqueamentos. Esta planilha apresenta um algoritmo de otimização pelo qual, para cada pilar, é determinado o número mínimo de estacas que representa o menor volume de escavação possível, mediante a busca da solução diante de um conjunto de até 12 tipos de configuração de estacas (diâmetro e comprimento), e de um conjunto de configurações de estaqueamentos (25 tipos diferentes). Além disso, foi estudada a locação das sondagens e, a partir destas, foram criadas áreas de influência das sondagens a fim de se ter maior controle nas previsões dos comprimentos das estacas e seus respectivos agrupamentos abaixo de cada pilar das fundações. Mediante a determinação das áreas de influência de cada furo de sondagem sobre os pilares das fundações, estudaram-se as fundações separando-as em cada uma destas áreas de influência (definidas por cada furo de sondagem). Contudo, nem sempre estas áreas de influência podem ser adotadas frente às incertezas de locação das sondagens e pela sua própria variabilidade acentuada.

Após o processamento, para cada pilar há uma descrição da solução adotada em função dos diâmetros, das profundidades (comprimentos das estacas) e de suas capacidades de carga, na qual representa a solução de menor volume de concreto/escavação e que atende simultaneamente aos critérios estruturais e geotécnicos. Disso, tem-se o resumo na Tabela 10 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Os mesmos procedimentos se repetem para cada furo de sondagem e sua respectiva área de influência, avaliando-se em conjunto a posição de cada pilar mediante às sondagens.

Tabela 10. Relatório de cálculo dos grupos de estacas.

ENTRADA DE DADOS				RESULTADOS OBTIDOS / PRÉ-DIMENSIONAMENTO										INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES				
Quadro de Pilares e Cargas																		
Elemento	Fz (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	Solução	Pc,máx	Pc,mín	Dia. Estaca	Nest	ΣPc	Eficiência	ΣPc,ult	Solução?	Pult,c	Pult,t	Mult	Le (m)	Configuração	Volume (m³)
PA1	20,0	-10,3	0,0	B2 EST 30 L 9	23,73	-3,73	0,3	2	23,7	7,7%	62,5	OK	31,26	-15,63	2	9	3	1,272
PA2	91,5	7,0	2,1	B2 EST 40 L 15	52,75	38,75	0,4	2	91,5	1,0%	107,0	OK	53,5112	-26,756	3	15	12	3,770
PA3	77,2	3,0	2,1	B2 EST 40 L 13	40,64	36,54	0,4	2	77,2	1,2%	101,8	OK	50,8902	-25,445	3	13	11	3,267
PA4	83,8	-8,2	1,0	B4 EST 30 L 9	27,08	14,81	0,3	4	83,8	0,5%	125,0	OK	31,26	-15,63	2	9	3	2,545
PA5	164,3	-4,1	22,2	B5 T EST 40 L 9	46,47	22,70	0,4	5	164,3	0,1%	242,2	OK	48,44	-24,22	3	9	9	5,655
