

4

APRESENTAÇÃO DOS GRÁFICOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS COM BASE EM LUGEON

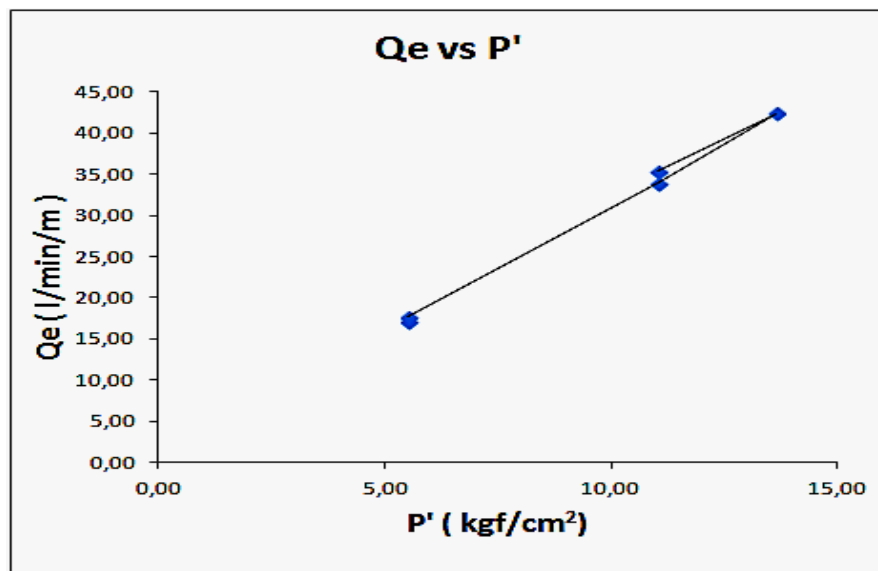
Os resultados mostrados nas Figuras 4.1 a 4.23 e Tabelas 4.1 a 4.12 foram determinados a partir das equações (2.2 e 2.3). Os dados dos ensaios, como pressão de ensaio, absorção e vazão específica, foram extraídos a partir das tabelas apresentadas no anexo 1 e executados pela Odebrecht Angola.

Os resultados do ensaio Lugeon trazem como informação principal, o valor de permeabilidade obtido para avaliar e decidir a necessidade ou não de injeção no tratamento das fundações de barragens. Do ponto de vista técnico, a permeabilidade não é a única condição suficiente e necessária para a necessidade da decisão de tratamento ou não das fundações de barragens. Fatores geológicos e locais também devem ser considerados para tal decisão.

Durante as interpretações dos resultados, notabilizou-se que os fluxos laminares e turbulentos são relativamente predominantes nos resultados dos ensaios de Lugeon. Depois de traçado o gráfico, adota-se um valor representativo para cada ensaio. Este valor representa a permeabilidade do maciço rochoso.

Existe uma necessidade muito grande de se padronizarem os parâmetros que norteiam os estudos de avaliação da percolação no maciço rochoso para evitar erros grosseiros, tal como subestimar ou superestimar, "que podem gerar custos financeiros muito elevados para o projeto".

4.1.1 Gráficos e Tabelas - 1



P' vs Lu

Estágios	1	2	3	4	5
Pressão (Kg/cm²)	5,51	11,01	13,61	11,01	5,51
Luçon (U.L.)	31,58	32,82	31,77	31,44	32,69

Gráfico 4.2- Pressão Efetiva x Lugeon -ensaio número 1

Tabela 4-13– Tipo de escoamento, fraturamento e colmatação - ensaio número 1, SR 101.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 73,00 - 76,00 m	Pressão do ensaio kgf/cm2	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	5,51	512,00	17,07	31,58	1,20	1,24	1,11	Laminar	Fraturamento fino c/ ou s/prenchimento fino	Colmatação
A1	11,01	1063,00	35,43	32,82						
A2	13,61	1272,00	42,40	31,77						
A1'	11,01	1018,00	33,93	31,43						
A2'	5,51	530,00	17,67	32,69						

4.1.2 Gráficos e Tabelas - 2

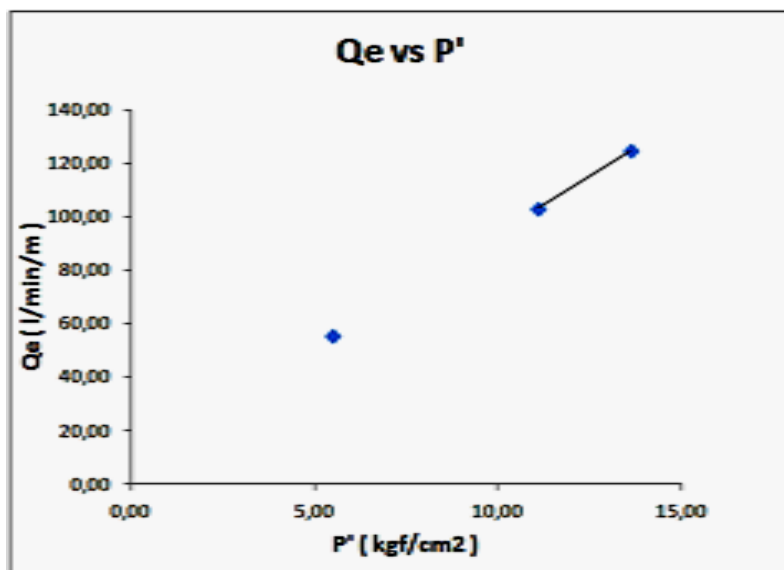


Gráfico 4.3-Vazão Equivalente x Pressão Efetiva-ensaio número 2.

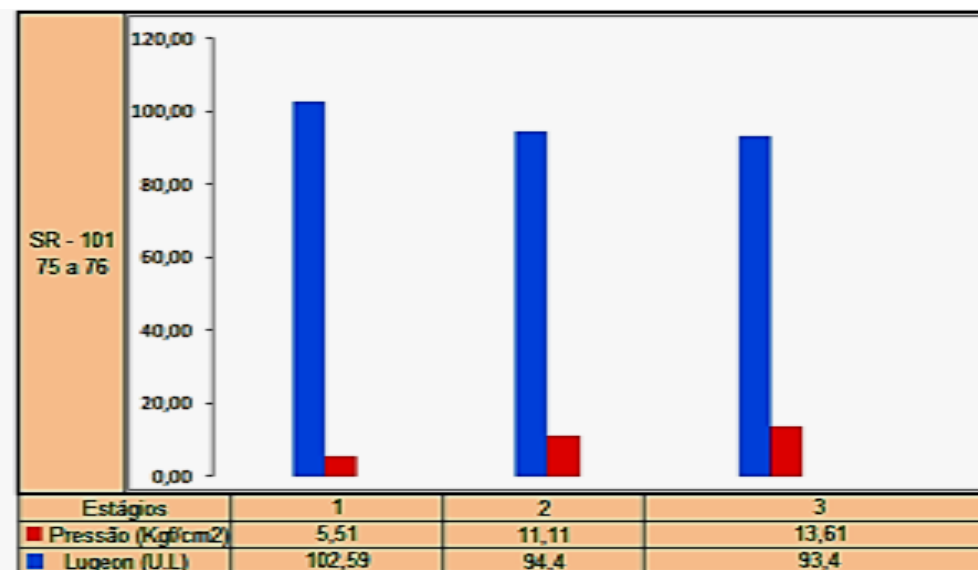


Gráfico 4.4- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 2.

Tabela 4.14 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 2, SR 101.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 75,00 -76,00 m	Pressão do ensaio kg/cm²	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	5,51	554,00	55,40	102,59	1,21	1,23	1,11	Laminar	Fraturamento fino c/ ou s/prenchimento fino	Colmatção
A1	11,11	1031,00	103,10	94,67						
A2	13,61	1246,00	124,60	93,40						
A1'	E . C	-	-	-						
A2'	E . C	-	-	-						

E.C = Estágio Cancelado

4.1.3 Gráficos e Tabelas - 3

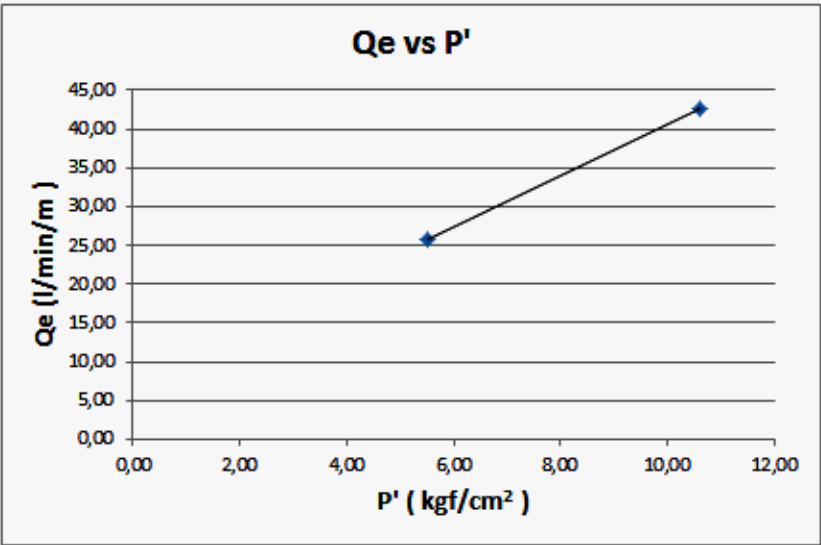


Gráfico 4.5- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva- ensaio número 3

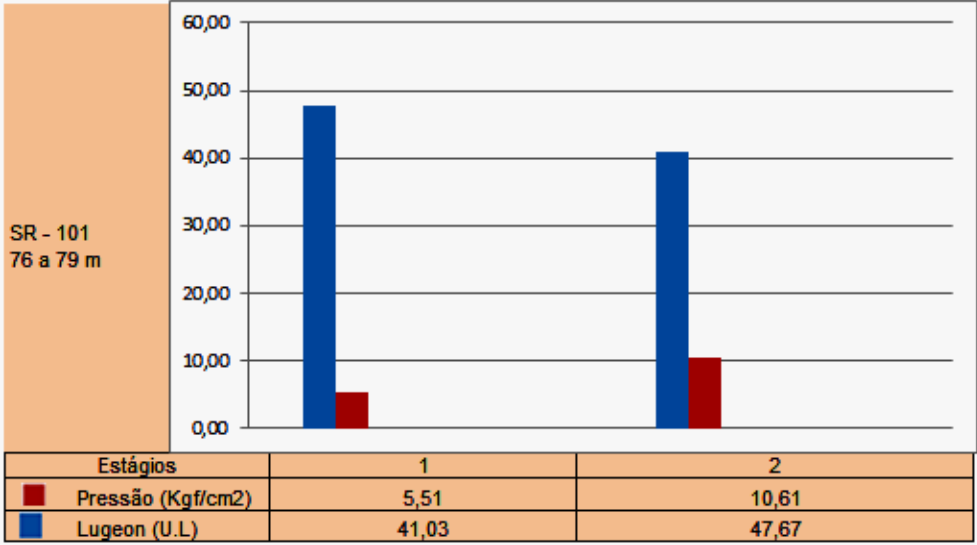


Gráfico 4.6- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 3

Tabela 4.15 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 3, SR 101.

0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Troço ensaiado 76,00 - 79,00 m	Pressão do ensaio kg/cm2	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	5,51	772,00	25,73	47,65	0,00	0,00	0,00	Tendência a turbulência	Fraturamento grossoiro c/ ou s/prenchimento grossoiro	Tendência de colmatção
A1	10,61	1280,00	42,67	41,03						
A2	E.C	-	-	-						
A1'	E.C	-	-	-						
A2'	E.C	-	-	-						

E.C = Estágio Cancelado

4.1.4 Gráficos e Tabelas - 4

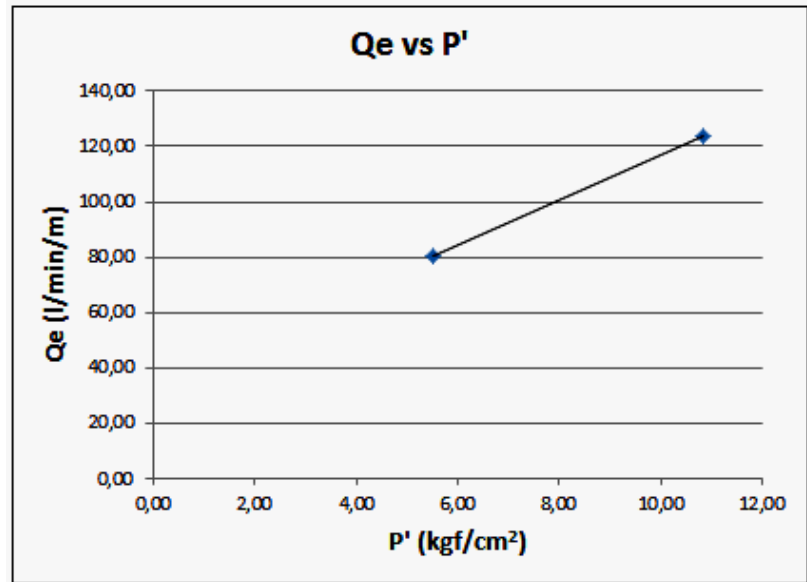


Gráfico 4.7 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva ensaio número 4

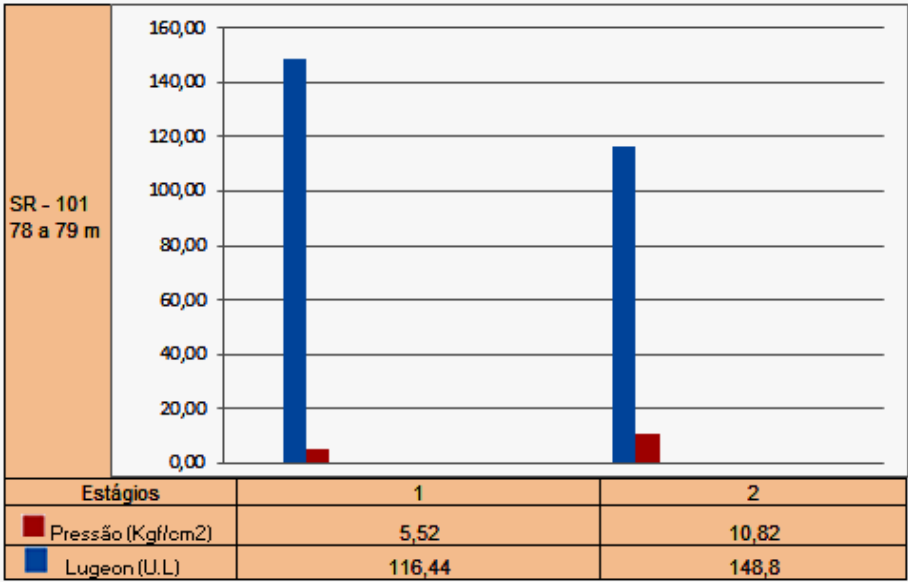


Gráfico 4.8- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 4

Tabela 4.16 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatação - ensaio número 3, SR 101.

