

Temperatura da água = 20°C (Estudo Comparativo: Darcy-Weisbach x Fair-Whipple-Hsiao)

DADOS: Temperatura da água = 20°C ; Viscosidade dinâmica = 0,001003 Pa.s ; Densidade = 998 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 0,5m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	0,5	0,4086	8457,63	Turbulento	0,0324	0,024301422	0,028121329	0,003819907	15,72
25	21,6	0,5	0,6596	10746,16	Turbulento	0,0304	0,017941231	0,02084634	0,002905108	16,19
32	27,8	0,5	1,0926	13830,71	Turbulento	0,0285	0,013054635	0,015206911	0,002152276	16,49
40	35,2	0,5	1,7517	17512,26	Turbulento	0,0268	0,009713048	0,011321883	0,001608835	16,56
50	44,0	0,5	2,7370	21890,33	Turbulento	0,0254	0,007354544	0,008566061	0,001211517	16,47
60	53,4	0,5	4,0313	26566,90	Turbulento	0,0242	0,005782689	0,006724661	0,000941972	16,29
75	66,6	0,5	6,2706	33134,00	Turbulento	0,0230	0,004400901	0,005102162	0,00070126	15,93
85	75,6	0,5	8,0799	37611,57	Turbulento	0,0223	0,003765654	0,004354565	0,00058891	15,64
110	97,8	0,5	13,5220	48656,23	Turbulento	0,0211	0,002745507	0,003156265	0,000410758	14,96

DADOS: Temperatura da água = 20°C ; Viscosidade dinâmica = 0,001003 Pa.s ; Densidade = 998 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 1,0m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	1,0	0,8171	16915,25	Turbulento	0,0272	0,08141603	0,0945885	0,01317247	16,18
25	21,6	1,0	1,3192	21492,32	Turbulento	0,0256	0,06038314	0,070118449	0,009735309	16,12
32	27,8	1,0	2,1852	27661,42	Turbulento	0,0241	0,044153764	0,051149747	0,006995984	15,84
40	35,2	1,0	3,5033	35024,53	Turbulento	0,0228	0,032986237	0,038082124	0,005095886	15,45
50	44,0	1,0	5,4739	43780,66	Turbulento	0,0216	0,025069128	0,028812679	0,003743551	14,93
60	53,4	1,0	8,0626	53133,80	Turbulento	0,0207	0,019775186	0,022618975	0,002843789	14,38
75	66,6	1,0	12,5413	66268,00	Turbulento	0,0197	0,015101974	0,017161558	0,002059584	13,64
85	75,6	1,0	16,1598	75223,13	Turbulento	0,0192	0,012943574	0,014646952	0,001703378	13,16
110	97,8	1,0	27,0439	97312,46	Turbulento	0,0182	0,009472038	0,010616367	0,001144329	12,08

DADOS: Temperatura da água = 20°C ; Viscosidade dinâmica = 0,001003 Pa.s ; Densidade = 998 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 1,5m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	1,5	1,2257	25372,88	Turbulento	0,0247	0,166301173	0,192308305	0,026007132	15,64
25	21,6	1,5	1,9788	32238,48	Turbulento	0,0233	0,123632733	0,142558134	0,018925401	15,31
32	27,8	1,5	3,2777	41492,12	Turbulento	0,0220	0,09059795	0,103992782	0,013394832	14,78
40	35,2	1,5	5,2550	52536,79	Turbulento	0,0208	0,067831105	0,077424937	0,009593832	14,14
50	44,0	1,5	8,2109	65670,99	Turbulento	0,0198	0,051652359	0,058579188	0,006926829	13,41
60	53,4	1,5	12,0939	79700,70	Turbulento	0,0190	0,040811716	0,04598674	0,005175024	12,68
75	66,6	1,5	18,8119	99401,99	Turbulento	0,0181	0,031223419	0,03489124	0,003667822	11,75
85	75,6	1,5	24,2397	112834,70	Turbulento	0,0177	0,026787675	0,029778783	0,002991108	11,17
110	97,8	1,5	40,5659	145968,69	Turbulento	0,0168	0,01964162	0,021584183	0,001942564	9,89

DADOS: Temperatura da água = 20°C ; Viscosidade dinâmica = 0,001003 Pa.s ; Densidade = 998 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 2,0m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	2,0	1,6343	33830,51	Turbulento	0,0231	0,276914926	0,318156521	0,041241595	14,89
25	21,6	2,0	2,6383	42984,65	Turbulento	0,0218	0,206183609	0,235849409	0,029665799	14,39
32	27,8	2,0	4,3703	55322,83	Turbulento	0,0206	0,151325936	0,172046557	0,020720621	13,69
40	35,2	2,0	7,0066	70049,05	Turbulento	0,0196	0,113455969	0,128092485	0,014636516	12,90
50	44,0	2,0	10,9478	87561,32	Turbulento	0,0187	0,086504038	0,096913914	0,010409877	12,03
60	53,4	2,0	16,1252	106267,60	Turbulento	0,0179	0,068420992	0,076080859	0,007659867	11,20
75	66,6	2,0	25,0825	132535,99	Turbulento	0,0171	0,052407028	0,057724369	0,005317341	10,15
85	75,6	2,0	32,3196	150446,26	Turbulento	0,0167	0,044990953	0,049266276	0,004275323	9,50
110	97,8	2,0	54,0879	194624,93	Turbulento	0,0158	0,033030904	0,03570906	0,002678156	8,11