PA6	196,2	-15,8	-10,3	B6 EST 40 L 9	40,52	24,90	0,4	6	196,2	0,0%	247,7	OK	41,281	-20,641	3	9	9	6,786
PA7	154,4	6,1	1,0	B3 EST 40 L 13	51,95	50,95	0,4	3	154,4	0,3%	154,7	OK	51,5775	-25,789	3	13	11	4,901
PA8	178,6	9,1	1,0	B4 EST 40 L 13	49,68	39,63	0,4	4	178,6	0,1%	200,6	OK	50,1524	-25,076	3	13	11	6,535
PA9	159,9	5,1	0,0	B5 T EST 30 L 15	35,86	29,38	0,3	5	159,9	0,1%	178,8	OK	35,7661	-17,883	2	15	6	5,301
PA10	148,8	1,0	2,0	B3 T EST 40 L 15	51,92	47,46	0,4	3	148,8	0,2%	165,2	OK	55,0753	-27,538	3	15	12	5,655
PA11	81,6	-4,1	0,0	B2 EST 40 L 15	44,89	36,69	0,4	2	81,6	0,8%	113,4	OK	56,6949	-28,347	3	15	12	3,770
PA12	100,3	7,0	0,0	B2 EST 40 L 15	57,16	43,16	0,4	2	100,3	1,0%	113,8	OK	56,8947	-28,447	3	15	12	3,770
PA13	119,1	-1,1	1,1	B4 EST 30 L 15	31,17	28,37	0,3	4	119,1	0,2%	153,6	OK	38,4	-19,2	2	15	6	4,241
PA14	34,2	7,1	12,0	B3 T EST 30 L 9	22,25	-10,03	0,3	3	44,2	2,4%	93,8	OK	31,26	-15,63	2	9	3	1,909
PA15	93,7	-11,2	0,0	B3 T EST 40 L 9	44,11	24,80	0,4	3	93,7	0,5%	130,0	OK	43,3278	-21,664	3	9	9	3,393
PA16	178,6	-23,0	2,1	B5 T EST 40 L 13	49,42	26,06	0,4	5	178,7	0,0%	254,7	OK	50,9304	-25,465	3	13	11	8,168
PA17	143,3	-17,0	0,0	B5 EST 30 L 15	36,68	20,65	0,3	5	143,3	0,1%	180,4	OK	36,0882	-18,044	2	15	6	5,301
PA18	148,8	77,6	114,0	B16 EST 30 L 9	26,67	-8,07	0,3	16	163,4	0,0%	437,7	OK	27,3575	-13,679	2	9	3	10,179
PA19	156,6	-9,0	16,9	B5 T EST 40 L 9	42,85	21,23	0,4	5	156,6	0,1%	211,9	OK	42,386	-21,193	3	9	9	5,655
PA20	4,4	-22,0	0,0	B2 EST 40 L 13	24,21	-19,80	0,4	2	24,2	1,6%	94,7	OK	47,3726	-23,686	3	13	11	3,267
PA21	185,2	-4,1	0,0	B4 EST 40 L 13	48,36	44,26	0,4	4	185,2	0,1%	190,0	OK	47,4984	-23,749	3	13	11	6,535
PA22	105,8	-2,1	3,1	B2 EST 40 L 15	55,97	49,87	0,4	2	105,8	1,1%	110,7	OK	55,3594	-27,68	3	15	12	3,770
PA23	111,4	-1,1	1,0	B4 EST 30 L 13	29,20	26,47	0,3	4	111,4	0,3%	136,8	OK	34,2067	-17,103	2	13	5	3,676
PA24	190,7	1,0	0,0	B4 EST 40 L 13	48,18	47,18	0,4	4	190,7	0,1%	205,1	OK	51,2652	-25,633	3	13	11	6,535
PA25	255,8	-2,0	7,0	B8 EST 30 L 13	34,04	29,91	0,3	8	255,8	0,0%	268,5	OK	33,5649	-16,782	2	13	5	7,351
PA26	211,7	-5,0	2,1	B5 EST PENT 40 L 13	44,69	39,87	0,4	5	211,7	0,0%	221,4	OK	44,2709	-22,135	3	13	11	8,168
PA27	227,1	-2,0	-4,2	B5 EST PENT 40 L 15	47,38	43,29	0,4	5	227,1	0,0%	272,9	OK	54,5873	-27,294	3	15	12	9,425
PA28	219,4	2,1	1,1	B4 EST 40 L 15	56,40	53,30	0,4	4	219,4	0,1%	228,4	OK	57,0968	-28,548	3	15	12	7,540
PA29	159,9	-1,0	-5,1	B3 T EST 40 L 15	57,81	47,61	0,4	3	159,9	0,2%	171,1	OK	57,0353	-28,518	3	15	12	5,655