0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Troço ensaiado 78,00 - 79,00 m	Pressão do ensaio kgf/cm2	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	5,52	805,00	80,50	148,80	-	-	-	Tendência a turbulência	Fraturamento grossoiro c/ ou s/prenchimento grossoiro	Tendência de colmatação
A1	10,82	1235,00	123,50	116,44						
A2	E.C	-	-	-						
A1'	E.C	-	-	-						
A2'	E.C	-	-	-						

E.C = Estágio Cancelado

4.1.5 Gráficos e Tabelas - 5

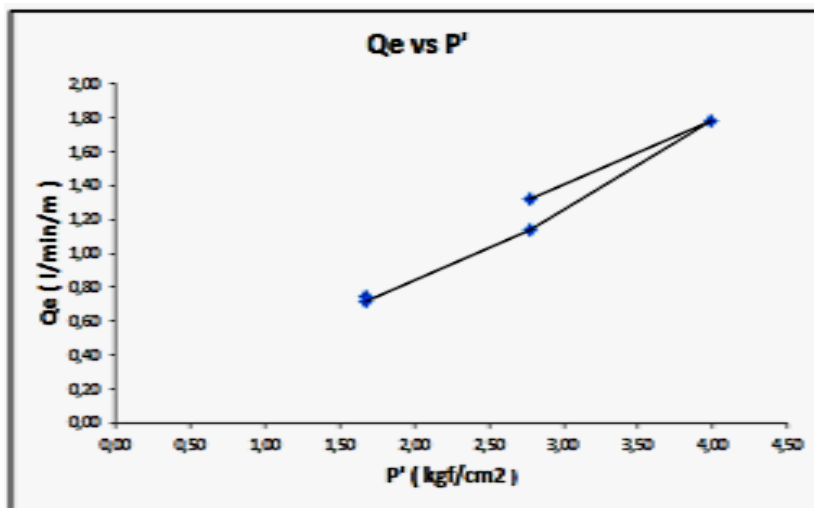


Gráfico 4.9- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva ensaio número 1

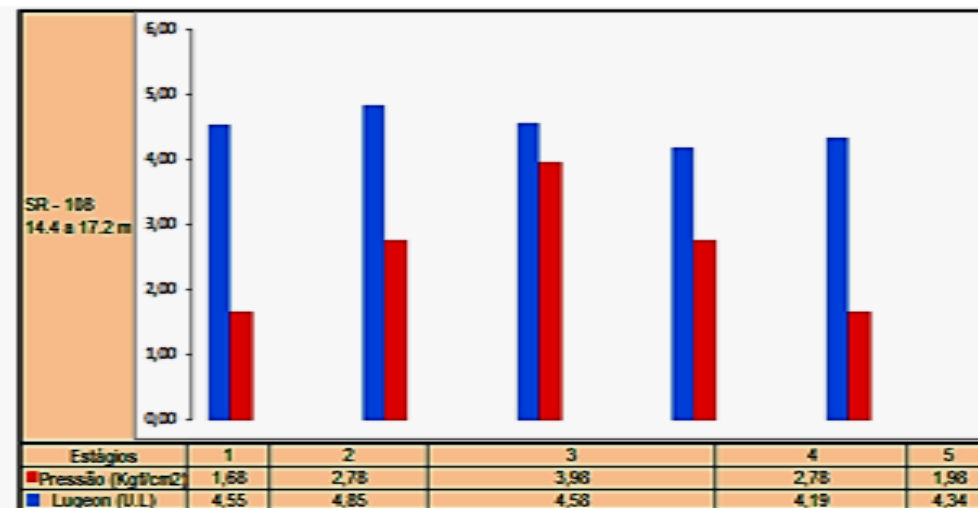


Gráfico 4.10- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 1

Tabela 4.17 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 1, SR 108.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 14,40 - 17,20 m	Pressão do ensaio kgf/cm ²	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	1,68	21,00	0,75	4,55	1,35	1,43	1,20	Laminar	Fraturamento c/ ou s/prenchimento fino	Colmatção
A1	2,78	37,00	1,32	4,85						
A2	3,98	50,00	1,79	4,58						
A1'	2,78	32,00	1,14	4,19						
A2'	1,68	20,00	0,71	4,34						

4.1.6 Gráficos e Tabelas - 6

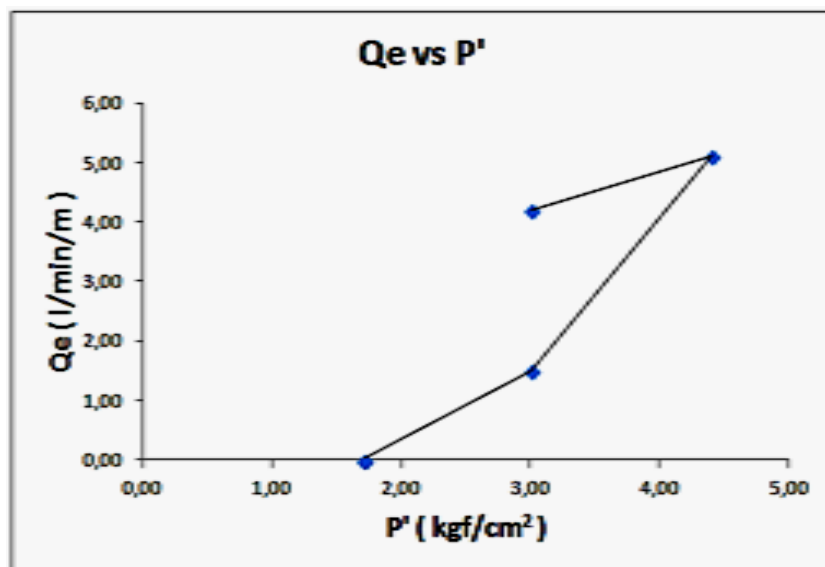


Gráfico 4.11 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 2

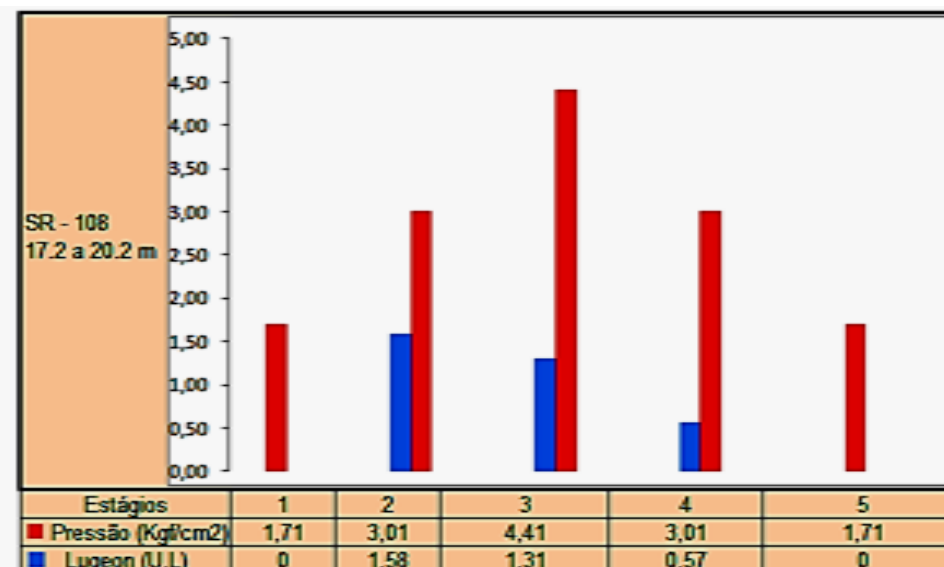


Gráfico 4.12- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 2

Tabela 4.18 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 2, SR 108.

[illegible]

4.1.7 Gráficos e Tabelas - 7

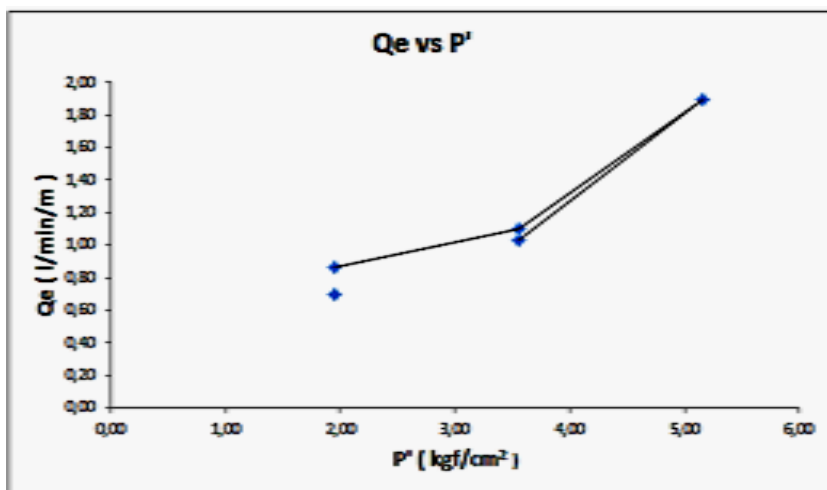


Gráfico 4.13- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 3

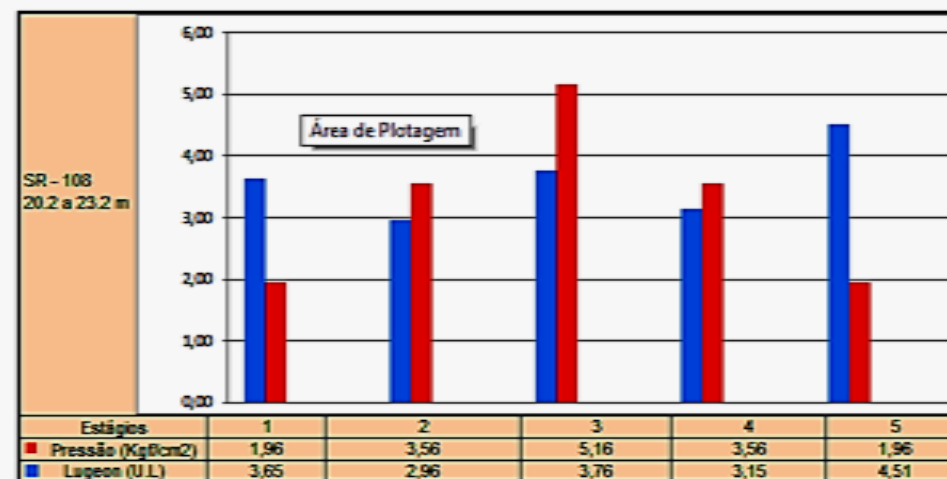


Gráfico 4.14- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 3

Tabela 4.19 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 3, SR 108.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 20.20 -23.20 m	Pressão do ensaio kgf/cm2	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	1,96	21,00	0,70	3,65	1,84	1,45	1,20	Tendência a Dilatação	Fraturamento c/ ou s/prenchimento fino	colmatação
A1	3,56	31,00	1,03	2,96						
A2	5,16	57,00	1,90	3,76						
A1'	3,56	33,00	1,10	3,15						
A2'	1,96	26,00	0,87	4,51						

4.1.8 Gráficos e Tabelas - 8

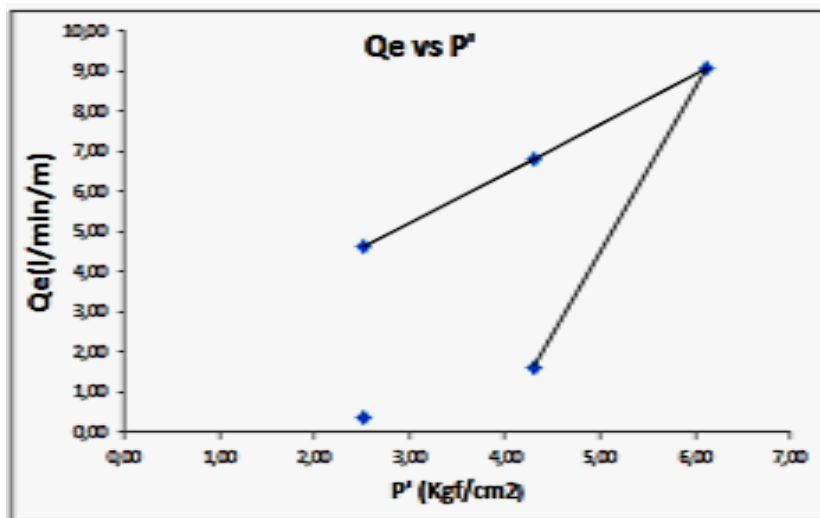


Gráfico 4.15 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva -ensaio número 4

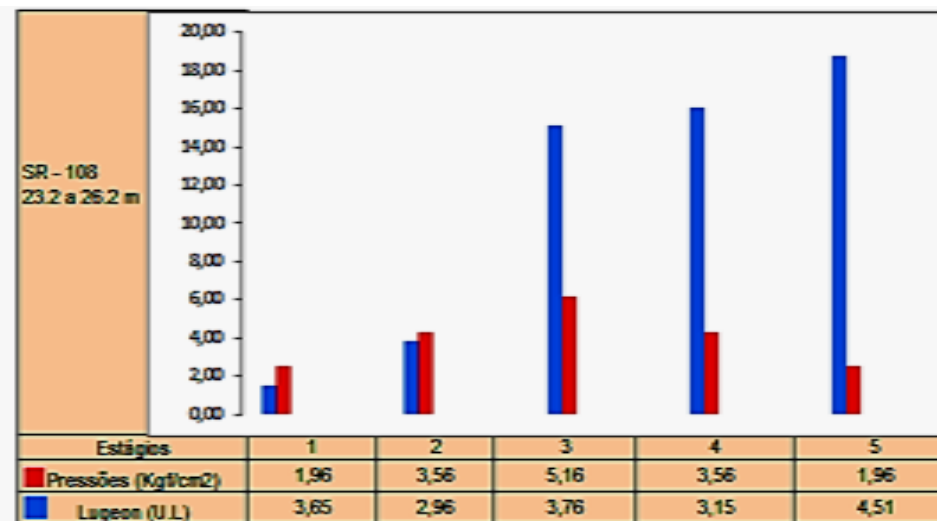


Gráfico 4.16- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 4

Tabela 4.20 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 4, SR 108.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 23.20 -26.20 m	Pressão do ensaio kgf/cm²	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	2,52	11	0,37	1,49	5,55	1,42	1,19	Lavagem das fraturas	Fraturamento c/ ou s/prenchiment o frosseiro	Lavagem das fracturas
A1	4,32	49	1,63	3,86						
A2	6,12	272	9,07	15,12						
A1'	4,32	204	6,80	16,07						
A2'	2,52	139	4,63	18,78						