DADOS: Temperatura da água = 20°C ; Viscosidade dinâmica = 0,001003 Pa.s ; Densidade = 998 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 2,5m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	2,5	2,0428	42288,14	Turbulento	0,0220	0,411909073	0,470146656	0,058237583	14,14
25	21,6	2,5	3,2979	53730,81	Turbulento	0,0208	0,307044433	0,348519686	0,041475254	13,51
32	27,8	2,5	5,4629	69153,54	Turbulento	0,0197	0,225608968	0,254236856	0,028627887	12,69
40	35,2	2,5	8,7583	87561,32	Turbulento	0,0187	0,169322397	0,189284989	0,019962592	11,79
50	44,0	2,5	13,6848	109451,65	Turbulento	0,0178	0,12921912	0,143211752	0,013992632	10,83
60	53,4	2,5	20,1565	132834,50	Turbulento	0,0171	0,10228629	0,112426304	0,010140014	9,91
75	66,6	2,5	31,3531	165669,99	Turbulento	0,0164	0,078413264	0,085300527	0,006887264	8,78
85	75,6	2,5	40,3995	188057,83	Turbulento	0,0160	0,067349211	0,072801824	0,005452613	8,10
110	97,8	2,5	67,6099	243281,16	Turbulento	0,0152	0,049492091	0,052768037	0,003275945	6,62

DADOS: Temperatura da água = 20°C ; Viscosidade dinâmica = 0,001003 Pa.s ; Densidade = 998 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 3,0m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	3,0	2,4514	50745,76	Turbulento	0,0211	0,57044542	0,646845457	0,076400037	13,39
25	21,6	3,0	3,9575	64476,97	Turbulento	0,0200	0,425592658	0,479506496	0,053913838	12,67
32	27,8	3,0	6,5555	82984,25	Turbulento	0,0190	0,312991686	0,34978863	0,036796945	11,76
40	35,2	3,0	10,5099	105073,58	Turbulento	0,0180	0,235090283	0,260425409	0,025335126	10,78
50	44,0	3,0	16,4217	131341,97	Turbulento	0,0172	0,179539354	0,197036116	0,017496763	9,75
60	53,4	3,0	24,1878	159401,40	Turbulento	0,0166	0,142204136	0,154680338	0,012476202	8,77
75	66,6	3,0	37,6238	198803,99	Turbulento	0,0158	0,109087026	0,117359675	0,008272649	7,58
85	75,6	3,0	48,4794	225669,39	Turbulento	0,0154	0,093729683	0,100163488	0,006433805	6,86
110	97,8	3,0	81,1318	291937,39	Turbulento	0,0147	0,068928319	0,07260025	0,003671931	5,33

CONSTAÇÃO: Para todos os diâmetros analisados, a perda de carga obtida com a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao foi maior do que a obtida com a fórmula universal. Portanto, a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao conduz a um resultado mais conservador no cálculo da pressão dinâmica nos pontos de consumo de uma instalação hidráulica (conduz a um valor de pressão menor)

Temperatura da água = 30°C (Estudo Comparativo: Darcy-Weisbach x Fair-Whipple-Hsiao)

DADOS: Temperatura da água = 30°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000799 Pa.s ; Densidade = 996 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 0,5m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	0,5	0,4086	10595,74	Turbulento	0,0306	0,022903733	0,028121329	0,005217597	22,78
25	21,6	0,5	0,6596	13462,83	Turbulento	0,0287	0,016935183	0,02084634	0,003911157	23,09
32	27,8	0,5	1,0926	17327,16	Turbulento	0,0269	0,012342721	0,015206911	0,00286419	23,21
40	35,2	0,5	1,7517	21939,42	Turbulento	0,0254	0,009196288	0,011321883	0,002125595	23,11
50	44,0	0,5	2,7370	27424,28	Turbulento	0,0241	0,006972119	0,008566061	0,001593942	22,86
60	53,4	0,5	4,0313	33283,10	Turbulento	0,0230	0,005488654	0,006724661	0,001236008	22,52
75	66,6	0,5	6,2706	41510,39	Turbulento	0,0219	0,004182261	0,005102162	0,0009199	22,00
85	75,6	0,5	8,0799	47119,90	Turbulento	0,0212	0,003580081	0,004354565	0,000774484	21,63
110	97,8	0,5	13,5220	60956,70	Turbulento	0,0201	0,002613512	0,003156265	0,000542753	20,77