Continuação...

ENTRADA DE DADOS				RESULTADOS OBTIDOS / PRÉ-DIMENSIONAMENTO										INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES				
Quadro de Pilares e Cargas																		
Elemento	Fz (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	Solução	Pc,máx	Pc,min	Dia. Estaca	Nest	ΣPc	Eficiência	ΣPc,ult	Solução?	Pult,ç	Pult,t	Mult	Le (m)	Configuração	Volume (m³)
PA30	54,0	-18,8	-2,1	B3 T EST 30 L 15	35,17	-10,86	0,3	3	64,9	0,9%	114,4	OK	38,1175	-19,059	2	15	6	3,181
PA31	168,7	-3,1	1,0	B3 T EST 40 L 15	59,75	53,47	0,4	3	168,7	0,2%	185,1	OK	61,714	-30,857	3	15	12	5,655
PA32	145,5	-3,1	-9,0	B3 EST 40 L 13	50,04	46,99	0,4	3	145,5	0,3%	149,0	OK	49,681	-24,841	3	13	11	4,901
PA33	103,6	-13,2	1,0	B3 T EST 40 L 13	49,73	25,95	0,4	3	103,6	0,2%	150,7	OK	50,2401	-25,12	3	13	11	4,901
PA34	144,4	-9,2	0,0	B3 EST 40 L 15	52,72	43,57	0,4	3	144,4	0,2%	162,8	OK	54,2571	-27,129	3	15	12	5,655
PA35	124,6	-6,0	0,0	B4 EST 30 L 15	35,15	27,15	0,3	4	124,6	0,2%	146,7	OK	36,6793	-18,34	2	15	6	4,241
PA36	143,3	1,0	12,2	B3 EST 40 L 15	53,88	41,68	0,4	3	143,3	0,2%	158,1	OK	52,6834	-26,342	3	15	12	5,655
PA37	189,6	1,0	7,0	B4 EST 40 L 15	51,41	43,41	0,4	4	189,6	0,1%	217,6	OK	54,3989	-27,199	3	15	12	7,540
PA38	76,1	2,1	-5,0	B2 EST 40 L 13	40,09	35,99	0,4	2	76,1	1,5%	81,9	OK	40,9272	-20,464	3	13	11	3,267
PA39	51,8	0,0	-3,0	B1 EST 40 L 13	51,82	51,82	0,4	1	51,8	19,0%	51,1	OK	51,1376	-25,569	3	13	11	1,634
PA40	60,6	0,0	0,0	B1 EST 40 L 15	60,64	60,64	0,4	1	60,6	13,6%	63,0	OK	62,9703	-31,485	3	15	12	1,885
PA41	130,1	-1,0	8,1	B3 T EST 40 L 15	52,72	37,69	0,4	3	130,1	0,2%	157,7	OK	52,5828	-26,291	3	15	12	5,655
PA42	280,0	-3,1	-9,4	B6 EST 40 L 15	50,03	43,32	0,4	6	280,0	0,0%	316,0	OK	52,6721	-26,336	3	15	12	11,310
PA43	92,6	2,1	-2,0	B3 T EST 40 L 15	48,31	44,31	0,4	2	92,6	1,0%	105,5	OK	52,7701	-26,385	3	15	12	3,770
PA44	39,7	-27,1	-2,1	B2 EST 40 L 15	46,90	-7,21	0,4	2	46,9	1,0%	102,9	OK	51,463	-25,731	3	15	12	3,770
PA45	251,4	-5,1	-1,0	B4 EST 40 L 15	65,87	59,82	0,4	4	251,4	0,1%	257,9	OK	64,4816	-32,241	3	15	12	7,540
PA46	98,1	-1,0	0,0	B2 EST 40 L 13	49,06	49,06	0,4	2	98,1	1,5%	101,2	OK	50,5975	-25,299	3	13	11	3,267
PA47	28,7	-2,1	1,0	B1 EST 40 L 11	28,67	28,67	0,4	1	28,7	23,3%	32,3	OK	32,254	-16,127	3	11	10	1,382
PA48	180,8	-2,1	-3,1	B3 T EST 40 L 15	62,69	56,01	0,4	3	180,8	0,3%	185,9	OK	61,9569	-30,978	3	15	12	5,655
PA49	76,1	-11,2	-2,0	B3 EST 30 L 13	32,79	17,92	0,3	3	76,1	0,9%	97,5	OK	32,4895	-16,245	2	13	5	2,757
PA50	212,8	1,0	7,1	B5 T EST 40 L 13	46,86	39,43	0,4	5	212,8	0,0%	240,0	OK	47,9917	-23,996	3	13	11	8,168
PA51	259,1	6,1	0,0	B6 EST 40 L 11	44,69	41,67	0,4	6	259,1	0,0%	281,9	OK	46,9857	-23,493	3	11	10	8,294
PA52	181,9	3,1	-4,1	B4 EST 40 L 13	49,03	41,93	0,4	4	181,9	0,1%	191,4	OK	47,848	-23,924	3	13	11	6,535
