

**Tabela 20.1- Golpe de aríete em casas de bombas pelo método das características usando planilha Excel Caso II NB 591/77**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Curva da bomba obtém-se A, B, C						Nota: alfa varia de 0 a 1;						
						Exemplo da Tigre			<b>Entrada de dados</b>			
<b>Coef. A</b>	<b>Coef. B</b>	<b>Coef. C</b>	<b>Carga</b>	<b>Vazao</b>	<b>Momento de</b>	<b>RPM</b>	<b>RPS</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Rendimento</b>	<b>Rend.</b>	<b>rend</b>	<b>Potencia</b>
<b>curva bomba</b>	<b>curva bomba</b>	<b>curva bomba</b>	<b>manometrica</b>		<b>Inercia motor-bomba I*</b>			<b>angular wo</b>	<b>motor</b>	<b>bomba</b>	<b>total</b>	<b>da bomba</b>
			<b>(m)</b>	<b>(m3/s)</b>	<b>do conjunto (kgxm 2)</b>		<b>rps</b>	<b>rad/s</b>				<b>(HP)</b>
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26
48,00	-116,67	-1666,67	35,6	0,040	2	1780	29,7	186,4	0,90	0,80	0,72	26

**Tabela 20.2- Golpe de aríete em casas de bombas pelo método das características usando planilha Excel Caso II NB 591/77**

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
		Para 3 tramos											
		N=4 (bomba+tramo1+tramo 2+reservatorio)		] ]	D				HE	HS			
<b>Potencia</b>	<b>Perda de</b>	<b>Numero</b>	<b>Compr</b>	<b>Delta x</b>	<b>Diametro</b>	<b>Area</b>	<b>Coef de</b>	<b>Coef.</b>	<b>Carga na secção</b>	<b>Carga na secção</b>	<b>Cota superfície livre</b>		
<b>da bomba Wo</b>	<b>carga total</b>	<b>de pontos</b>	<b>adutora</b>	<b>L/3</b>	<b>adutora</b>	<b>seção S</b>	<b>atrifo f</b>	<b>B</b>	<b>de entrada das bombas He</b>	<b>saida das bombas Hs</b>	<b>no reserv superior ZG</b>	<b>Kb</b>	
<b>(kgxm/s)</b>	<b>Delta H (m)</b>	<b>N</b>	<b>(m)</b>		<b>(m)</b>	<b>(m2)</b>	<b>(adim)</b>	<b>(adim)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>		
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	
2002	10,65	4,00	2300	766,7	0,2500	0,0491	0,0342	2388	0,00	35,60	25	0,283	

**Tabela 20.3- Golpe de aríete em casas de bombas pelo método das características usando planilha Excel Caso II NB 591/77**