DADOS: Temperatura da água = 30°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000799 Pa.s ; Densidade = 996 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 1,0m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	1,0	0,8171	21191,49	Turbulento	0,0257	0,077107068	0,0945885	0,017481432	22,67
25	21,6	1,0	1,3192	26925,66	Turbulento	0,0243	0,057278409	0,070118449	0,01284004	22,42
32	27,8	1,0	2,1852	34654,32	Turbulento	0,0229	0,041928295	0,051149747	0,009221452	21,99
40	35,2	1,0	3,5033	43878,85	Turbulento	0,0217	0,031361808	0,038082124	0,006720315	21,43
50	44,0	1,0	5,4739	54848,56	Turbulento	0,0206	0,023860872	0,028812679	0,004951807	20,75
60	53,4	1,0	8,0626	66566,21	Turbulento	0,0197	0,018839434	0,022618975	0,003779541	20,06
75	66,6	1,0	12,5413	83020,78	Turbulento	0,0188	0,014401913	0,017161558	0,002759644	19,16
85	75,6	1,0	16,1598	94239,80	Turbulento	0,0183	0,01235049	0,014646952	0,002296462	18,59
110	97,8	1,0	27,0439	121913,39	Turbulento	0,0174	0,009048006	0,010616367	0,001568361	17,33

DADOS: Temperatura da água = 30°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000799 Pa.s ; Densidade = 996 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 1,5m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	1,5	1,2257	31787,23	Turbulento	0,0234	0,157940657	0,192308305	0,034367648	21,76
25	21,6	1,5	1,9788	40388,49	Turbulento	0,0221	0,117561116	0,142558134	0,024997018	21,26
32	27,8	1,5	3,2777	51981,48	Turbulento	0,0209	0,086254884	0,103992782	0,017737898	20,56
40	35,2	1,5	5,2550	65818,27	Turbulento	0,0198	0,064650648	0,077424937	0,012774289	19,76
50	44,0	1,5	8,2109	82272,84	Turbulento	0,0189	0,049279748	0,058579188	0,00929944	18,87
60	53,4	1,5	12,0939	99849,31	Turbulento	0,0181	0,038969645	0,04598674	0,007017095	18,01
75	66,6	1,5	18,8119	124531,16	Turbulento	0,0173	0,029841584	0,03489124	0,005049656	16,92
85	75,6	1,5	24,2397	141359,70	Turbulento	0,0169	0,025615282	0,029778783	0,004163502	16,25
110	97,8	1,5	40,5659	182870,09	Turbulento	0,0160	0,018805097	0,021584183	0,002779087	14,78

DADOS: Temperatura da água = 30°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000799 Pa.s ; Densidade = 996 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 2,0m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	2,0	1,6343	42382,98	Turbulento	0,0220	0,263509873	0,318156521	0,054646648	20,74
25	21,6	2,0	2,6383	53851,31	Turbulento	0,0208	0,196426274	0,235849409	0,039423135	20,07
32	27,8	2,0	4,3703	69308,64	Turbulento	0,0197	0,144330347	0,172046557	0,02771621	19,20
40	35,2	2,0	7,0066	87757,70	Turbulento	0,0187	0,108322438	0,128092485	0,019770047	18,25
50	44,0	2,0	10,9478	109697,12	Turbulento	0,0178	0,082667221	0,096913914	0,014246693	17,23
60	53,4	2,0	16,1252	133132,42	Turbulento	0,0171	0,065437419	0,076080859	0,01064344	16,27
75	66,6	2,0	25,0825	166041,55	Turbulento	0,0164	0,050164989	0,057724369	0,00755938	15,07
85	75,6	2,0	32,3196	188479,60	Turbulento	0,0160	0,043086884	0,049266276	0,006179392	14,34
110	97,8	2,0	54,0879	243826,78	Turbulento	0,0152	0,031662962	0,03570906	0,004046098	12,78

DADOS: Temperatura da água = 30°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000799 Pa.s ; Densidade = 996 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 2,5m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	2,5	2,0428	52978,72	Turbulento	0,0210	0,392576454	0,470146656	0,077570202	19,76
25	21,6	2,5	3,2979	67314,14	Turbulento	0,0199	0,292948008	0,348519686	0,055571678	18,97
32	27,8	2,5	5,4629	86635,79	Turbulento	0,0188	0,215484658	0,254236856	0,038752198	17,98
40	35,2	2,5	8,7583	109697,12	Turbulento	0,0179	0,161881202	0,189284989	0,027403787	16,93
50	44,0	2,5	13,6848	137121,40	Turbulento	0,0171	0,123649553	0,143211752	0,019562199	15,82
60	53,4	2,5	20,1565	166415,52	Turbulento	0,0164	0,097950078	0,112426304	0,014476226	14,78
75	66,6	2,5	31,3531	207551,94	Turbulento	0,0157	0,075150433	0,085300527	0,010150095	13,51
85	75,6	2,5	40,3995	235599,50	Turbulento	0,0153	0,064576168	0,072801824	0,008225656	12,74
110	97,8	2,5	67,6099	304783,48	Turbulento	0,0146	0,047496894	0,052768037	0,005271142	11,10