PA53	59,5	-24,9	-2,1	B3 T EST 40 L 13	36,27	-8,91	0,4	3	68,4	0,4%	121,4	OK	40,4512	-20,226	3	13	11	4,901
PA54	154,4	-1,0	2,0	B3 T EST 40 L 15	53,76	49,30	0,4	3	154,4	0,2%	162,8	OK	54,2653	-27,133	3	15	12	5,655
PA55	125,7	-6,0	-7,1	B3 T EST 40 L 13	50,04	31,82	0,4	3	125,7	0,3%	148,2	OK	49,3875	-24,694	3	13	11	4,901
PA56	84,9	-9,2	2,0	B2 EST 40 L 15	51,60	33,30	0,4	2	84,9	0,8%	124,9	OK	62,4437	-31,222	3	15	12	3,770
PA57	173,1	-1,0	-57,8	B5 EST 40 L 15	55,39	13,84	0,4	5	173,1	0,0%	296,7	OK	59,3306	-29,665	3	15	12	9,425
PA58	83,8	-4,0	-3,0	B2 EST 40 L 11	44,90	38,90	0,4	2	83,8	2,0%	92,8	OK	46,3817	-23,191	3	11	10	2,765
PA59	172,0	-21,9	1,0	B5 EST 40 L 11	42,50	26,30	0,4	5	172,0	0,1%	216,7	OK	43,3495	-21,675	3	11	10	6,912
PA60	147,7	-1,0	-2,0	B3 T EST 40 L 11	50,67	46,67	0,4	3	147,7	0,5%	150,7	OK	50,2348	-25,117	3	11	10	4,147
PA61	115,8	-3,1	2,1	B2 EST 40 L 15	59,93	55,83	0,4	2	115,8	1,1%	119,4	OK	59,6762	-29,838	3	15	12	3,770
PA62	97,0	-2,0	-1,0	B2 EST 40 L 13	49,51	47,51	0,4	2	97,0	1,4%	109,6	OK	54,8045	-27,402	3	13	11	3,267
PA63	108,0	-1,0	0,0	B2 EST 40 L 13	54,02	54,02	0,4	2	108,0	1,4%	123,0	OK	61,4849	-30,742	3	13	11	3,267
PA64	339,6	-1,0	2,0	B6 EST 40 L 15	57,43	55,76	0,4	6	339,6	0,0%	341,0	OK	56,8378	-28,419	3	15	12	11,310
PA65	249,2	-7,1	0,0	B5 EST PENT 40 L 15	53,17	47,13	0,4	5	249,2	0,0%	259,5	OK	51,8939	-25,947	3	15	12	9,425
PA66	147,7	-2,0	-6,1	B3 EST 40 L 11	50,25	48,25	0,4	3	147,7	0,5%	150,5	OK	50,1593	-25,08	3	11	10	4,147
PA67	179,7	-2,1	-6,1	B4 EST 40 L 11	48,98	40,88	0,4	4	179,7	0,1%	207,2	OK	51,8095	-25,905	3	11	10	5,529
PA68	130,1	-2,1	-2,1	B3 T EST 40 L 11	45,73	40,13	0,4	3	130,1	0,4%	151,1	OK	50,3791	-25,19	3	11	10	4,147
PA69	158,8	0,0	-5,1	B3 T EST 40 L 13	58,75	50,00	0,4	3	158,8	0,3%	179,7	OK	59,9166	-29,958	3	13	11	4,901
PA70	206,2	0,0	-3,1	B5 EST 30 L 13	42,70	39,77	0,3	5	206,2	0,2%	208,8	OK	41,7631	-20,882	2	13	5	4,595
PA71	180,8	9,0	0,0	B3 EST 40 L 15	64,77	55,77	0,4	3	180,8	0,2%	195,2	OK	65,0597	-32,53	3	15	12	5,655
PA72	169,8	-5,1	-1,0	B3 T EST 40 L 13	62,48	52,65	0,4	3	169,8	0,3%	186,8	OK	62,2798	-31,14	3	13	11	4,901
PA73	90,4	-20,7	1,0	B3 T EST 40 L 11	50,26	8,86	0,4	3	90,4	0,3%	149,3	OK	49,757	-24,879	3	11	10	4,147
PA74	100,3	1,1	-1,1	B2 EST 40 L 11	51,21	49,11	0,4	2	100,3	2,1%	105,2	OK	52,5969	-26,298	3	11	10	2,765
PA75	119,1	2,1	-4,0	B2 EST 40 L 13	63,54	55,54	0,4	2	119,1	1,4%	130,0	OK	65,0185	-32,509	3	13	11	3,267
PA76	108,0	0,0	0,0	B2 EST 40 L 11	57,02	51,02	0,4	2	108,0	2,0%	120,2	OK	60,1217	-30,061	3	11	10	2,765
PA77	103,6	0,0	0,0	B2 EST 40 L 11	51,82	51,82	0,4	2	103,6	2,1%	105,4	OK	52,7086	-26,354	3	11	10	2,765
PA78	149,9	2,1	-5,0	B3 T EST 40 L 11	55,75	45,04	0,4	3	149,9	0,4%	164,4	OK	54,8142	-27,407	3	11	10	4,147
PA79	115,8	2,1	1,0	B3 EST 40 L 9	39,09	38,09	0,4	3	115,8	0,7%	115,3	OK	38,4425	-19,221	3	9	9	3,393