4.1.9 Gráficos e Tabelas - 9

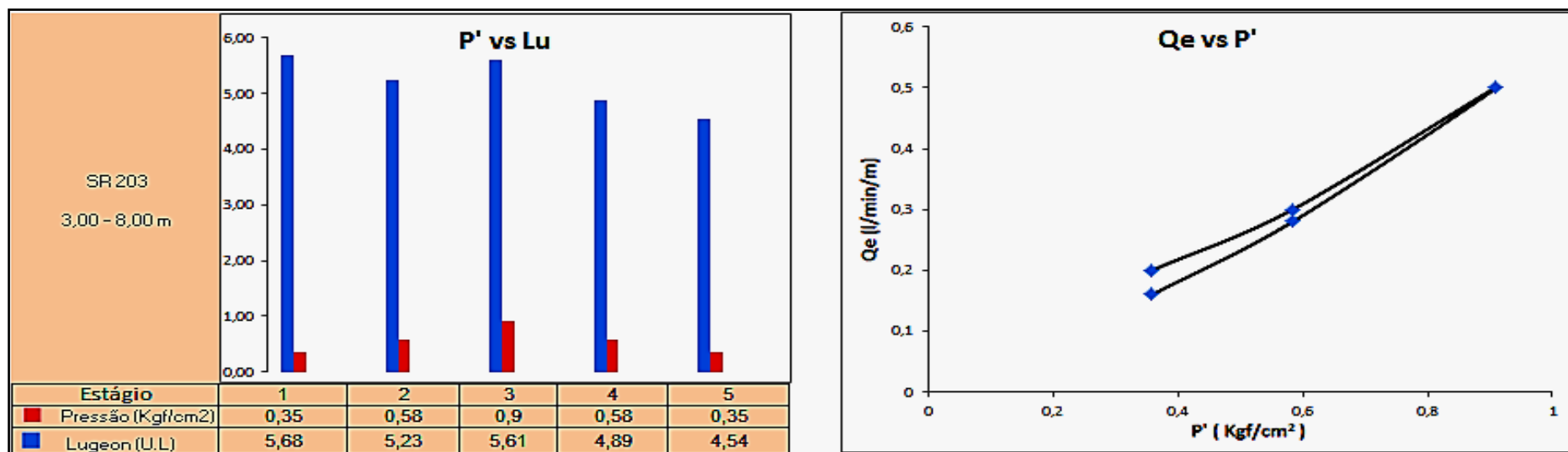


Gráfico 4.17- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 1

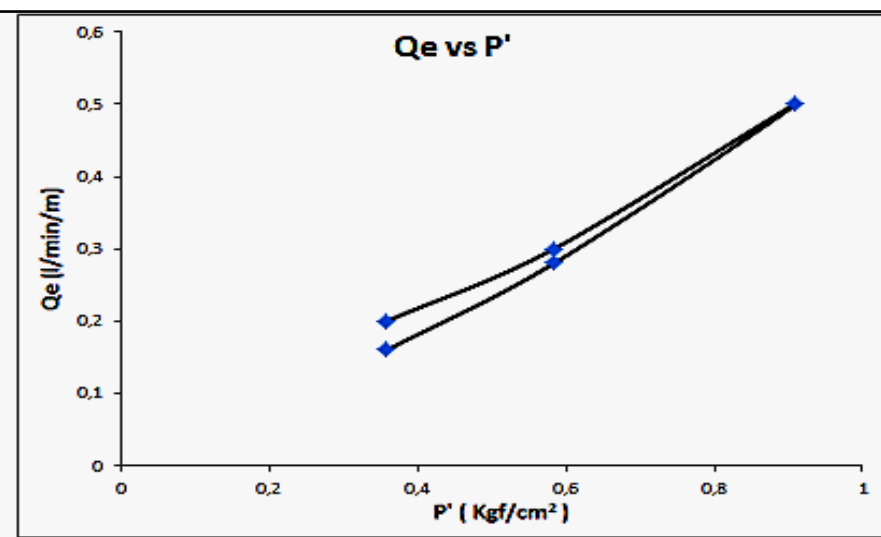


Gráfico 4.18- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 1

Tabela 4.9 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 1, SR 203.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 3,00 - 8,00m	Pressão do ensaio kgf/cm²	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	0,36	10,00	0,20	5,68	1,67	1,56	1,25	Laminar	Fraturamento fino c/ ou s/prenchiment o fino	Colomatação
A1	0,58	15,00	0,30	5,24						
A2	0,91	25,00	0,50	5,61						
A1'	0,58	14,00	0,28	4,89						
A2'	0,36	8,00	0,16	4,55						

4.1.10 Gráficos e Tabelas10

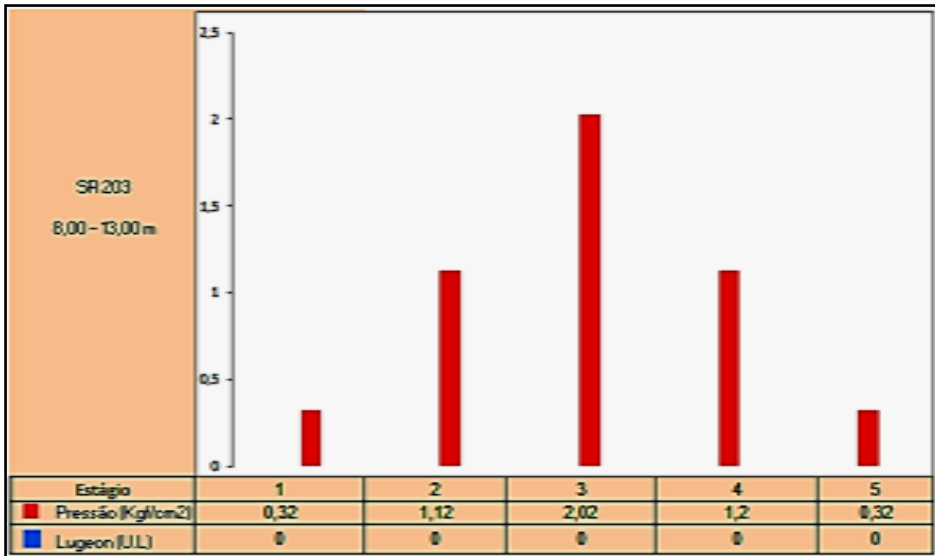


Gráfico 4.19- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 2

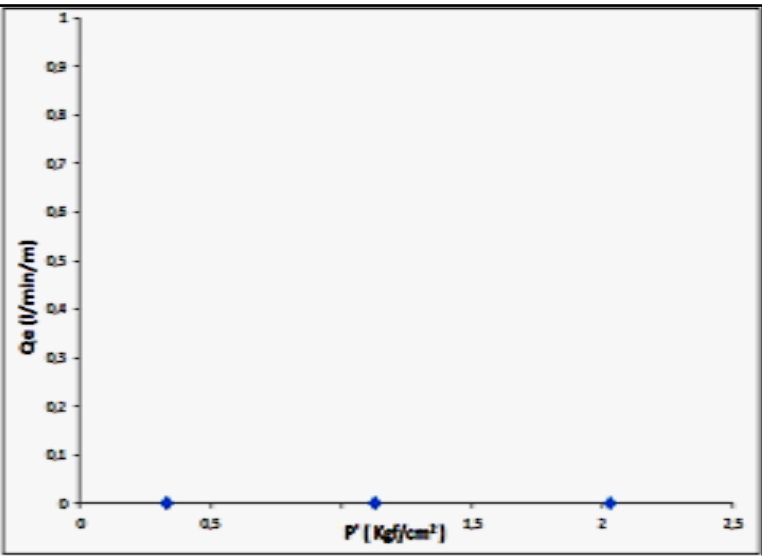


Gráfico 4.20 -Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 2

Tabela 4-10– Tipo de escoamento, fraturamento e colmatação - ensaio número 2, SR 203.

0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Troço ensaiado 76,00 - 79,00 m	Pressão do ensaio kg/cm2	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	5,51	772,00	25,73	47,65	0,00	0,00	0,00	Tendência a turbulência	Fraturamento grosseiro c/ ou s/prenchimento grosseiro	Tendência de colmatação
A1	10,61	1280,00	42,67	41,03						
A2	E.C	-	-	-						
A1'	E.C	-	-	-						
A2'	E.C	-	-	-						

4.1.11 Gráficos e Tabelas - 11

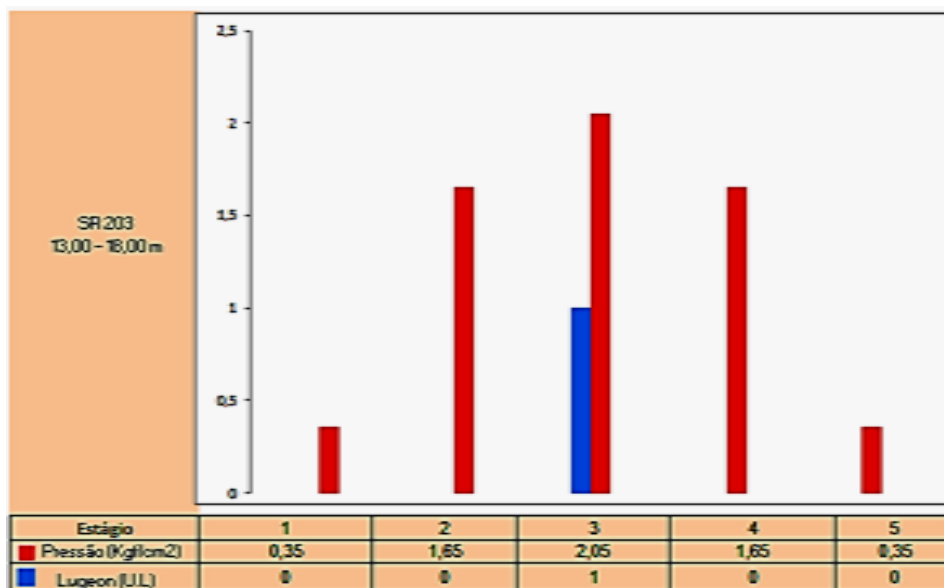


Gráfico 4.21- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 3.

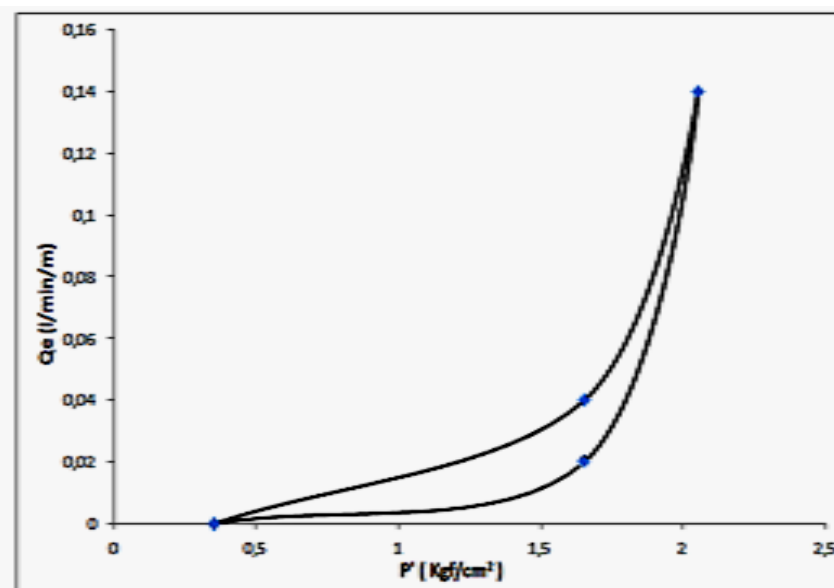


Gráfico 4.22- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 3.

Tabela 4-11– Tipo de escoamento, fraturamento e colmatação - ensaio número 3, SR 203.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 13,00 - 18,00m	Pressão do ensaio kgf/cm2	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	0,35	0,00	0,00	0,00	7,00	1,24	1,11	Fraturamento Hidráulico		
A1	1,65	1,00	0,02	0,12						
A2	2,05	7,00	0,14	0,70						
A1'	1,65	2,00	0,04	0,25						
A2'	0,35	0,00	0,00	0,00						

4.1.12 Gráficos e Tabelas - 12

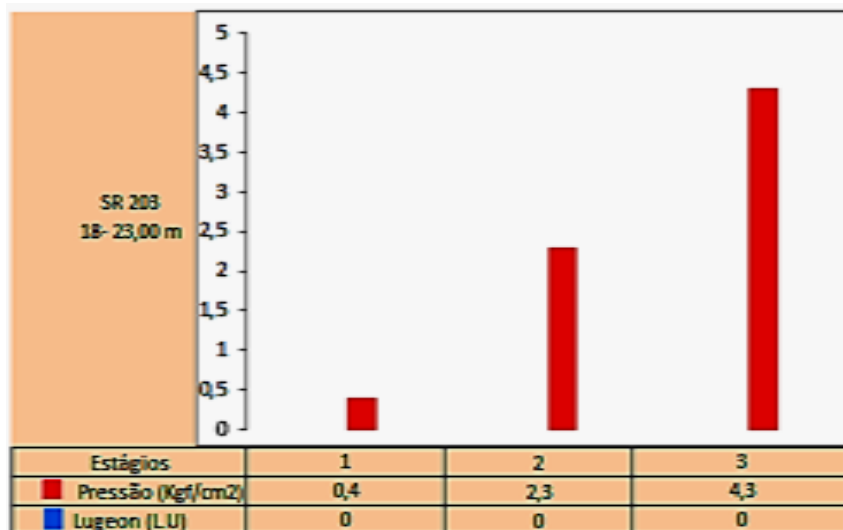


Gráfico 4.23- Pressão Efetiva x Lugeon - ensaio número 4.