DADOS: Temperatura da água = 30°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000799 Pa.s ; Densidade = 996 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,0015mm ; Velocidade de escoamento = 3,0m/s										
Diâmetro (Tubo PVC)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	17,0	3,0	2,4514	63574,47	Turbulento	0,0202	0,544367899	0,646845457	0,102477557	18,83
25	21,6	3,0	3,9575	80776,97	Turbulento	0,0191	0,406551942	0,479506496	0,072954554	17,94
32	27,8	3,0	6,5555	103962,95	Turbulento	0,0181	0,29929721	0,34978863	0,050491421	16,87
40	35,2	3,0	10,5099	131636,55	Turbulento	0,0173	0,225012453	0,260425409	0,035412955	15,74
50	44,0	3,0	16,4217	164545,68	Turbulento	0,0165	0,171987703	0,197036116	0,025048413	14,56
60	53,4	3,0	24,1878	199698,62	Turbulento	0,0159	0,136319123	0,154680338	0,018361215	13,47
75	66,6	3,0	37,6238	249062,33	Turbulento	0,0152	0,104654088	0,117359675	0,012705587	12,14
85	75,6	3,0	48,4794	282719,40	Turbulento	0,0148	0,089959948	0,100163488	0,01020354	11,34
110	97,8	3,0	81,1318	365740,18	Turbulento	0,0141	0,066212835	0,07260025	0,006387415	9,65

CONSTAÇÃO: Para todos os diâmetros analisados, a perda de carga obtida com a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao foi maior do que a obtida com a fórmula universal. Portanto, a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao conduz a um resultado mais conservador no cálculo da pressão dinâmica nos pontos de consumo de uma instalação hidráulica (conduz a um valor de pressão menor)

Temperatura da água = 40°C (Estudo Comparativo: Darcy-Weisbach x Fair-Whipple-Hsiao)

DADOS: Temperatura da água = 40°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000657 Pa.s ; Densidade = 992 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 0,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	0,5	0,2931	10871,23	Turbulento	0,0310	0,027413173	0,034605401	0,007192228	26,24
25	18,0	0,5	0,4580	13589,04	Turbulento	0,0292	0,02067161	0,026182214	0,005510604	26,66
32	23,2	0,5	0,7609	17514,76	Turbulento	0,0274	0,015023048	0,019065009	0,004041961	26,91
40	29,0	0,5	1,1889	21893,46	Turbulento	0,0259	0,011364326	0,014424458	0,003060131	26,93
50	36,2	0,5	1,8526	27329,07	Turbulento	0,0245	0,008623194	0,010932293	0,0023091	26,78
63	45,8	0,5	2,9655	34576,56	Turbulento	0,0232	0,006443589	0,008147327	0,001703738	26,44
75	54,4	0,5	4,1837	41069,10	Turbulento	0,0222	0,005211213	0,006570499	0,001359286	26,08
90	65,4	0,5	6,0467	49373,52	Turbulento	0,0213	0,004155498	0,005219451	0,001063953	25,60
110	79,8	0,5	9,0026	60244,75	Turbulento	0,0204	0,00325663	0,00406999	0,00081336	24,98

DADOS: Temperatura da água = 40°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000657 Pa.s ; Densidade = 992 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 1,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	1,0	0,5863	21742,47	Turbulento	0,0264	0,093594152	0,116398229	0,022804077	24,36
25	18,0	1,0	0,9161	27178,08	Turbulento	0,0250	0,070823295	0,088066119	0,017242824	24,35
32	23,2	1,0	1,5218	35029,53	Turbulento	0,0235	0,051666247	0,064126791	0,012460544	24,12
40	29,0	1,0	2,3779	43786,91	Turbulento	0,0223	0,039208499	0,0485179	0,0093094	23,74
50	36,2	1,0	3,7052	54658,14	Turbulento	0,0212	0,029842194	0,036771706	0,006929512	23,22
63	45,8	1,0	5,9309	69153,12	Turbulento	0,0201	0,022368785	0,027404232	0,005035448	22,51
75	54,4	1,0	8,3674	82138,20	Turbulento	0,0194	0,018130451	0,022100437	0,003969986	21,90
90	65,4	1,0	12,0934	98747,03	Turbulento	0,0186	0,014490551	0,01755607	0,003065519	21,16
110	79,8	1,0	18,0052	120489,50	Turbulento	0,0178	0,011383311	0,013689761	0,00230645	20,26

DADOS: Temperatura da água = 40°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000657 Pa.s ; Densidade = 992 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 1,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	1,5	0,8794	32613,70	Turbulento	0,0244	0,193946007	0,236649764	0,042703758	22,02
25	18,0	1,5	1,3741	40767,12	Turbulento	0,0231	0,147003937	0,179047623	0,032043687	21,80
32	23,2	1,5	2,2828	52544,29	Turbulento	0,0217	0,107434968	0,130376468	0,0229415	21,35
40	29,0	1,5	3,5668	65680,37	Turbulento	0,0206	0,081654867	0,09864196	0,016987093	20,80
50	36,2	1,5	5,5578	81987,21	Turbulento	0,0196	0,062239667	0,074760721	0,012521053	20,12
63	45,8	1,5	8,8964	103729,68	Turbulento	0,0187	0,046722601	0,055715668	0,008993067	19,25
75	54,4	1,5	12,5511	123207,31	Turbulento	0,0180	0,03790983	0,044932498	0,007022669	18,52
90	65,4	1,5	18,1401	148120,55	Turbulento	0,0173	0,030332282	0,035693325	0,005361043	17,67
110	79,8	1,5	27,0078	180734,25	Turbulento	0,0166	0,023855515	0,027832715	0,003977201	16,67