Continuação...

ENTRADA DE DADOS				RESULTADOS OBTIDOS / PRÉ-DIMENSIONAMENTO										INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:				
Quadro de Pilares e Cargas																		
Elemento	Fz (t)	Mx (Lm)	My (Lm)	Solução	Pc,máx	Pc,min	Dia. Estaca	Nest	ΣPc	Eficiência	ΣPc,ult	Solução?	Pult,c	Pult,t	Mult	Le (m)	Configuração	Volume (m³)
PA80	126,8	11,2	0,0	B3 T EST 40 L 11	55,20	35,80	0,4	3	126,8	0,4%	168,1	OK	56,0211	-28,011	3	11	10	4,147
PA81	5,5	4,1	-1,0	B2 EST 30 L 7	8,16	-2,64	0,3	2	8,2	12,3%	27,8	OK	13,915	-6,9575	2	7	2	0,990
PA82	66,2	-10,0	2,1	B2 EST 30 L 13	46,41	19,74	0,3	2	66,2	3,2%	101,7	OK	50,8292	-25,415	2	13	5	1,838
PA83	61,7	-7,0	-2,1	B2 EST 30 L 13	40,20	21,54	0,3	2	61,7	3,2%	94,3	OK	47,1441	-23,572	2	13	5	1,838
PB1	95,9	-19,6	0,0	B3 EST 40 L 11	41,77	22,17	0,4	3	95,9	0,3%	149,5	OK	49,8287	-24,914	3	11	10	4,147
PB2	84,9	-2,1	7,1	B2 EST 40 L 11	49,55	35,35	0,4	2	84,9	1,8%	105,3	OK	52,6667	-26,333	3	11	10	2,765
PB3	104,7	-1,1	-2,0	B2 EST 40 L 11	54,37	50,37	0,4	2	104,7	2,0%	113,2	OK	56,5878	-28,294	3	11	10	2,765
PB4	108,0	1,0	4,0	B2 EST 40 L 11	55,02	53,02	0,4	2	108,0	2,1%	109,9	OK	54,9376	-27,469	3	11	10	2,765
PB5	112,5	-2,1	3,1	B2 EST 40 L 13	58,28	54,18	0,4	2	112,5	1,5%	113,8	OK	56,9224	-28,461	3	13	11	3,267
PB6	92,6	-7,3	0,0	B2 EST 40 L 11	53,56	39,06	0,4	2	92,6	1,8%	112,3	OK	56,1609	-28,08	3	11	10	2,765
PB7	37,5	3,0	0,0	B1 EST 40 L 9	37,49	37,49	0,4	1	37,5	35,5%	41,3	OK	41,2968	-20,648	3	9	9	1,131
PB8	152,1	-1,1	-1,0	B3 T EST 40 L 11	51,93	49,11	0,4	3	152,1	0,4%	167,6	OK	55,8644	-27,932	3	11	10	4,147
PB9	162,1	-3,0	-2,0	B3 T EST 40 L 11	57,49	50,29	0,4	3	162,1	0,5%	174,1	OK	58,0245	-29,012	3	11	10	4,147
PB10	80,5	-6,3	10,3	B3 T EST 40 L 9	38,72	14,63	0,4	3	80,5	0,4%	132,9	OK	44,2896	-22,145	3	9	9	3,393
PB11	52,9	-24,8	3,1	B2 EST 40 L 11	51,26	1,66	0,4	2	52,9	1,1%	103,0	OK	51,4916	-25,746	3	11	10	2,765
PB12	195,1	2,1	31,5	B5 EST PENT 40 L 11	53,85	26,48	0,4	5	195,2	0,1%	272,1	OK	54,4123	-27,206	3	11	10	6,912
PB13	166,5	1,1	-11,1	B3 EST 40 L 11	61,02	49,97	0,4	3	166,5	0,4%	184,0	OK	61,3275	-30,664	3	11	10	4,147
PB14	164,3	4,1	10,2	B3 EST 40 L 13	59,83	49,68	0,4	3	164,3	0,3%	177,7	OK	59,221	-29,61	3	13	11	4,901
PB15	181,9	3,1	10,0	B4 EST 40 L 11	52,00	38,95	0,4	4	181,9	0,1%	233,6	OK	58,4023	-29,201	3	11	10	5,529
PB16	132,3	2,1	-7,0	B4 EST 30 L 11	39,11	27,04	0,3	4	132,3	0,4%	156,2	OK	39,0592	-19,53	2	11	4	3,110
PB17	61,7	-6,3	-6,2	B3 T EST 30 L 9	30,20	7,50	0,3	3	61,7	1,6%	89,6	OK	29,8591	-14,93	2	9	3	1,909
PB18	46,3	-20,7	-3,2	B2 EST 40 L 9	43,85	2,45	0,4	2	46,3	1,6%	92,8	OK	46,3828	-23,191	3	9	9	2,262
PB19	252,5	-6,2	17,3	B6 EST 40 L 11	48,45	35,70	0,4	6	252,5	0,0%	313,1	OK	52,1861	-26,093	3	11	10	8,294
PB20	102,5	-4,1	5,1	B2 EST 40 L 11	56,37	46,17	0,4	2	102,5	1,9%	120,1	OK	60,0546	-30,027	3	11	10	2,765