27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
					Modelo do Streer livro Mecanica dos fluidos				Nota_c= coefC			
cel											<b>1,000</b>	
<b>Celeridade</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Unidade</b>	<b>Variação do</b>	<b>Tempo</b>	<b>Variação</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Bomba</b>	<b>Coeficiente</b>			
<b>a</b>	<b>R</b>	<b>de tempo</b>	<b>tempo DT</b>		<b>da rotação Alfa</b>		<b>P2</b>	<b>Qp</b>	<b>P1</b>	<b>Q</b>	<b>H</b>	<b>HCP</b>
<b>(m/s)</b>		<b>(s)</b>		<b>(s)</b>	<b>rps</b>	<b>b^2 - 4ac</b>	<b>c</b>		<b>b</b>			
1150	2219	0,67	0	0,00	1,000	2,518	-0,065	<b>0,0400</b>	1,503	<b>0,0400</b>	<b>35,6</b>	
1150	2219	0,67	1	0,67	0,841	2,451	-0,056	0,0369	1,492	0,0369	35,6	
1150	2219	0,67	2	1,33	0,726	2,406	-0,051	0,0337	1,484	0,0337	35,6	
1150	2219	0,67	3	2,00	0,639	2,375	-0,048	0,0318	1,478	0,0318	28,1	
1150	2219	0,67	4	2,67	0,570	2,354	-0,046	0,0307	1,473	0,0307	20,1	
1150	2219	0,67	5	3,33	0,515	2,309	-0,038	0,0253	1,469	0,0253	14,6	
1150	2219	0,67	6	4,00	0,469	2,265	-0,029	0,0197	1,466	0,0197	23,0	
1150	2219	0,67	7	4,67	0,431	2,235	-0,024	0,0160	1,463	0,0160	22,3	
1150	2219	0,67	8	5,33	0,399	2,241	-0,027	0,0181	1,461	0,0181	16,4	
1150	2219	0,67	9	6,00	0,371	2,207	-0,020	0,0135	1,459	0,0135	1,4	
1150	2219	0,67	10	6,67	0,347	2,160	-0,009	0,0063	1,457	0,0063	16,8	
1150	2219	0,67	11	7,33	0,326	2,102	0,004	0,0000	1,456	0,0000	22,6	
1150	2219	0,67	12	8,00	0,307	2,144	-0,007	0,0000	1,454	0,0000	27,1	
1150	2219	0,67	13	8,67	0,290	2,129	-0,004	0,0000	1,453	0,0000	-7,5	
1150	2219	0,67	14	9,33	0,275	2,097	0,003	0,0000	1,452	0,0000	-3,2	
1150	2219	0,67	15	10,00	0,261	1,978	0,032	0,0000	1,451	0,0000	8,5	
1150	2219	0,67	16	10,67	0,249	1,985	0,030	0,0000	1,450	0,0000	56,5	
1150	2219	0,67	17	11,33	0,238	2,009	0,023	0,0000	1,450	0,0000	52,4	
1150	2219	0,67	18	12,00	0,228	2,118	-0,005	0,0000	1,449	0,0000	41,0	
1150	2219	0,67	19	12,67	0,218	2,106	-0,002	0,0000	1,448	0,0000	-5,5	
1150	2219	0,67	20	13,33	0,210	2,078	0,004	0,0000	1,448	0,0000	-1,6	
1150	2219	0,67	21	14,00	0,202	1,967	0,032	0,0000	1,447	0,0000	9,4	
1150	2219	0,67	22	14,67	0,194	1,975	0,029	0,0000	1,446	0,0000	54,6	
1150	2219	0,67	23	15,33	0,188	1,999	0,023	0,0000	1,446	0,0000	50,8	
1150	2219	0,67	24	16,00	0,181	2,102	-0,003	0,0000	1,446	0,0000	40,1	
1150	2219	0,67	25	16,67	0,175	2,092	-0,001	0,0000	1,445	0,0000	-3,8	

**Tabela 20.4- Golpe de aríete em casas de bombas pelo método das características usando planilha Excel Caso II NB 591/77**