DADOS: Temperatura da água = 40°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000657 Pa.s ; Densidade = 992 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 2,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	2,0	1,1726	43484,93	Turbulento	0,0231	0,326761338	0,391515414	0,064754076	19,82
25	18,0	2,0	1,8322	54356,16	Turbulento	0,0219	0,247921695	0,296217934	0,048296239	19,48
32	23,2	2,0	3,0437	70059,06	Turbulento	0,0206	0,181387846	0,215695954	0,034308108	18,91
40	29,0	2,0	4,7557	87573,82	Turbulento	0,0196	0,137990275	0,163194111	0,025203836	18,26
50	36,2	2,0	7,4104	109316,29	Turbulento	0,0187	0,105274073	0,123684782	0,018410709	17,49
63	45,8	2,0	11,8619	138306,24	Turbulento	0,0178	0,079100345	0,092176483	0,013076138	16,53
75	54,4	2,0	16,7348	164276,41	Turbulento	0,0171	0,064222172	0,074336713	0,010114541	15,75
90	65,4	2,0	24,1868	197494,06	Turbulento	0,0165	0,051419986	0,059051345	0,007631359	14,84
110	79,8	2,0	36,0104	240979,00	Turbulento	0,0158	0,040469167	0,046046685	0,005577518	13,78

DADOS: Temperatura da água = 40°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000657 Pa.s ; Densidade = 992 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 2,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	2,5	1,4657	54356,16	Turbulento	0,0222	0,491248584	0,578550653	0,087302069	17,77
25	18,0	2,5	2,2902	67945,21	Turbulento	0,0211	0,37297183	0,43772754	0,06475571	17,36
32	23,2	2,5	3,8046	87573,82	Turbulento	0,0199	0,273079396	0,318738498	0,045659102	16,72
40	29,0	2,5	5,9447	109467,28	Turbulento	0,0189	0,207874059	0,241155408	0,03328135	16,01
50	36,2	2,5	9,2630	136645,36	Turbulento	0,0180	0,158684356	0,182771632	0,024087276	15,18
63	45,8	2,5	14,8273	172882,80	Turbulento	0,0172	0,119305078	0,136211149	0,016906071	14,17
75	54,4	2,5	20,9185	205345,51	Turbulento	0,0165	0,096907185	0,109848942	0,012941757	13,35
90	65,4	2,5	30,2335	246867,58	Turbulento	0,0159	0,077625028	0,087261428	0,0096364	12,41
110	79,8	2,5	45,0130	301223,74	Turbulento	0,0153	0,061122819	0,068044165	0,006921346	11,32

DADOS: Temperatura da água = 40°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000657 Pa.s ; Densidade = 992 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 3,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	3,0	1,7589	65227,40	Turbulento	0,0216	0,686846564	0,795991754	0,10914519	15,89
25	18,0	3,0	2,7483	81534,25	Turbulento	0,0205	0,521727438	0,602242018	0,080514579	15,43
32	23,2	3,0	4,5655	105088,58	Turbulento	0,0193	0,3821965	0,438532417	0,056335917	14,74
40	29,0	3,0	7,1336	131360,73	Turbulento	0,0184	0,291067587	0,331790683	0,040723096	13,99
50	36,2	3,0	11,1155	163974,43	Turbulento	0,0175	0,222288206	0,251464088	0,029175881	13,13
63	45,8	3,0	17,7928	207459,36	Turbulento	0,0167	0,167199664	0,187404423	0,020204759	12,08
75	54,4	3,0	25,1022	246414,61	Turbulento	0,0161	0,13585346	0,151134307	0,015280848	11,25
90	65,4	3,0	36,2802	296241,10	Turbulento	0,0155	0,108858172	0,120057556	0,011199384	10,29
110	79,8	3,0	54,0156	361468,49	Turbulento	0,0149	0,085746224	0,093617722	0,007871498	9,18

CONSTAÇÃO: Para todos os diâmetros analisados, a perda de carga obtida com a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao foi maior do que a obtida com a fórmula universal. Portanto, a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao conduz a um resultado mais conservador no cálculo da pressão dinâmica nos pontos de consumo de uma instalação hidráulica (conduz a um valor de pressão menor)

Temperatura da água = 50°C (Estudo Comparativo: Darcy-Weisbach x Fair-Whipple-Hsiao)

DADOS: Temperatura da água = 50°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000548 Pa.s ; Densidade = 988 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 0,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	0,5	0,2931	12981,02	Turbulento	0,0297	0,02627022	0,034605401	0,008335181	31,73
25	18,0	0,5	0,4580	16226,28	Turbulento	0,0280	0,0198292	0,026182214	0,006353014	32,04
32	23,2	0,5	0,7609	20913,87	Turbulento	0,0263	0,014426208	0,019065009	0,004638801	32,16
40	29,0	0,5	1,1889	26142,34	Turbulento	0,0249	0,010922628	0,014424458	0,00350183	32,06
50	36,2	0,5	1,8526	32632,85	Turbulento	0,0236	0,008295123	0,010932293	0,002637171	31,79
63	45,8	0,5	2,9655	41286,86	Turbulento	0,0223	0,006203834	0,008147327	0,001943493	31,33
75	54,4	0,5	4,1837	49039,42	Turbulento	0,0214	0,005020391	0,006570499	0,001550109	30,88
90	65,4	0,5	6,0467	58955,47	Turbulento	0,0206	0,00400588	0,005219451	0,00121357	30,29
110	79,8	0,5	9,0026	71936,50	Turbulento	0,0197	0,003141463	0,00406999	0,000928527	29,56