PB21	100,3	-3,1	4,0	B2 EST 40 L 11	54,16	46,16	0,4	2	100,3	2,0%	111,0	OK	55,5056	-27,753	3	11	10	2,765
PB22	274,5	-3,1	7,0	B5 EST PENT 40 L 11	58,20	51,40	0,4	5	274,5	0,1%	285,5	OK	57,1086	-28,554	3	11	10	6,912
PB23	88,2	2,1	-4,0	B2 EST 40 L 11	48,10	40,10	0,4	2	88,2	1,7%	115,3	OK	57,6256	-28,813	3	11	10	2,765
PB24	161,0	-33,2	-2,1	B5 EST PENT 40 L 9	47,81	19,00	0,4	5	161,0	0,1%	237,8	OK	47,56	-23,78	3	9	9	5,655
PB25	274,5	-2,1	-3,1	B6 EST 40 L 9	47,20	44,31	0,4	6	274,5	0,1%	276,4	OK	46,0626	-23,031	3	9	9	6,786
PB26	208,4	-2,1	-16,3	B4 EST 40 L 15	61,27	42,92	0,4	4	208,4	0,1%	256,5	OK	64,1296	-32,065	3	15	12	7,540
PB27	72,8	4,0	2,1	B2 EST 30 L 13	39,12	33,65	0,3	2	72,8	4,3%	83,4	OK	41,6956	-20,848	2	13	5	1,838
PB28	67,3	3,0	2,1	B2 EST 30 L 11	36,36	30,89	0,3	2	67,3	6,3%	73,1	OK	36,5356	-18,268	2	11	4	1,555
PB29	226,0	-1,1	7,1	B5 T EST 40 L 11	49,51	42,05	0,4	5	226,0	0,1%	265,4	OK	53,0767	-26,538	3	11	10	6,912
PB30	239,2	2,0	-2,0	B4 EST 40 L 15	61,81	57,81	0,4	4	239,2	0,1%	257,2	OK	64,2967	-32,148	3	15	12	7,540
PB31	180,8	2,0	-11,2	B3 T EST 40 L 15	73,20	51,80	0,4	3	180,8	0,2%	219,9	OK	73,3123	-36,656	3	15	12	5,655
PB32	121,3	-8,2	2,0	B3 EST 30 L 15	45,86	34,99	0,3	3	121,3	0,7%	134,6	OK	44,8624	-22,431	2	15	6	3,181
PB33	114,7	-6,1	-2,1	B2 EST 40 L 15	63,43	51,23	0,4	2	114,7	1,0%	134,2	OK	67,1071	-33,554	3	15	12	3,770
PB34	149,9	-33,2	-2,1	B5 EST PENT 40 L 9	45,60	16,80	0,4	5	150,0	0,1%	237,8	OK	47,56	-23,78	3	9	9	5,655
PB35	239,2	-1,0	-9,1	B6 EST 40 L 9	42,48	37,27	0,4	6	239,2	0,0%	251,7	OK	41,9436	-20,972	3	9	9	6,786
PB36	212,8	-7,2	3,1	B4 EST 40 L 15	58,30	48,10	0,4	4	212,8	0,1%	262,2	OK	65,5492	-32,775	3	15	12	7,540
PB37	169,8	-1,0	-1,0	B4 EST 30 L 15	43,78	41,11	0,3	4	169,8	0,2%	189,3	OK	47,3282	-23,664	2	15	6	4,241
PB38	234,8	-23,2	-1,0	B4 EST 40 L 15	70,78	46,63	0,4	4	234,8	0,1%	278,6	OK	69,6457	-34,823	3	15	12	7,540
PB39	185,2	-12,0	-1,0	B3 EST 40 L 15	67,74	55,74	0,4	3	185,2	0,2%	213,0	OK	70,9992	-35,5	3	15	12	5,655
PB40	169,8	-1,0	-3,1	B3 T EST 40 L 13	59,07	52,97	0,4	3	169,8	0,3%	175,8	OK	58,604	-29,302	3	13	11	4,901
PB41	255,8	-1,0	-8,2	B4 EST 40 L 15	68,55	59,35	0,4	4	255,8	0,1%	303,3	OK	75,8278	-37,914	3	15	12	7,540
PB42	235,9	-2,1	-1,0	B4 EST 30 L 15	61,02	56,95	0,3	4	235,9	0,3%	260,9	OK	65,2179	-32,609	2	15	6	4,241
PB43	111,4	-1,0	-34,4	B3 T EST 30 L 15	64,89	-15,77	0,3	3	127,1	1,0%	194,6	OK	64,8707	-32,435	2	15	6	3,181
PB44	78,3	0,0	-3,1	B2 EST 30 L 11	43,21	35,07	0,3	2	78,3	6,3%	86,0	OK	43,0209	-21,51	2	11	4	1,555
PB45	43,0	1,0	-1,0	B1 EST 30 L 11	43,00	43,00	0,3	1	43,0	83,4%	42,6	OK	42,6374	-21,319	2	11	4	0,778
PB46	100,3	-2,0	0,0	B2 EST 40 L 13	50,16	50,16	0,4	2	100,3	1,5%	105,2	OK	52,6113	-26,306	3	13	11	3,267