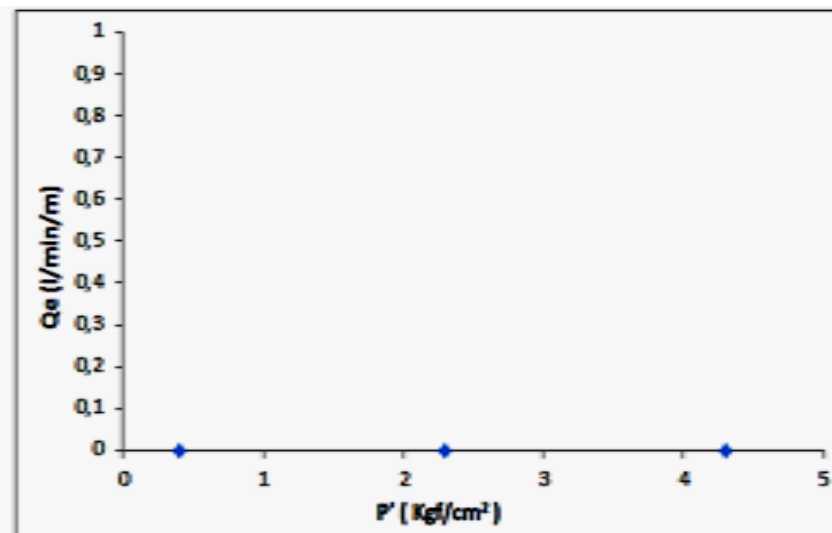


Gráfico 4.24- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 4

Tabela 4.12 -Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 4, SR 203.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 18,00 - 23,00 m	Pressão do ensaio kgf/cm²	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fracturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	0,40	0,00	0,00	0,00		1,86	1,36			
A1	2,30	0,00	0,00	0,00						
A2	4,30	0,00	0,00	0,00						
A1'										
A2'										

4.1.13 Gráficos e Tabelas - 13

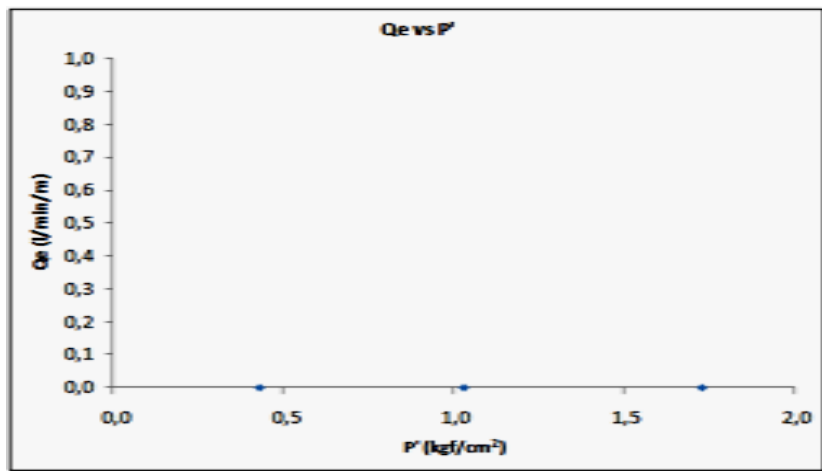


Gráfico 4.25 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 1.

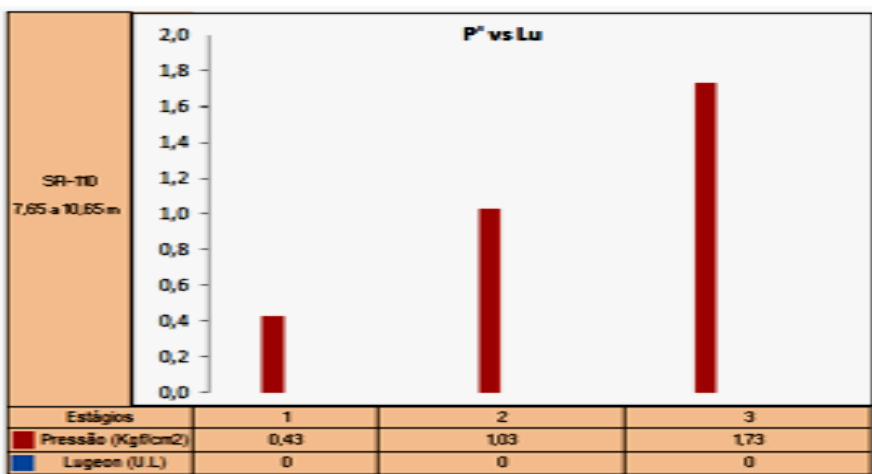


Gráfico 4.26- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 1.

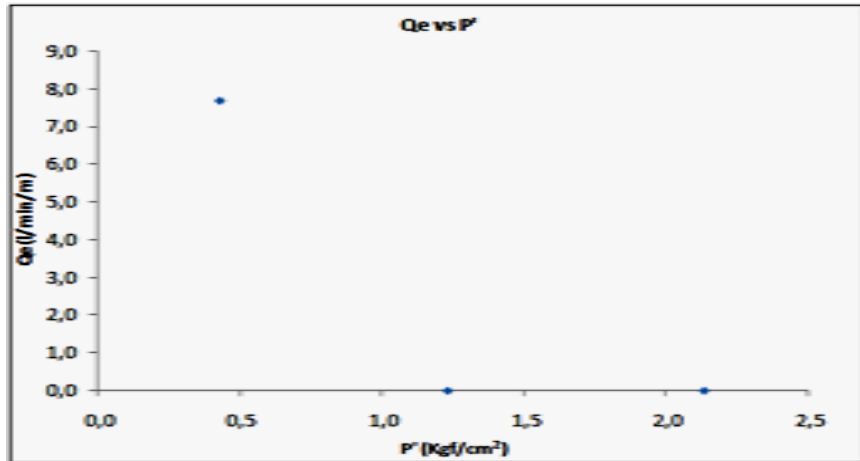


Gráfico 4.27 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 2

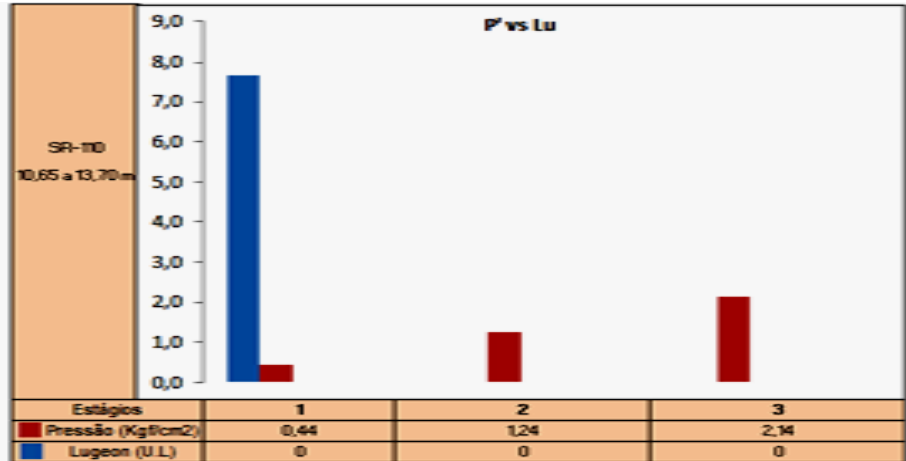


Gráfico 4.28- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 2

4.1.14 Gráficos e Tabelas - 13

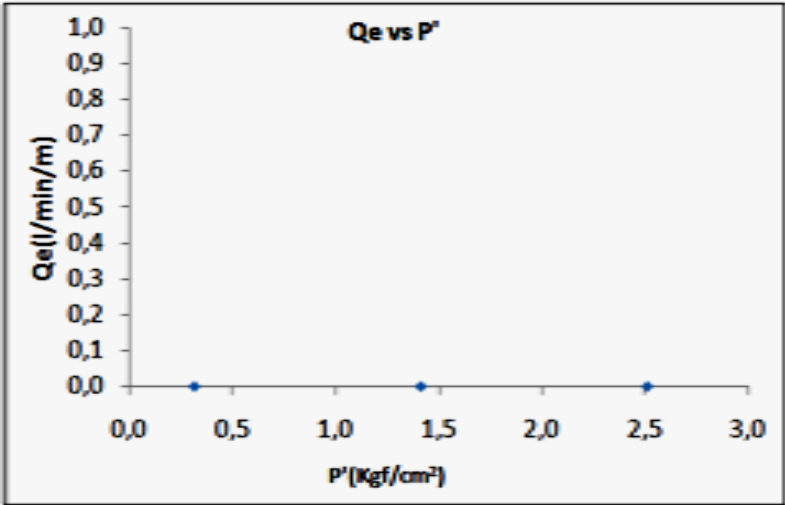


Gráfico 4.29 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 3.

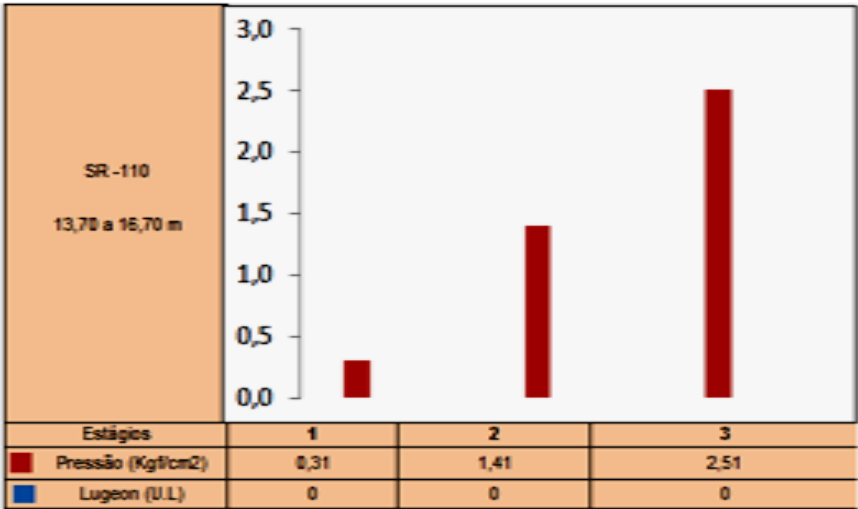


Gráfico 4.30- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 3.

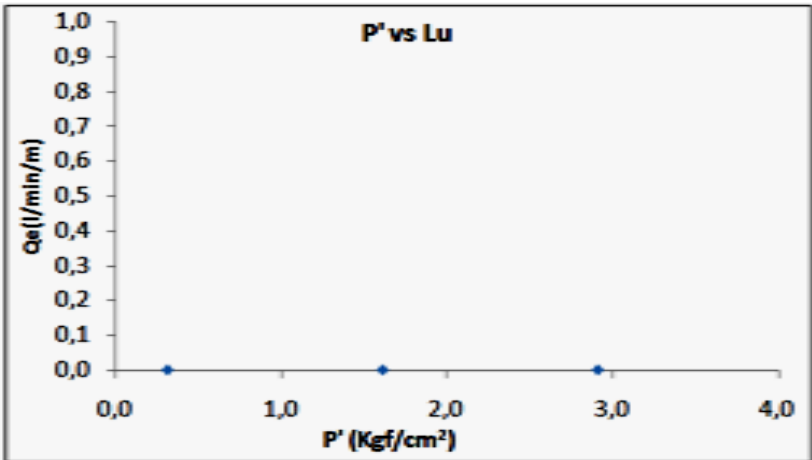


Gráfico 4.31 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 4

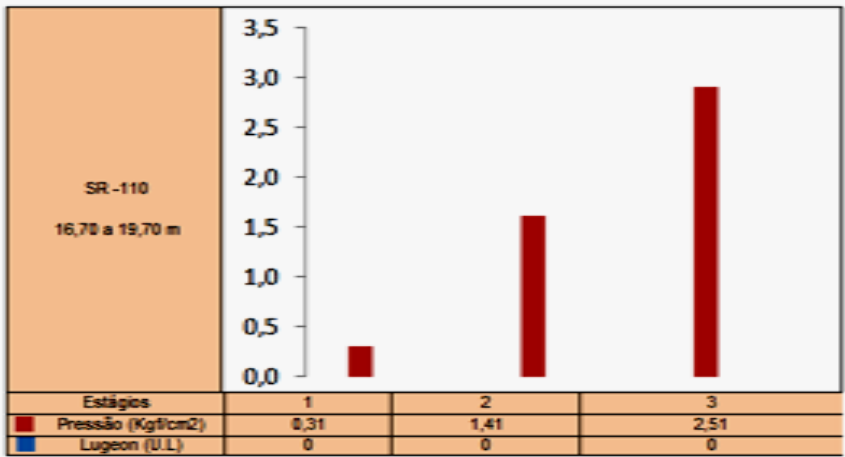


Gráfico 4.32- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 4.

4.1.15 Gráficos e Tabelas - 15

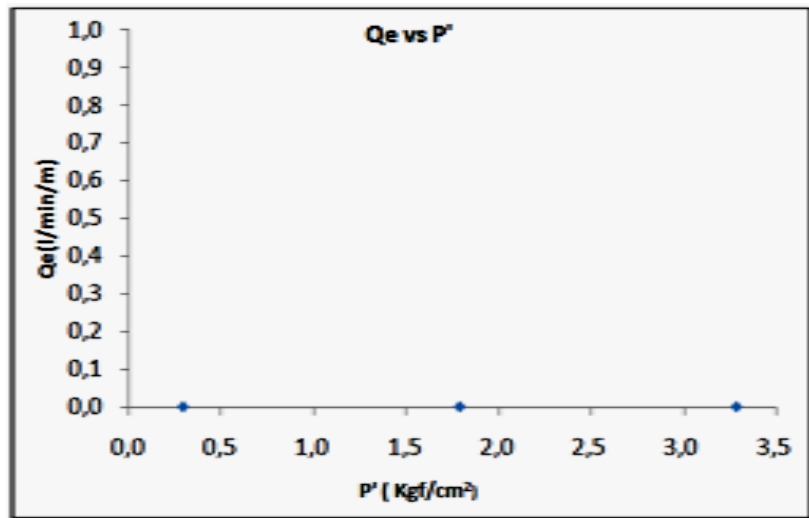


Gráfico 4.33 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 5.