DADOS: Temperatura da água = 50°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000548 Pa.s ; Densidade = 988 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 1,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	1,0	0,5863	25962,04	Turbulento	0,0255	0,09018777	0,116398229	0,026210459	29,06
25	18,0	1,0	0,9161	32452,55	Turbulento	0,0241	0,068297841	0,088066119	0,019768277	28,94
32	23,2	1,0	1,5218	41827,74	Turbulento	0,0227	0,049865441	0,064126791	0,01426135	28,60
40	29,0	1,0	2,3779	52284,67	Turbulento	0,0215	0,037868514	0,0485179	0,010649386	28,12
50	36,2	1,0	3,7052	65265,69	Turbulento	0,0205	0,028841704	0,036771706	0,007930001	27,49
63	45,8	1,0	5,9309	82573,72	Turbulento	0,0194	0,021633701	0,027404232	0,005770532	26,67
75	54,4	1,0	8,3674	98078,83	Turbulento	0,0187	0,017543168	0,022100437	0,004557269	25,98
90	65,4	1,0	12,0934	117910,95	Turbulento	0,0180	0,014028256	0,01755607	0,003527814	25,15
110	79,8	1,0	18,0052	143872,99	Turbulento	0,0173	0,011025983	0,013689761	0,002663779	24,16

DADOS: Temperatura da água = 50°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000548 Pa.s ; Densidade = 988 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 1,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	1,5	0,8794	38943,07	Turbulento	0,0236	0,18755015	0,236649764	0,049099614	26,18
25	18,0	1,5	1,3741	48678,83	Turbulento	0,0223	0,142245807	0,179047623	0,036801816	25,87
32	23,2	1,5	2,2828	62741,61	Turbulento	0,0210	0,104029377	0,130376468	0,02634709	25,33
40	29,0	1,5	3,5668	78427,01	Turbulento	0,0200	0,079112716	0,09864196	0,019529244	24,69
50	36,2	1,5	5,5578	97898,54	Turbulento	0,0190	0,060335818	0,074760721	0,014424902	23,91
63	45,8	1,5	8,8964	123860,58	Turbulento	0,0181	0,045319447	0,055715668	0,010396221	22,94
75	54,4	1,5	12,5511	147118,25	Turbulento	0,0175	0,036786335	0,044932498	0,008146164	22,14
90	65,4	1,5	18,1401	176866,42	Turbulento	0,0168	0,029445867	0,035693325	0,006247458	21,22
110	79,8	1,5	27,0078	215809,49	Turbulento	0,0161	0,023168716	0,027832715	0,004663999	20,13

DADOS: Temperatura da água = 50°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000548 Pa.s ; Densidade = 988 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 2,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	2,0	1,1726	51924,09	Turbulento	0,0224	0,31683455	0,391515414	0,074680864	23,57
25	18,0	2,0	1,8322	64905,11	Turbulento	0,0212	0,24051938	0,296217934	0,055698555	23,16
32	23,2	2,0	3,0437	83655,47	Turbulento	0,0200	0,176076012	0,215695954	0,039619942	22,50
40	29,0	2,0	4,7557	104569,34	Turbulento	0,0191	0,134016487	0,163194111	0,029177625	21,77
50	36,2	2,0	7,4104	130531,39	Turbulento	0,0182	0,102291773	0,123684782	0,021393009	20,91
63	45,8	2,0	11,8619	165147,45	Turbulento	0,0173	0,0768976	0,092176483	0,015278882	19,87
75	54,4	2,0	16,7348	196157,66	Turbulento	0,0167	0,062455737	0,074336713	0,011880977	19,02
90	65,4	2,0	24,1868	235821,90	Turbulento	0,0160	0,050024063	0,059051345	0,009027283	18,05
110	79,8	2,0	36,0104	287745,99	Turbulento	0,0154	0,039385769	0,046046685	0,006660916	16,91

DADOS: Temperatura da água = 50°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000548 Pa.s ; Densidade = 988 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 2,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	2,5	1,4657	64905,11	Turbulento	0,0216	0,477351078	0,578550653	0,101199575	21,20
25	18,0	2,5	2,2902	81131,39	Turbulento	0,0205	0,362590398	0,437727554	0,075137143	20,72
32	23,2	2,5	3,8046	104569,34	Turbulento	0,0193	0,26561538	0,318738498	0,053123118	20,00
40	29,0	2,5	5,9447	130711,68	Turbulento	0,0184	0,202281035	0,241155408	0,038874374	19,22
50	36,2	2,5	9,2630	163164,23	Turbulento	0,0176	0,15448017	0,182771632	0,028291462	18,31
63	45,8	2,5	14,8273	206434,31	Turbulento	0,0167	0,116194768	0,136211149	0,020016381	17,23
75	54,4	2,5	20,9185	245197,08	Turbulento	0,0161	0,094410047	0,109848942	0,015438895	16,35
90	65,4	2,5	30,2335	294777,37	Turbulento	0,0155	0,075649266	0,087261428	0,011612162	15,35
110	79,8	2,5	45,0130	359682,48	Turbulento	0,0149	0,05958743	0,068044165	0,008456735	14,19