Continuação...

ENTRADA DE DADOS				RESULTADOS OBTIDOS / PRÉ-DIMENSIONAMENTO										INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES				
Quadro de Pilares e Cargas																		
Elemento	Fz (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	Solução	Pc,máx	Pc,mín	Dia. Estaca	Nest	ΣPc	Eficiência	ΣPc,ult	Solução?	Pult,c	Pult,t	Mult	Le (m)	Configuração	Volume (m³)
PB47	81,6	-22,7	-2,1	B3 EST 40 L 9	38,55	15,85	0,4	3	81,6	0,5%	123,9	OK	41,3166	-20,658	3	9	9	3,393
PB48	98,1	-72,9	1,1	B4 EST 40 L 15	61,51	-12,44	0,4	4	122,0	0,1%	248,7	OK	62,1768	-31,088	3	15	12	7,540
PB49	15,4	-4,1	0,0	B2 EST 30 L 9	13,12	2,32	0,3	2	15,4	3,3%	48,3	OK	24,1675	-12,084	2	9	3	1,272
PB50	121,3	-15,2	0,0	B3 EST 40 L 13	48,03	32,83	0,4	3	121,3	0,3%	165,1	OK	55,04	-27,52	3	13	11	4,901
PB51	120,2	-13,2	-2,1	B2 EST 40 L 15	73,24	46,94	0,4	2	120,2	1,0%	144,0	OK	71,98	-35,99	3	15	12	3,770
PB52	151,0	-14,2	-1,1	B4 EST 30 L 15	47,93	27,59	0,3	4	151,0	0,2%	196,5	OK	49,12	-24,56	2	15	6	4,241
PB53	163,2	-11,2	-2,0	B4 EST 30 L 15	49,56	32,03	0,3	4	163,2	0,2%	202,0	OK	50,5124	-25,256	2	15	6	4,241
PB54	155,5	-9,1	-1,1	B4 EST 30 L 13	45,63	32,10	0,3	4	155,5	0,3%	180,1	OK	45,025	-22,513	2	13	5	3,676
PB55	172,0	-8,1	-1,0	B3 EST 40 L 11	57,83	56,83	0,4	3	172,0	0,5%	170,5	OK	56,8488	-28,424	3	11	10	4,147
PB56	110,3	-6,1	0,0	B2 EST 30 L 15	63,26	46,99	0,3	2	110,3	3,1%	133,5	OK	66,76	-33,38	2	15	6	2,121
EA101	4,4	0,0	0,0	B1 EST 30 L 5	4,41	4,41	0,3	1	4,4	350,6%	5,0	OK	5,03481	-2,5174	2	5	1	0,353
EA102	8,8	0,0	0,0	B1 EST 30 L 7	8,82	8,82	0,3	1	8,8	162,3%	11,1	OK	11,1013	-5,5507	2	7	2	0,495
EA201	2,2	0,0	0,0	B1 EST 30 L 5	2,21	2,21	0,3	1	2,2	137,7%	6,4	OK	6,41	-3,205	2	5	1	0,353
PA73-PB1	177,5	-13,0	1,0	B4 EST 40 L 13	51,36	37,36	0,4	4	177,5	0,1%	208,9	OK	52,22	-26,11	3	13	11	6,535
PA74-PB2	176,4	-1,0	5,0	B4 EST 40 L 11	47,10	41,10	0,4	4	176,4	0,1%	210,4	OK	52,5969	-26,298	3	11	10	5,529
PA75-PB3	213,2	1,0	-6,0	B4 EST 40 L 11	56,79	49,79	0,4	4	213,2	0,2%	225,1	OK	56,2832	-28,142	3	11	10	5,529
PA78-PB4	245,7	2,0	-1,0	B4 EST 40 L 13	62,93	59,93	0,4	4	245,7	0,1%	245,6	OK	61,3979	-30,699	3	13	11	6,535
PA79-PB5	217,4	0,0	3,0	B4 EST 40 L 11	55,84	52,84	0,4	4	217,4	0,2%	220,9	OK	55,2227	-27,611	3	11	10	5,529
PA80-PB6	209,0	5,0	0,0	B4 EST 40 L 11	54,74	49,74	0,4	4	209,0	0,2%	224,1	OK	56,0211	-28,011	3	11	10	5,529
PA81-PB7	41,0	6,0	-1,0	B2 EST 40 L 7	21,48	19,48	0,4	2	41,0	5,2%	42,0	OK	21,0071	-10,504	3	7	8	1,759
PA20	180,6	-7,0	0,0	B4 EST 40 L 15	48,65	41,65	0,4	4	180,6	0,1%	208,9	OK	52,2348	-26,117	3	15	12	7,540