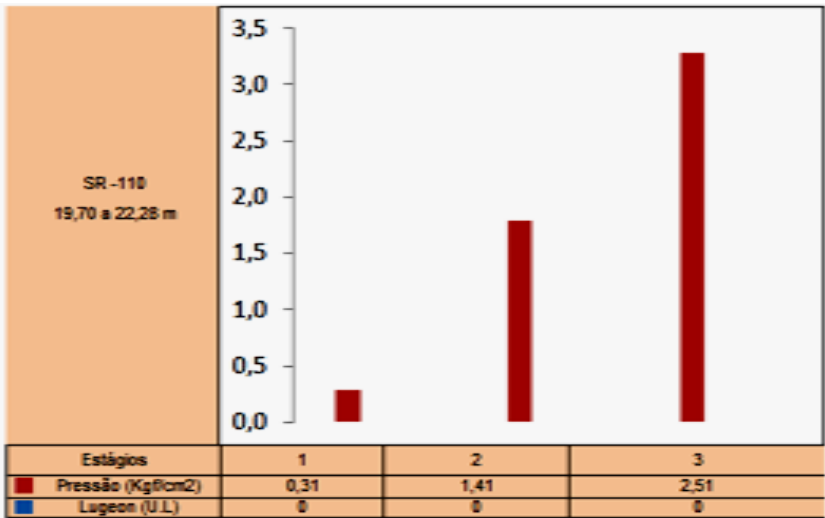


Gráfico 4.34- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 5.

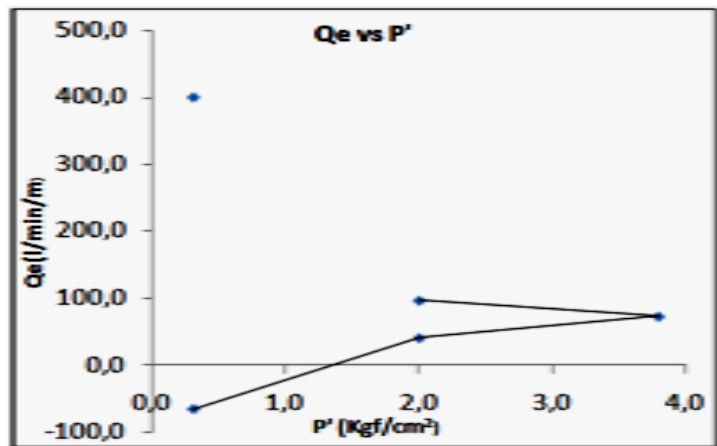


Gráfico 4.35- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 6.

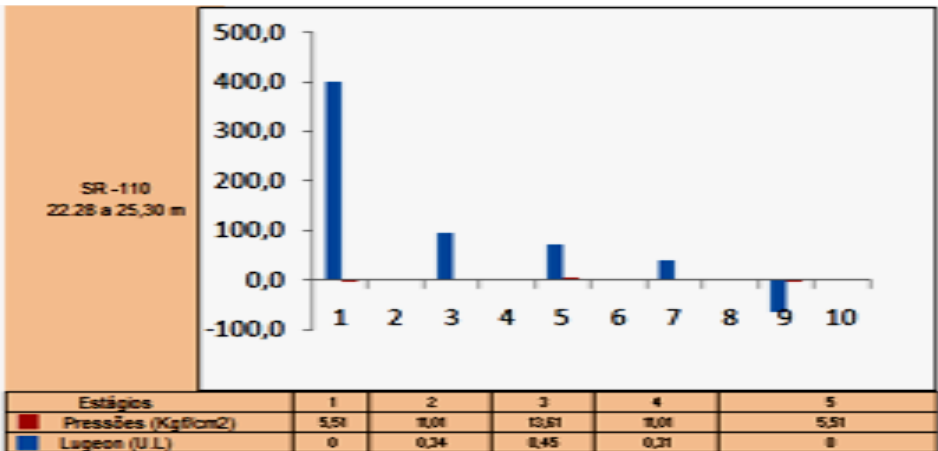


Gráfico 4.36- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 6.

4.1.16 Gráficos e Tabelas - 16

Tabela 4.13 – Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 6, SR 110.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 22,28 - 25,30 m	Pressão do ensaio (kgf/cm ²)	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fraturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	0,30	355,00	11,75	399,67	1,43	1,90	1,38	Tendência a ser turbulento	Fraturamento grosso	Colmatção
A1	2,00	570,00	18,87	96,26						
A2	3,80	815,00	26,99	72,44						
A1'	2,00	239,00	7,91	40,36						
A2'	0,30	-58,00	-1,92	-65,30						

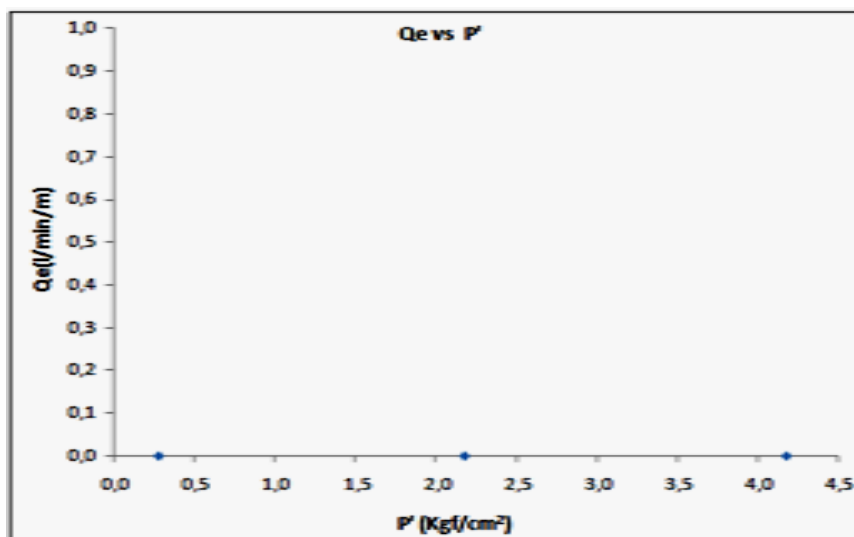


Gráfico 37 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 7.

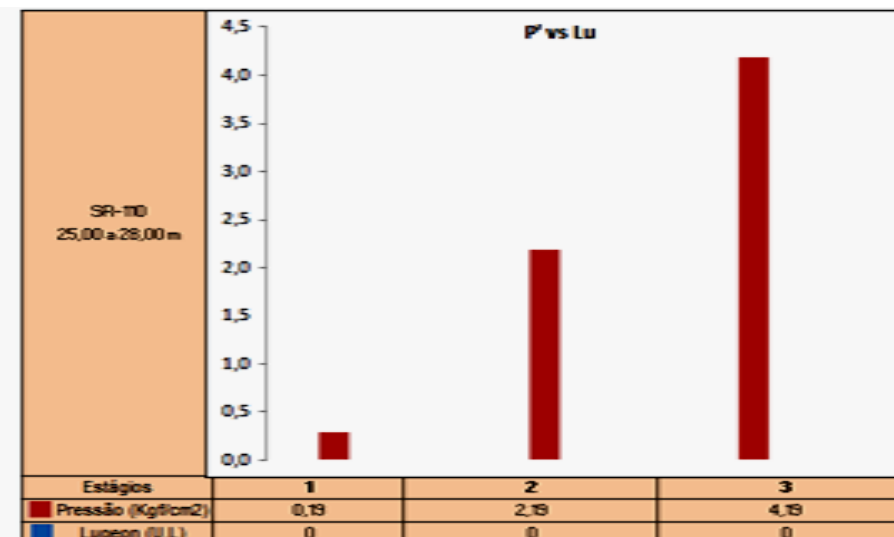
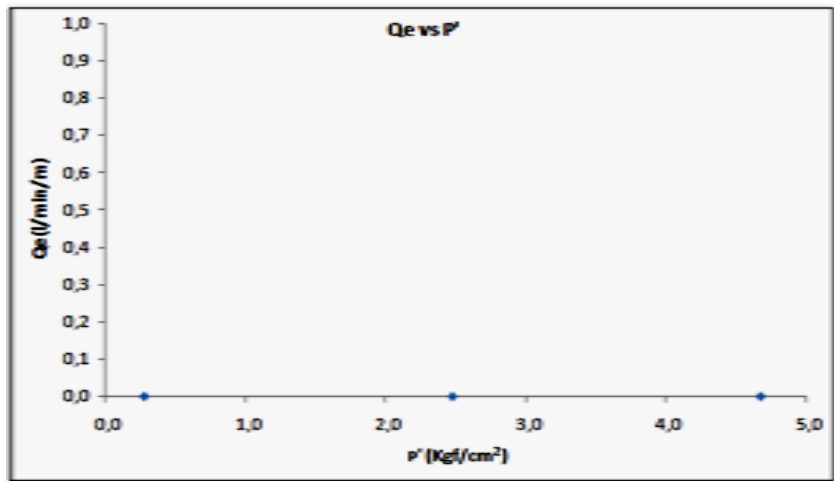


Gráfico 38- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 7.

4.1.17 Gráficos e Tabelas - 17



- Gráfico 4.39 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 8.

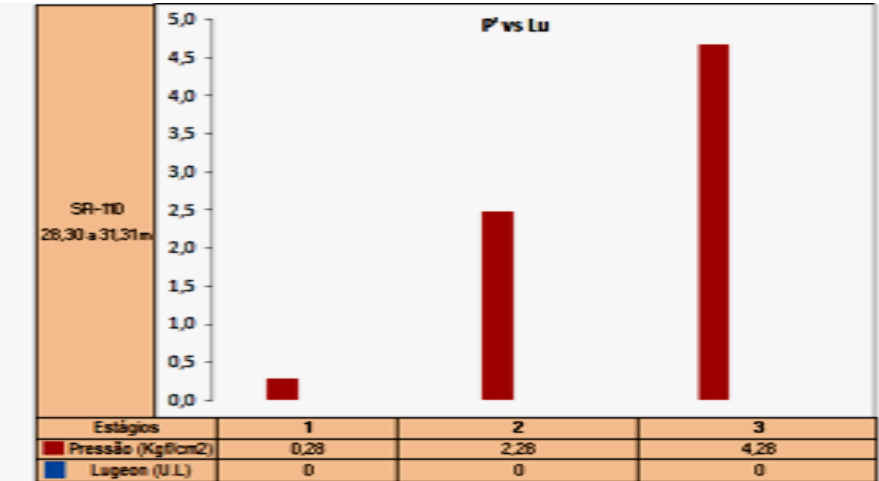
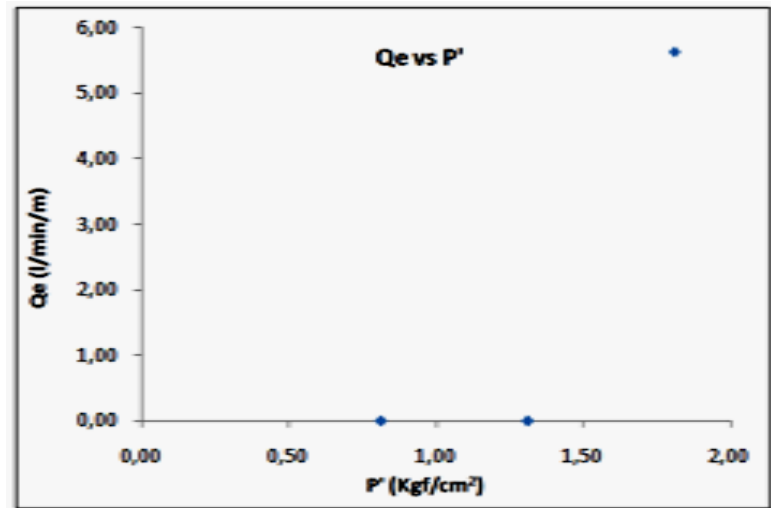


Gráfico 4.40- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 8.



- Gráfico 4.41 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 1.

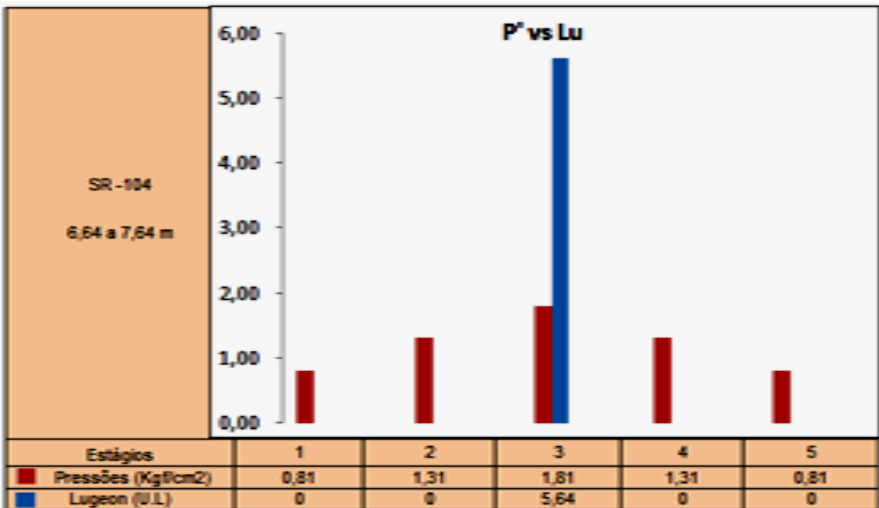


Gráfico 4.42- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 1.

4.1.18 Gráficos e Tabelas - 18

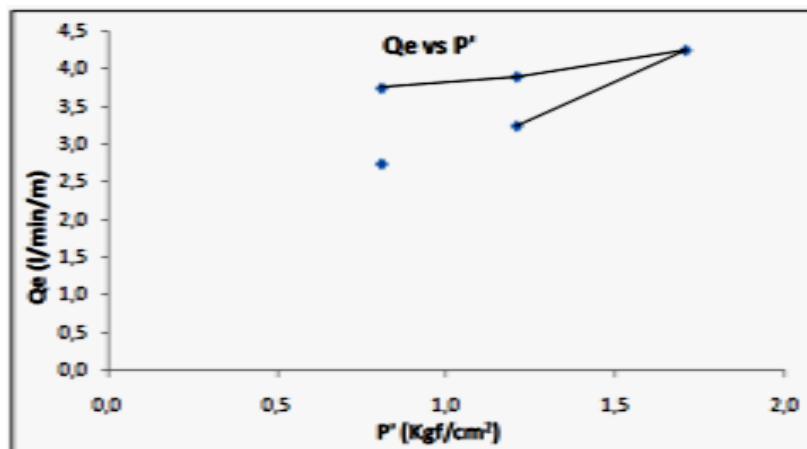


Gráfico 4.43 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 1.