DADOS: Temperatura da água = 50°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000548 Pa.s ; Densidade = 988 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 3,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	3,0	1,7589	77886,13	Turbulento	0,0210	0,668619852	0,795991754	0,127371903	19,05
25	18,0	3,0	2,7483	97357,66	Turbulento	0,0199	0,508093014	0,602242018	0,094149004	18,53
32	23,2	3,0	4,5655	125483,21	Turbulento	0,0188	0,372378505	0,438532417	0,066153912	17,77
40	29,0	3,0	7,1336	156854,01	Turbulento	0,0179	0,283700952	0,331790683	0,048089731	16,95
50	36,2	3,0	11,1155	195797,08	Turbulento	0,0171	0,216743769	0,251464088	0,034720318	16,02
63	45,8	3,0	17,7928	247721,17	Turbulento	0,0163	0,163092429	0,187404423	0,024311994	14,91
75	54,4	3,0	25,1022	294236,50	Turbulento	0,0157	0,13255284	0,151134307	0,018581468	14,02
90	65,4	3,0	36,2802	353732,85	Turbulento	0,0151	0,106244122	0,120057556	0,013813434	13,00
110	79,8	3,0	54,0156	431618,98	Turbulento	0,0146	0,083712706	0,093617722	0,009905016	11,83

CONSTAÇÃO: Para todos os diâmetros analisados, a perda de carga obtida com a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao foi maior do que a obtida com a fórmula universal. Portanto, a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao conduz a um resultado mais conservador no cálculo da pressão dinâmica nos pontos de consumo de uma instalação hidráulica (conduz a um valor de pressão menor)

Temperatura da água = 60°C (Estudo Comparativo: Darcy-Weisbach x Fair-Whipple-Hsiao)

DADOS: Temperatura da água = 60°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000467 Pa.s ; Densidade = 983 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 0,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	0,5	0,2931	15155,46	Turbulento	0,0286	0,025337271	0,034605401	0,009268129	36,58
25	18,0	0,5	0,4580	18944,33	Turbulento	0,0270	0,019140308	0,026182214	0,007041906	36,79
32	23,2	0,5	0,7609	24417,13	Turbulento	0,0254	0,013937493	0,019065009	0,005127516	36,79
40	29,0	0,5	1,1889	30521,41	Turbulento	0,0240	0,010560373	0,014424458	0,003864085	36,59
50	36,2	0,5	1,8526	38099,14	Turbulento	0,0228	0,008025741	0,010932293	0,002906552	36,22
63	45,8	0,5	2,9655	48202,78	Turbulento	0,0216	0,006006966	0,008147327	0,002140361	35,63
75	54,4	0,5	4,1837	57253,96	Turbulento	0,0208	0,004863375	0,006570499	0,001707125	35,10
90	65,4	0,5	6,0467	68831,05	Turbulento	0,0199	0,003882829	0,005219451	0,001336622	34,42
110	79,8	0,5	9,0026	83986,51	Turbulento	0,0191	0,003046531	0,00406999	0,00102346	33,59

DADOS: Temperatura da água = 60°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000467 Pa.s ; Densidade = 983 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 1,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	1,0	0,5863	30310,92	Turbulento	0,0247	0,087400164	0,116398229	0,028998065	33,18
25	18,0	1,0	0,9161	37888,65	Turbulento	0,0234	0,066228466	0,088066119	0,021837653	32,97
32	23,2	1,0	1,5218	48834,26	Turbulento	0,0220	0,048389244	0,064126791	0,015737547	32,52
40	29,0	1,0	2,3779	61042,83	Turbulento	0,0209	0,036768814	0,0485179	0,011749086	31,95
50	36,2	1,0	3,7052	76198,29	Turbulento	0,0199	0,028020151	0,036771706	0,008751555	31,23
63	45,8	1,0	5,9309	96405,57	Turbulento	0,0189	0,02103075	0,027404232	0,006373482	30,31
75	54,4	1,0	8,3674	114507,92	Turbulento	0,0182	0,017060263	0,022100437	0,005040175	29,54
90	65,4	1,0	12,0934	137662,10	Turbulento	0,0175	0,013648729	0,01755607	0,003907341	28,63
110	79,8	1,0	18,0052	167973,02	Turbulento	0,0168	0,010731839	0,013689761	0,002957922	27,56

DADOS: Temperatura da água = 60°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000467 Pa.s ; Densidade = 983 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 1,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	1,5	0,8794	45466,38	Turbulento	0,0229	0,182345071	0,236649764	0,054304694	29,78
25	18,0	1,5	1,3741	56832,98	Turbulento	0,0217	0,138369509	0,179047623	0,040678114	29,40
32	23,2	1,5	2,2828	73251,39	Turbulento	0,0205	0,101251774	0,130376468	0,029124693	28,76
40	29,0	1,5	3,5668	91564,24	Turbulento	0,0195	0,07703729	0,09864196	0,02160467	28,04
50	36,2	1,5	5,5578	114297,43	Turbulento	0,0186	0,058766177	0,074760721	0,015994544	27,22
63	45,8	1,5	8,8964	144608,35	Turbulento	0,0176	0,044165037	0,055715668	0,011550631	26,15
75	54,4	1,5	12,5511	171761,88	Turbulento	0,0170	0,03585922	0,044932498	0,009073278	25,30
90	65,4	1,5	18,1401	206493,15	Turbulento	0,0164	0,02871635	0,035693325	0,006976975	24,30
110	79,8	1,5	27,0078	251959,53	Turbulento	0,0157	0,022601641	0,027832715	0,005231074	23,14