40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
				tramo	2,0						tramo	4		
HCM	H1	Q1		Q	H	HCP	HCM	H1	Q1		Q	H	HCP	HCM
-59,9	<b>35,6</b>	<b>0,0400</b>		<b>0,040</b>	<b>32,1</b>	127,6	-63,4	<b>32,1</b>	<b>0,040</b>		<b>0,040</b>	<b>28,5</b>	124,0	-67,0
-59,9	<b>35,6</b>	0,0400		0,040	32,1	127,6	-63,4	32,1	0,040		0,040	28,5	124,0	-67,0
-59,9	<b>28,1</b>	0,0369		0,040	32,1	113,1	-63,4	24,8	0,037		0,040	28,5	110,1	-66,9
-60,4	<b>20,1</b>	0,0337		0,037	24,8	98,0	-63,9	17,1	0,034		0,037	21,6	95,5	-54,4
-61,3	<b>14,6</b>	0,0318		0,034	17,1	88,3	-52,2	18,0	0,029		0,031	20,5	86,4	-41,5
-50,3	<b>23,0</b>	0,0307		0,029	18,0	94,3	-39,9	27,2	0,028		0,027	22,4	92,5	-33,4
-38,1	<b>22,3</b>	0,0253		0,028	27,2	81,4	-31,8	24,8	0,024		0,026	29,6	80,1	-39,3
-30,6	<b>16,4</b>	0,0197		0,024	24,8	62,5	-37,9	12,3	0,021		0,025	20,4	61,5	-27,6
-36,9	<b>1,4</b>	0,0160		0,021	12,3	39,1	-26,8	6,1	0,014		0,019	17,0	38,7	-10,3
-26,4	<b>16,8</b>	0,0181		0,014	6,1	59,2	-10,0	24,6	0,014		0,010	14,2	58,7	11,6
-9,6	<b>22,6</b>	0,0135		0,014	24,6	54,3	11,9	33,1	0,009		0,010	35,2	54,1	-8,1
12,0	<b>27,1</b>	0,0063		0,009	33,1	42,0	-7,7	17,1	0,010		0,013	23,0	41,8	-3,4
-7,5	<b>-7,5</b>	0,0000		0,010	17,1	-7,5	-3,2	-5,3	-0,001		0,009	19,2	-7,5	8,5
-3,2	<b>-3,2</b>	0,0000		-0,001	-5,3	-3,2	8,5	2,6	-0,002		-0,003	0,5	-3,2	57,0
8,5	<b>8,5</b>	0,0000		-0,002	2,6	8,5	56,7	32,6	-0,010		-0,013	26,9	8,7	52,6
56,5	<b>56,5</b>	0,0000		-0,010	32,6	56,5	52,4	54,4	0,001		-0,009	30,6	56,5	41,0
52,4	<b>52,4</b>	0,0000		0,001	54,4	52,4	41,0	46,7	0,002		0,003	48,7	52,4	-6,0
41,0	<b>41,0</b>	0,0000		0,002	46,7	41,0	-5,7	17,7	0,010		0,012	23,2	40,8	-1,7
-5,5	<b>-5,5</b>	0,0000		0,010	17,7	-5,5	-1,6	-3,5	-0,001		0,009	19,5	-5,5	9,5
-1,6	<b>-1,6</b>	0,0000		-0,001	-3,5	-1,6	9,4	3,9	-0,002		-0,003	2,0	-1,6	55,1
9,4	<b>9,4</b>	0,0000		-0,002	3,9	9,4	54,8	32,1	-0,010		-0,012	26,8	9,6	51,0
54,6	<b>54,6</b>	0,0000		-0,010	32,1	54,6	50,8	52,7	0,001		-0,009	30,3	54,6	40,1
50,8	<b>50,8</b>	0,0000		0,001	52,7	50,8	40,1	45,5	0,002		0,003	47,4	50,8	-4,2
40,1	<b>40,1</b>	0,0000		0,002	45,5	40,1	-3,9	18,1	0,009		0,012	23,3	40,0	-0,2
-3,8	<b>-3,8</b>	0,0000		0,009	18,1	-3,8	-0,1	-1,9	-0,001		0,008	19,9	-3,8	10,3
-0,1	<b>-0,1</b>	0,0000		-0,001	-1,9	-0,1	10,3	5,1	-0,002		-0,003	3,3	-0,1	53,4

**Tabela 20.5- Golpe de aríete em casas de bombas pelo método das características usando planilha Excel Caso II NB 591/77**

55	56	57	58	59	60	61	62	63
			reservatorio	4	condiçao de contorno			
H1	Q1		Q	H	HCP	HCM	H1	Q1
28,5	0,040		0,040	25,0	120,5		25,0	0,040
28,5	0,040		0,040	25,0	120,5		25,0	0,040
21,6	0,037		0,040	25,0	107,0		25,0	0,034
20,5	0,031		0,034	25,0	93,3		25,0	0,029
22,4	0,027		0,029	25,0	84,8		25,0	0,025
29,6	0,026		0,025	25,0	91,0		25,0	0,028
20,4	0,025		0,028	25,0	78,7		25,0	0,022
17,0	0,019		0,022	25,0	60,8		25,0	0,015
14,2	0,010		0,015	25,0	38,4		25,0	0,006
35,2	0,010		0,006	25,0	58,5		25,0	0,014
23,0	0,013		0,014	25,0	53,7		25,0	0,012
19,2	0,009		0,012	25,0	41,6		25,0	0,007
0,5	-0,003		0,007	25,0	-7,4		25,0	-0,014
26,9	-0,013		-0,014	25,0	-2,9		25,0	-0,012
30,6	-0,009		-0,012	25,0	8,9		25,0	-0,007
48,7	0,003		-0,007	25,0	56,4		25,0	0,013
23,2	0,012		0,013	25,0	52,0		25,0	0,011
19,5	0,009		0,011	25,0	40,6		25,0	0,007
2,0	-0,003		0,007	25,0	-5,5		25,0	-0,013
26,8	-0,012		-0,013	25,0	-1,2		25,0	-0,011
30,3	-0,009		-0,011	25,0	9,8		25,0	-0,006
47,4	0,003		-0,006	25,0	54,6		25,0	0,012
23,3	0,012		0,012	25,0	50,5		25,0	0,011
19,9	0,008		0,011	25,0	39,8		25,0	0,006
3,3	-0,003		0,006	25,0	-3,7		25,0	-0,012