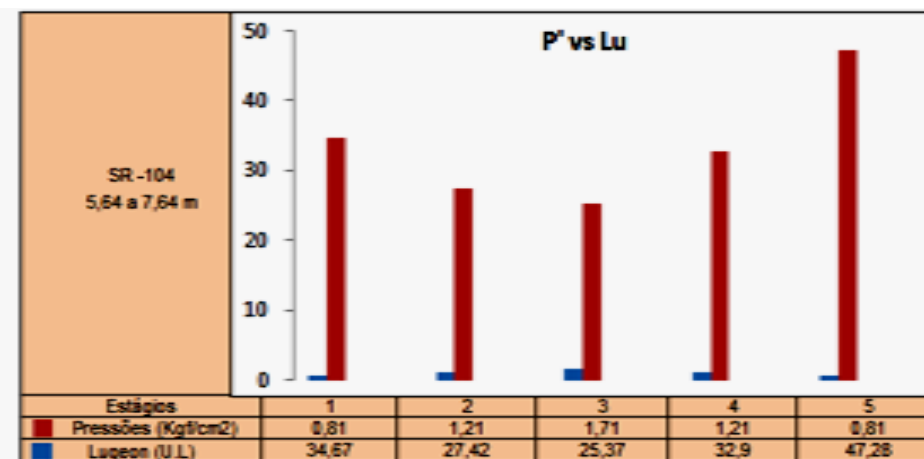


Gráfico 4.44- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 1.

Tabela 4.14 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 1, SR 104.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 5,64 - 7,64 m	Pressão do ensaio (kgf/cm2)	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fraturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	0,81	55,00	2,75	34,63	1,31	1,41	1,19	Laminar	Fraturamento fino	Lavagem das fraturas
A1	1,21	65,00	3,25	27,40						
A2	1,71	85,00	4,25	25,35						
A1'	1,21	78,00	3,90	32,88						
A2'	0,81	75,00	3,75	47,22						

4.1.19 Gráficos e Tabelas - 19

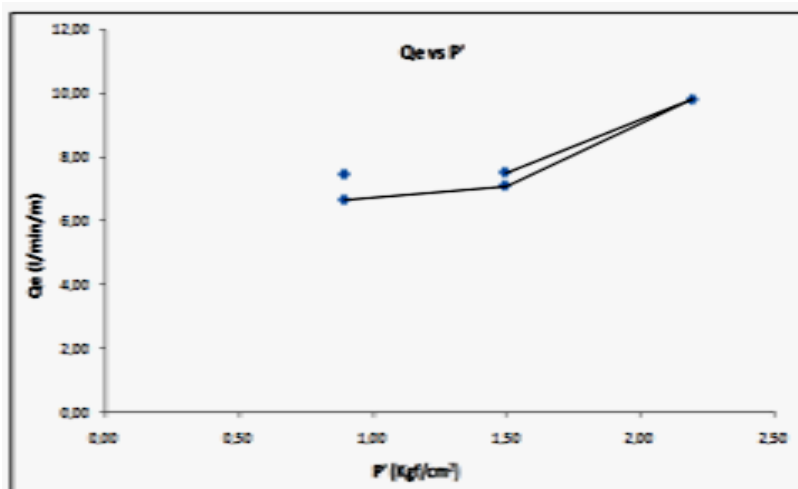


Gráfico 4.45 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 2.

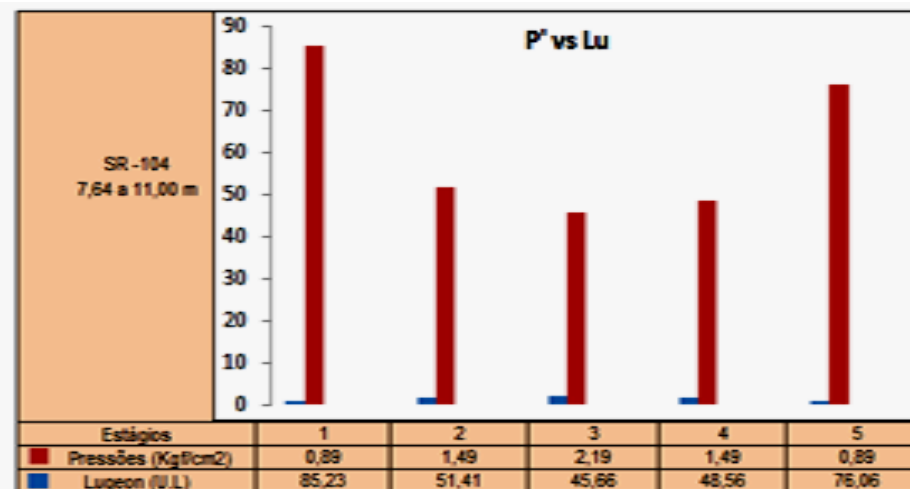


Gráfico 4.46- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 2.

Tabela 4.15 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatação - ensaio número 2, SR 104.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 7,64 - 11,00 m	Pressão do ensaio (kgf/cm2)	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fraturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	0,89	251,00	7,47	85,61	1,30	1,47	1,21	Laminar	Fraturamento fino	Lavagem das fraturas
A1	1,49	253,00	7,53	51,55						
A2	2,19	330,00	9,82	45,74						
A1'	1,49	239,00	7,11	48,69						
A2'	0,89	224,00	6,67	76,40						

4.1.20 Gráficos e Tabelas - 20

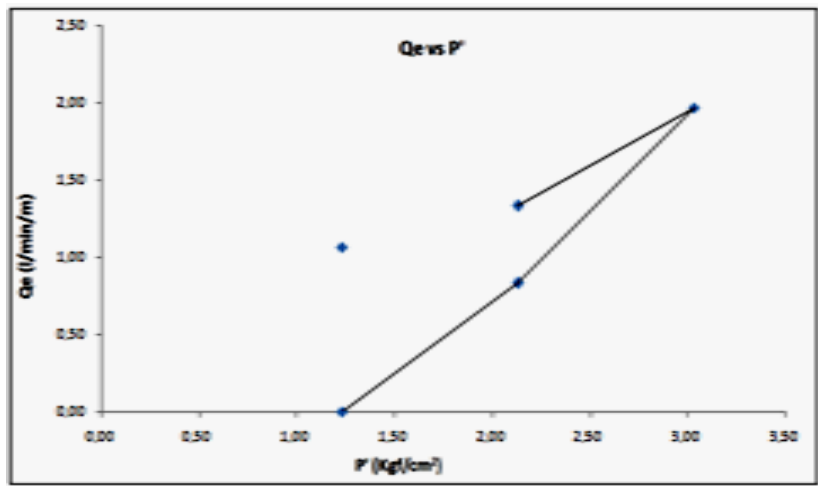


Gráfico 4.47 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 3.

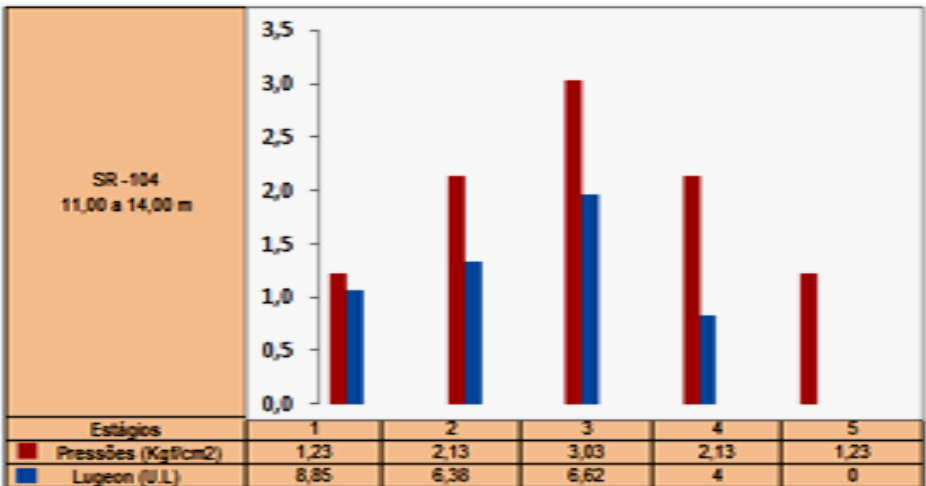


Gráfico 4.48- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 3.

Tabela 4.16 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 3, SR 104.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 11,00 - 14,00 m	Pressão do ensaio (kgf/cm²)	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1)^1/2	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fraturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	1,23	32,00	1,07	8,85	1,48	1,42	1,19	Laminar	Fraturamento fino	Colmatção
A1	2,13	40,00	1,33	6,38						
A2	3,03	59,00	1,97	6,62						
A1'	2,13	25,00	0,83	3,99						
A2'	1,23	0,00	0,00	0,00						

4.1.21 Gráficos e Tabelas - 21

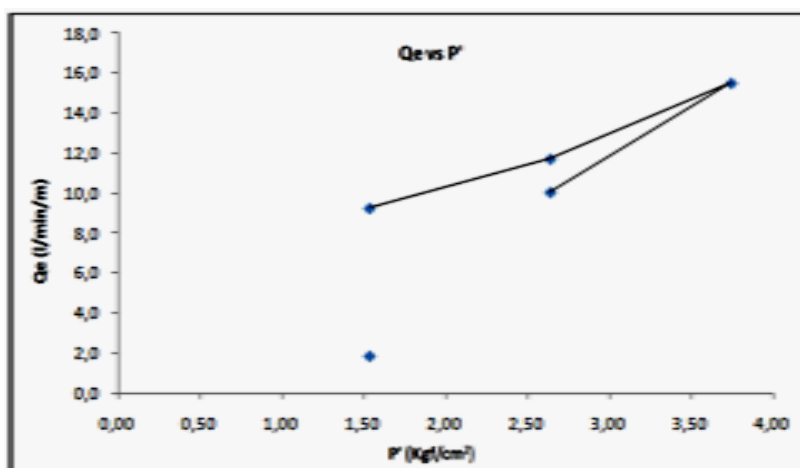


Gráfico 4.49 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 4.

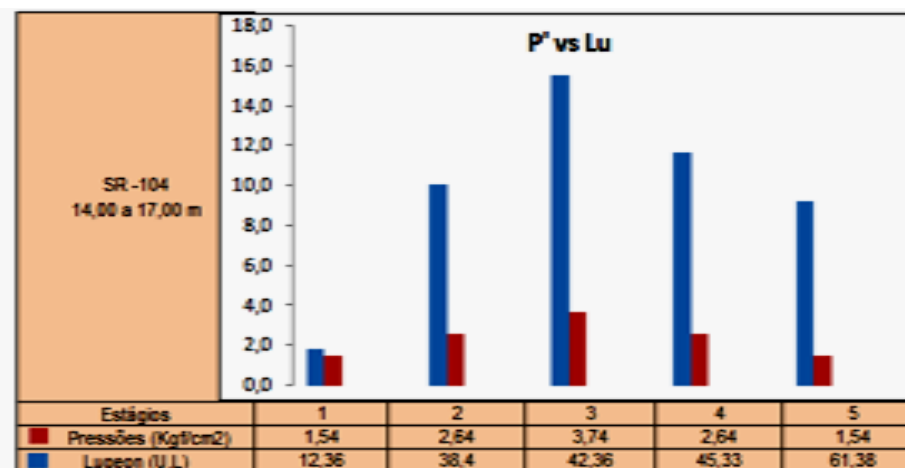


Gráfico 4.50- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 4.

Tabela 4.17 - Tipo de escoamento, fraturamento e colmatção - ensaio número 4, SR 104.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Troço ensaiado 14,00 - 17,00 m	Pressão do ensaio (kgf/cm²)	Absorções			A2/A1	P2/P1	(P2/P1) ^{1/2}	Regime de Escoamento	Fraturamento	Comportamento do Recheio das Fraturas
		A= l/10 min	U.Lugeon	Lugeon						
A0	1,54	56,00	1,87	12,36	1,54	1,42	1,19	Turbulento	Fraturamento grosso	Lavagem
A1	2,64	302,00	10,07	38,89						
A2	3,74	466,00	15,53	42,36						
A1'	2,64	352,00	11,73	45,33						
A2'	1,54	278,00	9,27	61,38						

4.1.22 Gráficos e Tabelas - 22

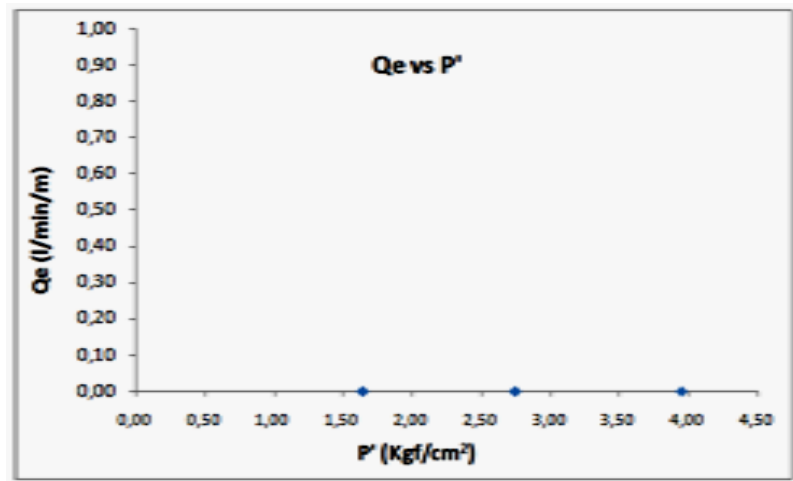


Gráfico 4.51- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 5.

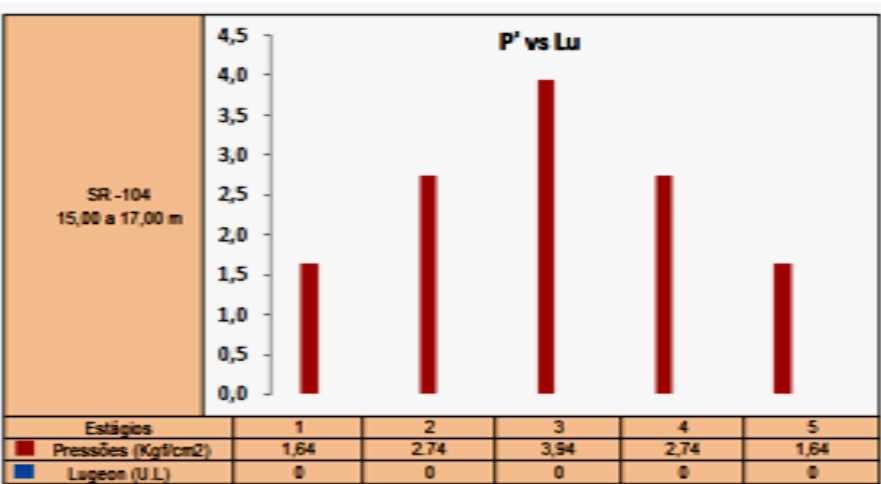


Gráfico 4.52- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 5.