DADOS: Temperatura da água = 60°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000467 Pa.s ; Densidade = 983 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 2,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	2,0	1,1726	60621,84	Turbulento	0,0218	0,308829233	0,391515414	0,082686182	26,77
25	18,0	2,0	1,8322	75777,30	Turbulento	0,0207	0,234542517	0,296217934	0,061675418	26,30
32	23,2	2,0	3,0437	97668,52	Turbulento	0,0195	0,171781295	0,215695954	0,04391466	25,56
40	29,0	2,0	4,7557	122085,65	Turbulento	0,0186	0,13079988	0,163194111	0,032394231	24,77
50	36,2	2,0	7,4104	152396,57	Turbulento	0,0177	0,099875047	0,123684782	0,023809735	23,84
63	45,8	2,0	11,8619	192811,13	Turbulento	0,0169	0,075094175	0,092176483	0,017082308	22,75
75	54,4	2,0	16,7348	229015,85	Turbulento	0,0163	0,061021474	0,074336713	0,01331524	21,82
90	65,4	2,0	24,1868	275324,20	Turbulento	0,0157	0,048881198	0,059051345	0,010170147	20,81
110	79,8	2,0	36,0104	335946,04	Turbulento	0,0151	0,038504548	0,046046685	0,007542136	19,59

DADOS: Temperatura da água = 60°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000467 Pa.s ; Densidade = 983 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 2,5m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	2,5	1,4657	75777,30	Turbulento	0,0211	0,46619811	0,578550653	0,112352544	24,10
25	18,0	2,5	2,2902	94721,63	Turbulento	0,0200	0,35424868	0,43772754	0,08347886	23,57
32	23,2	2,5	3,8046	122085,65	Turbulento	0,0189	0,259609702	0,318738498	0,059128796	22,78
40	29,0	2,5	5,9447	152607,07	Turbulento	0,0180	0,197775483	0,241155408	0,043379925	21,93
50	36,2	2,5	9,2630	190495,72	Turbulento	0,0172	0,151089592	0,182771632	0,03168204	20,97
63	45,8	2,5	14,8273	241013,92	Turbulento	0,0163	0,113683519	0,136211149	0,02252763	19,82
75	54,4	2,5	20,9185	286269,81	Turbulento	0,0158	0,092392123	0,109848942	0,017456819	18,89
90	65,4	2,5	30,2335	344155,25	Turbulento	0,0152	0,074051318	0,087261428	0,013210111	17,84
110	79,8	2,5	45,0130	419932,55	Turbulento	0,0146	0,058344458	0,068044165	0,009699707	16,62

DADOS: Temperatura da água = 60°C ; Viscosidade dinâmica = 0,000467 Pa.s ; Densidade = 983 kg/m³ ; Rugosidade absoluta do tubo = 0,007mm ; Velocidade de escoamento = 3,0m/s										
Diâmetro (Tubo PPR)		Propriedades do escoamento					Perda de carga unitária (m.c.a/m)		Diferença na perda de carga	
Externo (mm)	Interno (mm)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/h)	Número de Reynolds (Re)	Tipo	Fator de atrito (f)	Fórmula Universal (Darcy-Weisbach)	Fórmula Empírica (Fair-Whipple-Hsiao)	Absoluta (m.c.a/m)	Relativa (%)
20	14,4	3,0	1,7589	90932,76	Turbulento	0,0205	0,654042002	0,795991754	0,141949752	21,70
25	18,0	3,0	2,7483	113665,95	Turbulento	0,0195	0,497175132	0,602242018	0,105066886	21,13
32	23,2	3,0	4,5655	146502,78	Turbulento	0,0184	0,36450833	0,438532417	0,074024087	20,31
40	29,0	3,0	7,1336	183128,48	Turbulento	0,0176	0,277789193	0,331790683	0,05400149	19,44
50	36,2	3,0	11,1155	228594,86	Turbulento	0,0168	0,212289526	0,251464088	0,039174561	18,45
63	45,8	3,0	17,7928	289216,70	Turbulento	0,0160	0,159789107	0,187404423	0,027615316	17,28
75	54,4	3,0	25,1022	343523,77	Turbulento	0,0154	0,129895932	0,151134307	0,021238375	16,35
90	65,4	3,0	36,2802	412986,30	Turbulento	0,0148	0,104138148	0,120057556	0,015919408	15,29
110	79,8	3,0	54,0156	503919,06	Turbulento	0,0143	0,082072849	0,093617722	0,011544874	14,07

CONSTAÇÃO: Para todos os diâmetros analisados, a perda de carga obtida com a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao foi maior do que a obtida com a fórmula universal. Portanto, a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao conduz a um resultado mais conservador no cálculo da pressão dinâmica nos pontos de consumo de uma instalação hidráulica (conduz a um valor de pressão menor)