## DOCUMENTAÇÃO DO PROGRAMA

- Coluna 1- é o coeficiente  $A=48,0$  da curva da bomba  $H= A + B \times Q + C \times Q^2$
- Coluna 2- é o coeficiente  $B=-116,67$  da curva da bomba  $H= A + B \times Q + C \times Q^2$
- Coluna 3- é o coeficiente  $C=-1666,67$  da curva da bomba  $H= A + B \times Q + C \times Q^2$
- Coluna 4- é a altura manométrica da bomba em metros= 35,6m
- Coluna 5- é a vazão da bomba  $Q=0,040\text{m}^3/\text{s}$  ou do conjunto de bombas em  $\text{m}^3/\text{s}$
- Coluna 6-é o momento de inércia  $I^* =2,0$  da bomba+motor ou do conjunto de bomba+motores dado em  $\text{kgfxm}^2$
- Coluna 7- é a rotação por minuto da bomba igual 1780 rpm
- Coluna 8-é a rotação por segundo da bomba obtido dividindo-se rpm/60 obtendo-se rps
- Coluna 9-é a velocidade angular da bomba em rad/s obtido  $\omega= 2 \times 3,1416 \times \text{rps}$
- Coluna 10-é o rendimento do motor em fração. Geralmente em torno de  $\eta_M=0,90$
- Coluna 11- é o rendimento da bomba em fração. Geralmente da ordem de  $\eta_B=0,80$
- Coluna 12- é o rendimento total obtido multiplicando o rendimento do motor pelo rendimento da bomba  $\eta_T= \eta_M \times \eta_B= 0,90 \times 0,80=0,72$
- Coluna 13- é a potência da bomba calculada em HP obtida por  $P= (1000 \times Q \times H_m) / (75 \times \eta_T)=26 \text{ HP}$
- Coluna 14- é a potência da bomba  $W_o$  em  $\text{kg xm/s}$  obtida multiplicando  $P \times 75,9$
- Coluna 15- é a perda de carga total na adutora de recalque inclusa as perdas distribuídas e localizadas fornecido em metros ( $\Delta H$ )
- Coluna 16- é o número de pontos  $N$  e que escolheremos  $N=4$
- Coluna 17- é o comprimento da adutora de recalque em metros representado pela letra  $L=2300\text{m}$
- Coluna 18- é o comprimento da adutora de recalque dividido por 3, ou seja,  $\Delta x=L/ (N-1)$
- Coluna 19- é o diâmetro da adutora em metros representado pela letra  $D=0,25\text{m}$
- Coluna 20- é a área da seção transversal do tubo  $A= 3,1416 \times D^2/4$  em  $\text{m}^2$   $A=0,0491\text{m}^2$
- Coluna 21- é o coeficiente de atrito da fórmula de Darcy Weisbach calculado  $f= (2 \times g \times A^2 \times D \times h_f) / (L \times Q^2)=0,0342$
- Coluna 22- é o valor  $B= a / (g \times A)=2388$
- Coluna 23- é a carga na seção de entrada das bombas  $H_e$  fornecido em metros. Será positivo quando a bomba estiver afogada e negativo quando há sucção. Não utilizaremos este dado.
- Coluna 24- é a carga na saída da bomba  $H_s$  em metros, que é a mesma coisa que a altura manométrica total  $H_m.=35,60\text{m}$
- Coluna 25- é a altura geométrica  $ZG$  ou  $HG=25,00\text{m}$  em metros que é a diferença de nível da sucção e o reservatório de recalque.
- Coluna 26- é o valor  $K_b=(W_o \times g) / (\omega^2 \times I^*)=0,283$  sendo  $W_o=2002\text{kgxm/s}$  e  $I^*=2,0 \text{ kgfxm}^2$ .
- Coluna 27- é a celeridade de propagação da onda em metros por segundo representado pela letra  $a= 1150\text{m/s}$