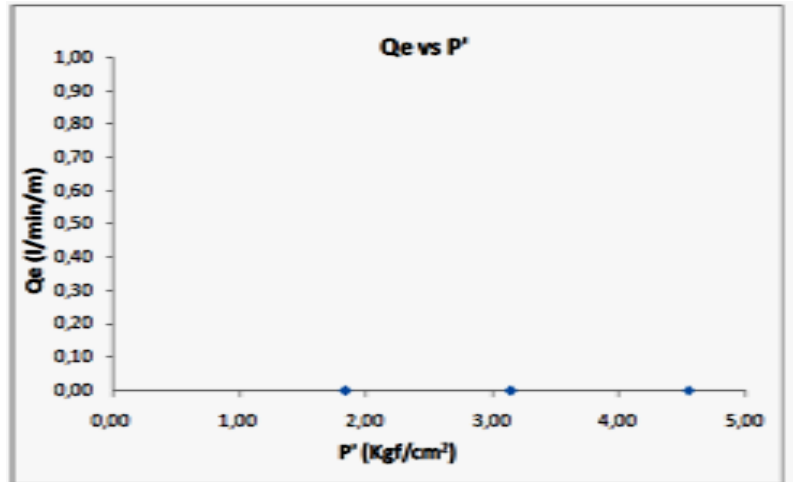


Gráfico 4.53- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 6.

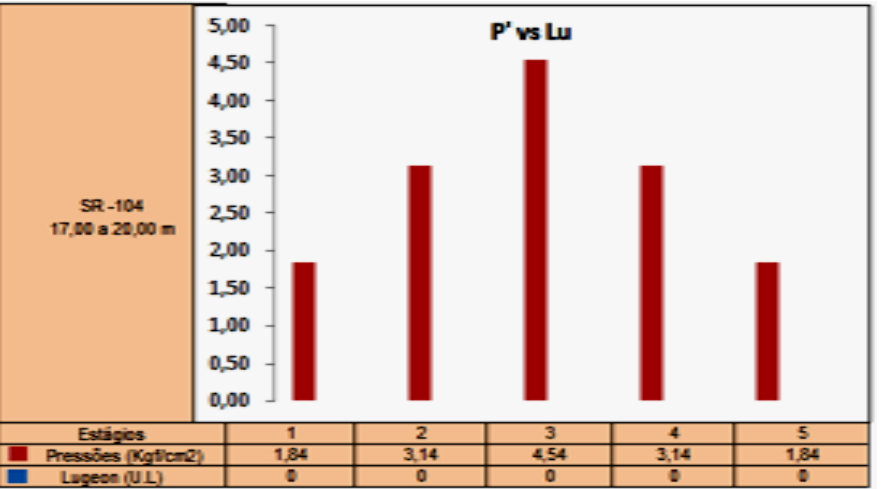


Gráfico 4.54- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 6.

4.1.23 Gráficos e Tabelas - 23

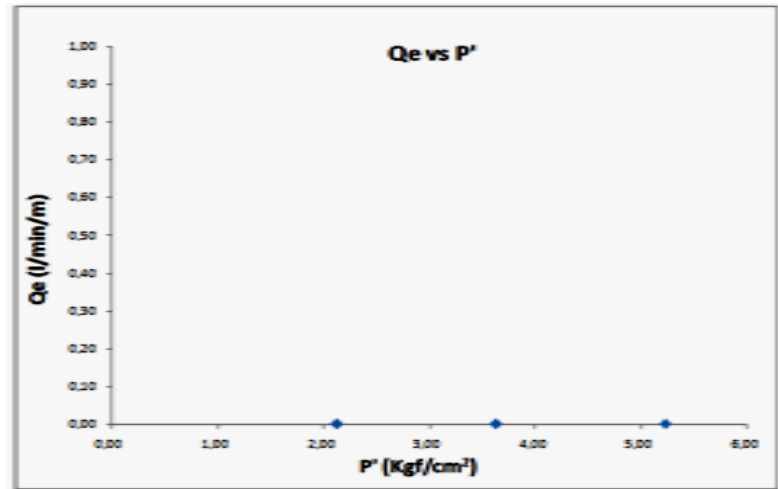


Gráfico 4.55- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 7.

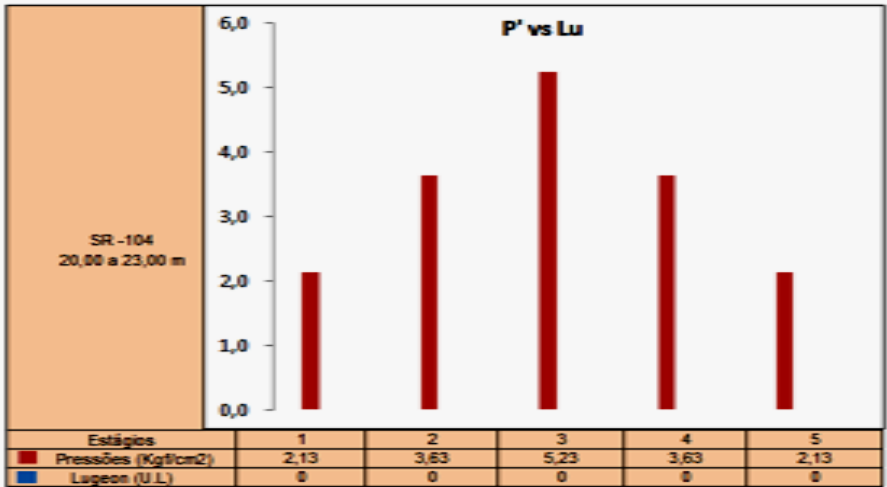


Gráfico 4.56- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 7.

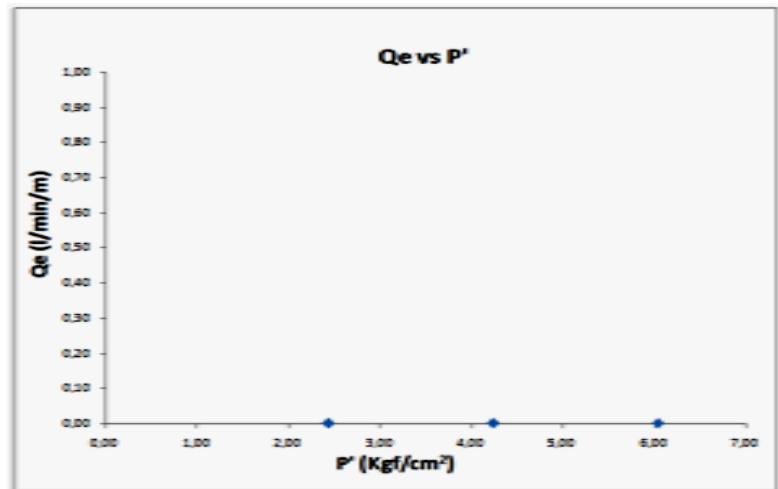


Gráfico 4.57 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 8.

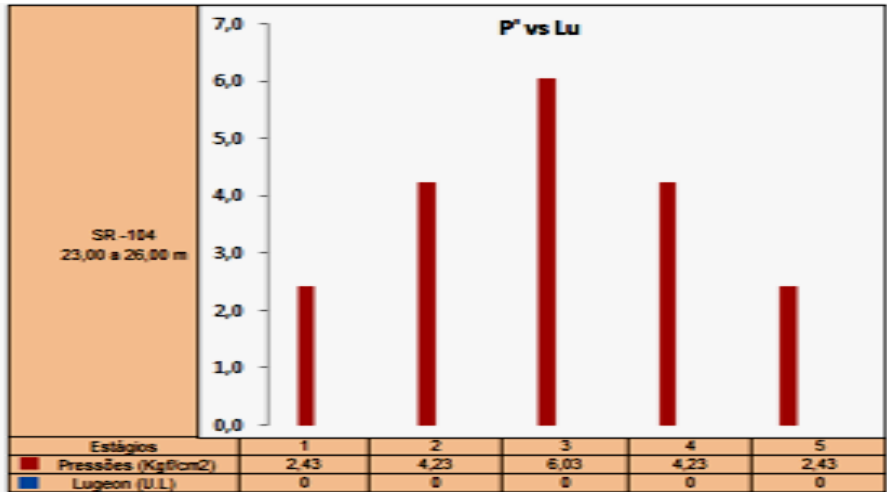


Gráfico 4.58- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 8.

4.1.24 Gráficos e Tabelas - 24

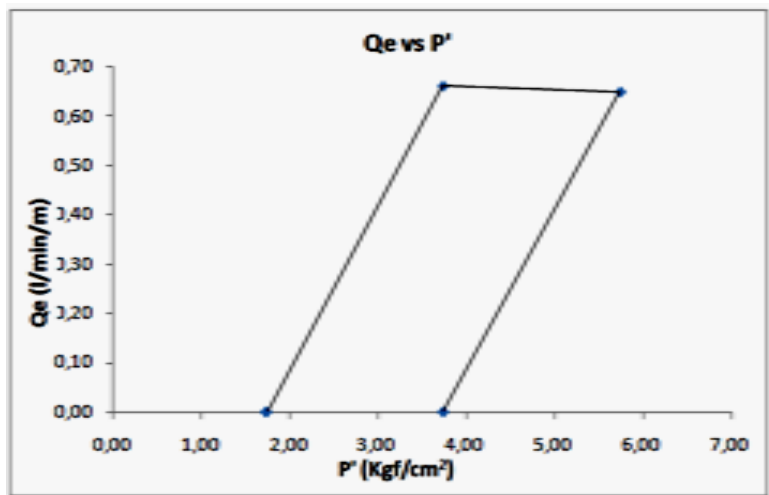


Gráfico 4.59 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 9.

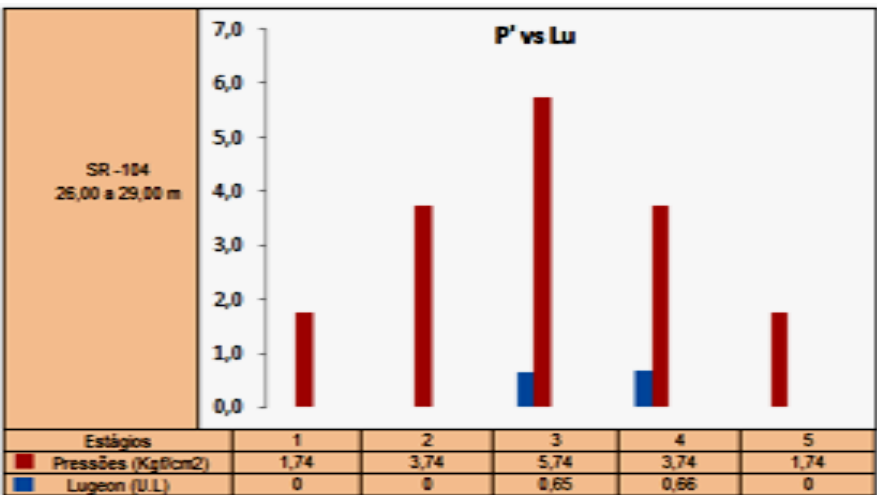


Gráfico 4.60- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 9.

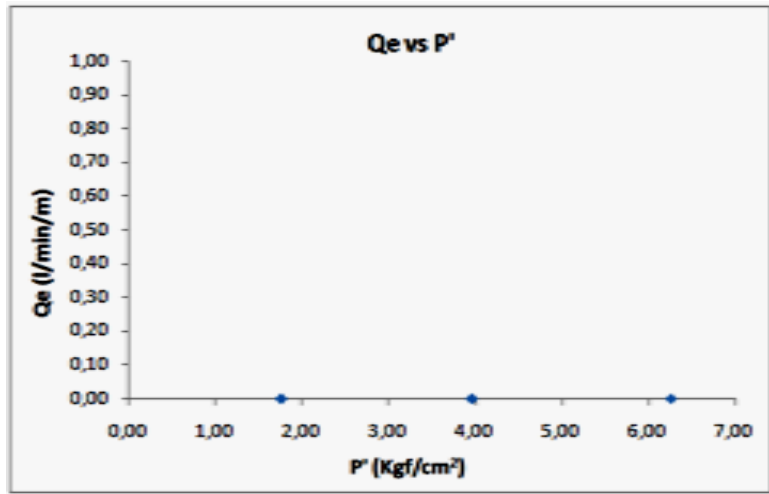


Gráfico 4.61- Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 10.

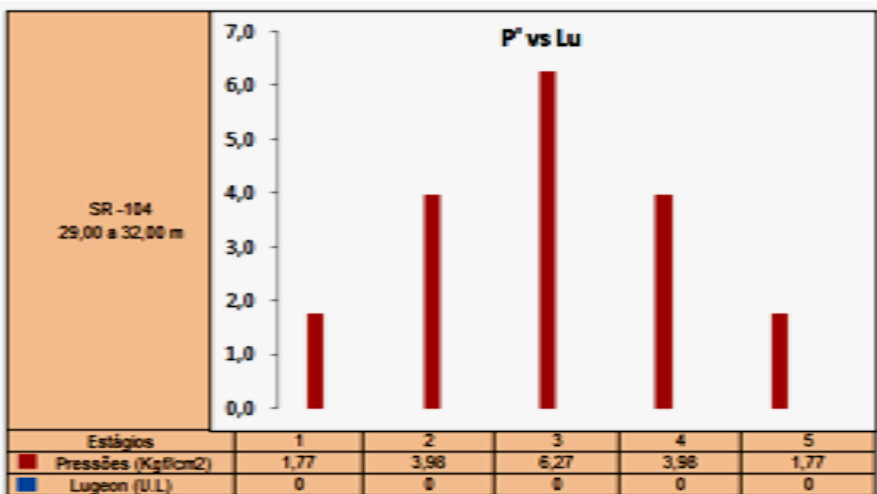


Gráfico 4.62- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 10.