LEGENDA:

Elemento = nome do pilar; Forças e momentos: Fz (tf) Mx (tf.m) My (tf.m); Solução = melhor configuração de bloco encontrada; Pc,máx = Reação máxima (“+” = compressão; “-” = tração) encontrada no grupo de estacas; Pc,mín = Reação mínima (“+” = compressão; “-” = tração) encontrada no grupo de estacas; Dia. Estaca = diâmetro da estaca do grupo, em metro; Nest = número de estacas do grupo; SomaPc = reação mobilizada no grupo (tf); Eficiência = fator de eficiência para escolha da melhor configuração das estacas → função dos valores de reação e do volume de escavação; SPC,ult = reação máxima disponibilizada pelo grupo; Solução = nome da configuração do bloco mais otimizado; Pult,c = Carga admissível de compressão (tf) da estaca isolada ; Pult,t = capacidade de carga à tração admissível (tf); Mult = momento resistente da estaca isolada (tf.m); Le = comprimento das estacas no grupo (m); Configuração = número da configuração mais ajustada; Volume (m³) = volume das estacas do grupo.

A coluna “SOLUÇÃO” representa uma descrição do grupo de estacas calculado para cada pilar de fundação. Por exemplo, para um pilar fictício PX17 cuja solução encontrada foi: “B7\_EST\_40\_L\_14”, este texto significa que neste pilar deve-se adotar 7 Estacas de Ø 40 cm e comprimento(L) igual a 14 m. Assim, todos os pilares foram listados com suas respectivas soluções de fundação conforme Tabela 10.

Os resumos dos quantitativos globais encontram-se nos arquivos CAD “.dwg” referentes ao projeto em discussão.

No dimensionamento geotécnico e estrutural das fundações, as seguintes fontes bibliográficas e normativas foram utilizadas como referência:

- ABEF, (3ª Ed.) 2004. Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos ABEF: PINI.
- NBR 6122/2010 - Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 6118: 2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- HACHICH, W., FALCONI, F.F., SAES, J.L., FROTA, R.G.Q., CARVALHO, C.S. & NIYAMA, S. (1996) Fundações: Teoria e Prática. Ed. PINI. ABMS/ABEF. São Paulo-SP.

## 6. Provas de cargas -recomendações

Considerando o número total de estacas e aquelas que mais se repetem em grupos de mesma geometria, sugere-se a realização de provas de carga nas seguintes configurações:

Tabela 11. Sugestão das locações das provas de carga e suas configurações.

<i>Prova de Carga</i>	<i>Diâmetro da estaca (cm)</i>	<i>Comprimento da Estaca – L (m)</i>	<i>*Capacidade de Carga Vertical de Projeto (tf)</i>	<i>Coordenadas em relação ao centro do Pilar PA1</i>	
				<i>X (cm)</i>	<i>Y (cm)</i>
PC1	30	12	<b>30,7</b>	-1086,0	-822,0
PC2	30	15	<b>30,9</b>	2364,3	-7358,6
PC3	40	11	<b>46,8</b>	31,80	-4757,2
PC4	40	13	<b>47,3</b>	2133,5	-2524,0
PC5	40	15	<b>47,6</b>	2416,1	-788,5

\* Destaca-se que a capacidade de carga de cada configuração (diâmetro e comprimento) é calculada levando-se em consideração posição espacial X,Y,Z de cada pilar de fundação e suas respectivas distâncias às sondagens mais próximas. Neste caso, para cada posição do pilar, foram capturadas as 4 sondagens mais próximas e suas influências ponderadas pelo inverso da distância até o ponto no qual se estima a capacidade de carga. Na Tabela 11, as locações das provas de carga (PC) estão descritas em coordenadas (X,Y), tomando-se como origem do sistema o centro do pilar PA1. No projeto de fundação pode-se perceber melhor a locação das PC. A capacidade de carga vertical de cada configuração foi estimada nos respectivos pontos (X,Y), usando-se processos de interpolação.