Coluna 28- é o valor de  $R = (f \times \Delta x) / (2 \times g \times D \times A^2) = 2219$

Coluna 29- é a unidade de tempo  $DT = \Delta x/a = 0,67s$

Coluna 30- é a variação de tempo a partir de 0, 1, 2, 3, 4,...

Coluna 31- é o tempo decorrido após a queda de energia elétrica obtido  $t = DT \times \text{variação do tempo}$

Coluna 32- é o coeficiente  $\alpha = 1 / (1 + Kb \times t)$

Coluna 33- é o discriminante da equação do segundo grau  $b^2 - 4ac$  para verificar se não é um número negativo.

Coluna 34- é valor  $P_2 = (A_1 \times \alpha^2 - CM) / C_1$  que é o valor de  $b$  na equação do segundo grau.

Coluna 35- é o valor  $Q_p$  obtido pela bomba obtido por  $Q_p = 0,5 \times [-P_1 - (P_1^2 - 4 \times P_2)^{0,5}]$ , mas no tempo  $t=0$  a bomba ainda está bombeando a vazão de  $0,040m^3/s$ .

Coluna 36- é o coeficiente  $P_1$  que nada mais é que o coeficiente  $b$  da equação do segundo grau  $P_1 = (B_1 \times \alpha - B) / C_1$  sendo  $A_1$  e  $C_1$  coeficiente da equação da bomba  $H = A + B \times Q + C \times Q^2$  onde damos o nome de  $B_1$  em vês de  $B$  e  $C_1$  em vez de  $C$  para não haver confusão.

Coluna 37- é a vazão  $0,040m^3/s$  inicial

Coluna 38- é a altura manométrica total inicial ou seja,  $35,60m$

Coluna 39- é o valor de  $CP$  que é tudo zero para a bomba.

Coluna 40- é o valor de  $CM = H(2) - Q(2) \times (B - R \times ABS(Q(2)))$

Coluna 41- é o valor de  $HP$  que na primeira linha é o valor  $35,60m$  e na segunda linha é:  $HP(1) = CM + B \times QP(1)$

Coluna 42- é o valor de  $QP$  que na primeira linha é  $0,040m^3/s$  e na segunda linha é  $Q_p$  da primeira linha.

Coluna 43- a coluna ficou em branco para mostrar o próximo trecho a ser considerado

Coluna 44- é o valor da coluna 49 é o valor inicial  $0,040m^3/s$ . Assim o valor da linha 2 é o valor da linha 1 da coluna 49

Coluna 45- é o valor da linha piezométrica  $H = HG + 2 \times (HM - HG) / 3$  para a primeira linha. Na linha 2 é o valor da linha 48 e assim por diante.

Coluna 46- é o valor  $CP$  calculado  $CP = H_{(I-1)} + Q_{(I-1)} \times (B - R \times ABS(Q_{(I-1)}))$

Coluna 47- é o valor  $CM$  calculado por  $CM = H_{(I+1)} - Q_{(I+1)} \times (B - R \times ABS(Q_{(I+1)}))$

Coluna 48- na primeira linha é o valor da carga piezométrica e na segunda linha é  $HP_{(1)} = 0,5 \times (CP + CM)$

Coluna 49- na primeira linha é o valor  $0,040m^3/s$  e na segunda linha  $QP_{(1)} = (CP - HP_{(1)}) / B$

Colunas 50 a 61 prossegue o mesmo já efetuado.

Coluna 62- é o valor da altura do reservatório  $25,00m$  que é sempre constante.

Coluna 63- na primeira linha é o valor  $0,040m^3/s$  e na segunda é o valor  $QP_{(1)} = (CP - HP_{(1)}) / B$