4.1.25 Gráficos e Tabelas - 25

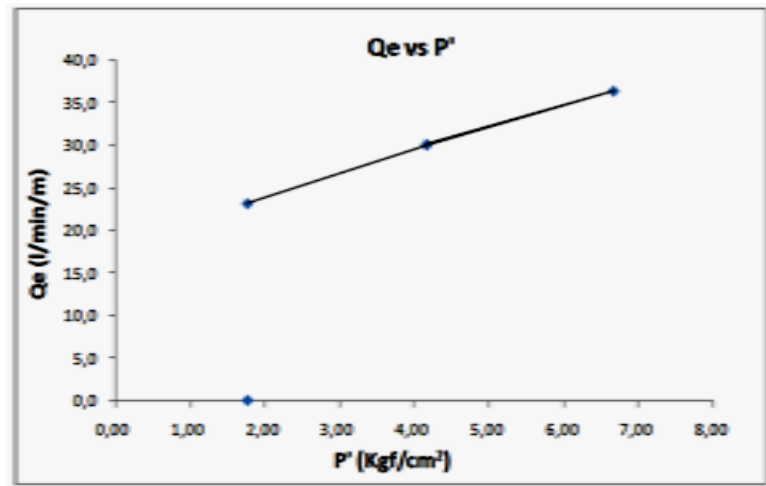


Gráfico 4.63 - Vazão Equivalente x Pressão Efetiva - ensaio número 11.

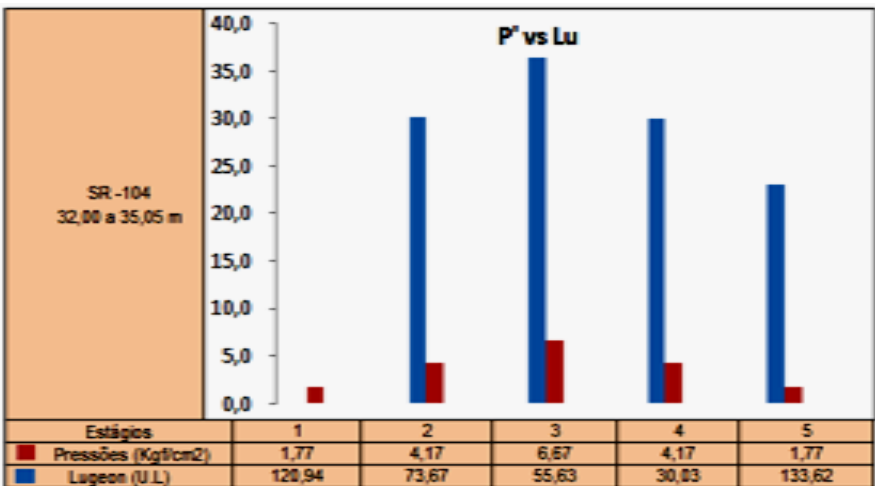


Gráfico 4.64- Pressão Efetiva x Lugeon- ensaio número 11.

4.2

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa de localização das sondagens, Figura 4, visa mostrar as diferentes áreas das localizações das sondagens executadas e programadas, no aproveitamento hidrelétrico de Laúca. O perfil do aproveitamento hidrelétrico de Laúca pode ser dividido entre: o leito gnáissico do rio Kwanza que compõe a zona do eixo central da barragem e as ombreiras em metassedimentos. Conforme as sondagens rotativas executadas (SR-101, SR-104, SR-108, SR-109, 110 e SR-203) mostradas na Figura 4.

Na zona da ombreira onde se localizam as sondagens (SR-101, SR-104, SR-108,), o perfil geológico é constituído na sua maioria por arenito poroso, arenito silicificado e siltito, ou seja, rochas metassedimentares, o ensaio de perda d'água sob pressão nesta área (área 1), mostrou que nesta área o maciço rochoso não é estanque, e as interpretações dos resultados confirmaram que nesta zona da ombreira, devido a constituição litológica do perfil geológico o grau de permeabilidade foi mais elevado, comparando com a constituição litológica do eixo da barragem, onde se localizam as sondagens (SR-109, SR-110 e SR-203), que é na sua maioria de gnaiss (área 2), onde as interpretações dos resultados mostraram um baixo grau de permeabilidade devido a estrutura da matriz rochosa que é gnáissica, existem determinadas profundidades ou trechos de ensaios, onde não houve qualquer permeabilidade, e se pode considerar que essa área (área 2), o maciço rochoso é parcialmente estanque. Do ponto de vista do ensaio de perda d'água sob pressão, o maciço é considerado totalmente estanque quando os valores do ensaio de perda d'água sobre pressão forem inferiores a uma unidade de Lugeon. Nos debates do ponto de vista técnico, discutisse que não tem como construir uma barragem que tenha a sua fundação totalmente estanque, devido os grandes custos onerosos que se devem assumir para tal efeito. Neste ponto de vista alguns autores definiram alguns critérios para adoção de valores aceitáveis (limites mínimos ou margens de valores que devem ser admitidos para que se considere uma fundação estanque), mas garantido a segurança das construções das barragens. Os autores, alguns mais conservadores que outros, admitem alguns

valores de margens de perda d'água específica. Tal como Redlich, Kampe & Terzaghi (1929), consideram rochas como suficientemente impermeáveis se a perda d'água específica não exceder: $P.E = \frac{0,5 \text{ l}}{\min.m(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2})}$, Lugeon (1933) considera que a perda d'água específica admissível para barragens altas (altura > 30 m) não deve exceder: $P.E = \frac{0,1 \text{ l}}{\min.m(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2})}$. Observa-se claramente que Maurice Lugeon é muito mais conservador nos seus resultados admissíveis de perda d'água específica, comparando aos resultados de Redlich, Kampe & Terzaghi.

A quantidade de água injetada em litro/minuto, por metro de furo sob a pressão de 10 atm (10 kgf/cm²) é conhecida por unidade Lugeon e equivale à perda d'água específica $PE=1,0\text{l}/(\text{min.m.10 atm})$. Houlsby (1976) considera que 1 Lugeon indica uma estanqueidade do maciço, onde o tratamento por injeção é desnecessário, 10 Lugeon caracteriza maciços fortemente interconectados, indica uma estanqueidade do maciço, onde é necessário alguma intervenção para o tratamento por injeção. para a maioria dos trabalhos de redução de infiltração e 100 Lugeon indica uma estanqueidade do maciço, onde reuniram-se locais fortemente articulados com juntas relativamente abertas ou fundações pouco fissuradas onde as articulações são muito abertas, e exige um programa específico de tratamento por injeção, etc.

Na área do eixo da barragem (área 2), onde a perda de água é menor devido à qualidade do maciço, sugerem-se duas linhas de injeções (furos primários e secundários), desde que esteja combinando com uma drenagem adequada, na área das ombreiras (área 1), que esta constituída por rochas metassedimentares e apresentou um alto grau de permeabilidade – sugerem-se 3 linhas de injeções (furos primários, secundários e terciários) ou mais, devido ao seu alto grau de perda d'água.

Observou-se durante as interpretações dos resultados que o fluxo laminar é predominante na maioria dos trechos ensaiados. Quanto ao meio técnico às injeções de tratamento em fundação de barragem é um tema de muita polêmica ou mesmo controverso. Alguns autores discordam da necessidade de tratamento só por injeções, mas defendem uma ação combinada de injeções e drenagem simultâneas para melhorar a eficácia da cortina de injeção.

Durante a interpretação e estudos dos resultados, observaram-se os seguintes comportamentos e valores representativos da permeabilidade:

- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 110, do trecho de 7,65 - 10,65 m até ao trecho 19,70 - 22,28 m), não houve qualquer infiltração durante o ensaio de perda d'água sob pressão, o maciço é completamente estanque nesta zona. Posteriormente no trecho 23,28 a 25,00 m, observou-se um maciço com um escoamento turbulento e com um valor que representa a permeabilidade de 400 U.L, nos trechos subsequentes 25,00 - 28,00 m até ao trecho 28,30 - 31,31 m, não se observou qualquer infiltração, maciço totalmente estanque.
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 104, do trecho de 5,64 - 7,64 m, com o valor representativo da permeabilidade de 33,54 U.L até o trecho 11,00 - 14,00 m, com valor representativo da permeabilidade de 61,4 U.L), observou-se fluxo com o comportamento laminar. No trecho 14,00 a 17, observou um maciço com o regime de escoamento turbulento e com valor representativo da permeabilidade de 42,36 U.L. Já nos trechos subsequentes (de 15,00 - 17,00 m até ao trecho 29,00 - 32,00m), observou-se um maciço completamente estanque. No trecho 32,00 a 35,00 m, o maciço é completamente permeável, com fluxo turbulento e com valor representativo da permeabilidade de 82,78 U.L.
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 101, trecho de 73.00 a 76.00 m), observou-se um regime de escoamento laminar e o valor que representa a permeabilidade é 32,02 U.L (valor obtido através da média dos resultados dos ensaios).
- Nos ensaios feitos de sondagem rotativa (SR 101, trecho de 75.00 a 76.00 m), observou-se um regime de escoamento laminar e o valor que representa a permeabilidade é de 96,70 U.L (valor obtido através da média dos resultados dos ensaios).

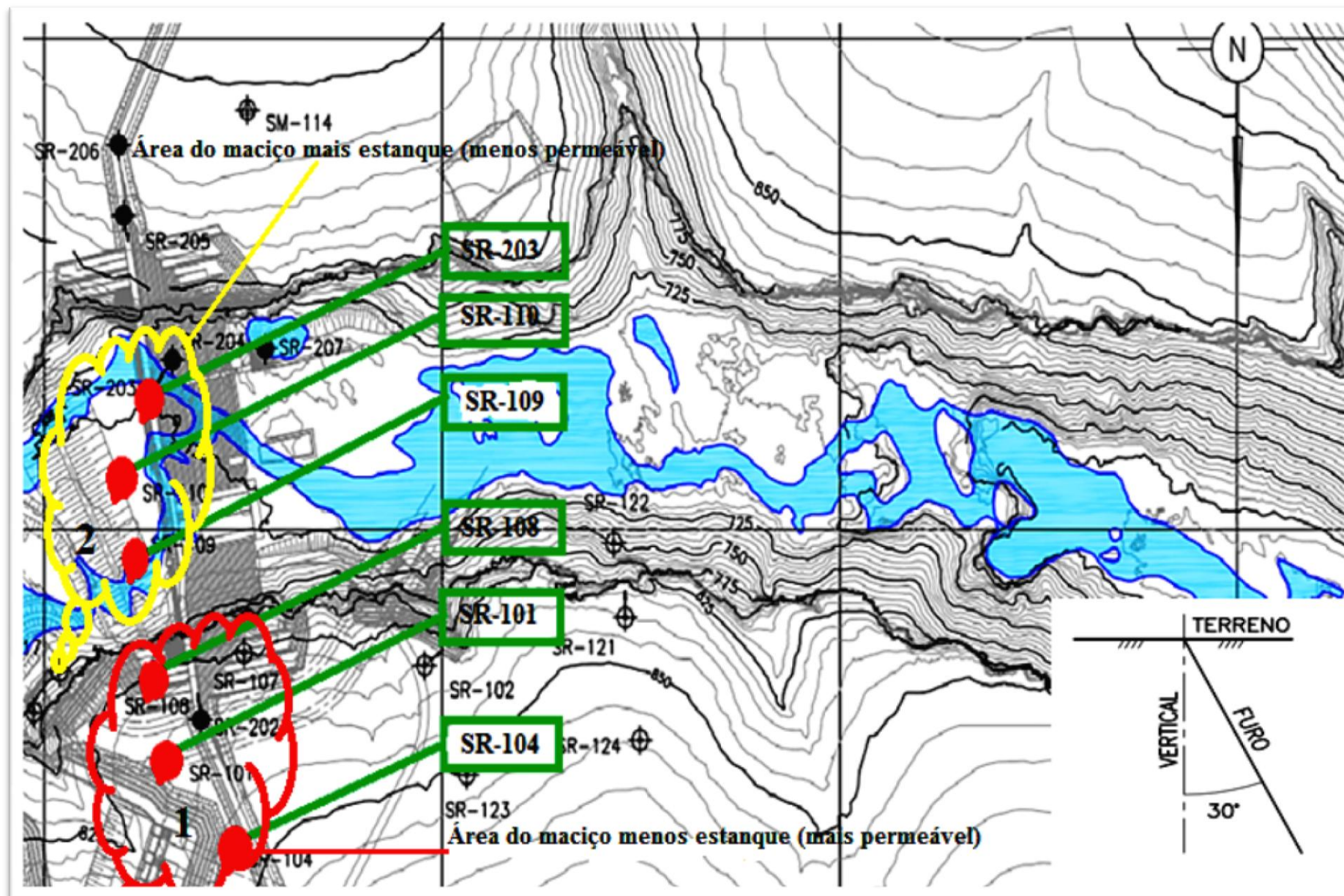


Figura 4 - Localização das sondagens.

- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 101, trecho de 76.00 a 79.00 m), observou-se regime de escoamento turbulento e o valor que representa a permeabilidade é de 47,67 U.L (valor que representa a máxima pressão de ensaio).
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 101, trecho de 78.00 a 79.00 m), observou-se regime de escoamento turbulento e o valor que representa a permeabilidade é de 148,80U.L (valor que representa a máxima pressão de ensaio).
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 108, trecho de 14.40 a 17.20 m), observou-se regime de escoamento laminar ou de Darcy, cujo valor que representa a permeabilidade é de 4,50U.L (valor que representa a máxima pressão de ensaio).
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 108, trecho de 20.20 a 23.20 m), observou-se regime de escoamento que tende à dilatação e o valor que representa a permeabilidade é de 3,38 U.L (valor obtido através da média dos pares de valores mais baixos dos ensaios).
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 108, trecho de 23.20 a 26.20 m), observou-se um regime de escoamento que tende a uma lavagem das fraturas e o valor que representa a permeabilidade é 3,38 U.L (valor mais alto do ensaio, que corresponde ao 5 estágio).
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 203, trecho de 3.00 a 8.00 m), observou-se regime de escoamento laminar e o valor que representa a permeabilidade é de 5,20 U.L (valor obtido através da média dos resultados dos ensaios).
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 203, trecho de 8.00 a 13.00 m), observou um maciço estanque.
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 203, trecho de 13.00 a 18.00 m), observou-se fraturamento hidráulico.
- Nos ensaios feitos, sondagem rotativa (SR 203, trecho de 18.00 a 233.00 m), observou maciço estanque.

Discute-se muito, entre os especialistas, quais devem ser as pressões de injeções durante os ensaios. Observou-se que não existem pressões de referência durante os ensaios, mas, sim que a qualidade e o tipo do maciço vão determinar a pressão que suportará durante os ensaios para que não haja ruptura hidráulica. Observou-se, durante as interpretações dos resultados, que as pressões dos ensaios foram relativamente baixas em alguns trechos dos ensaios, talvez isso se deva à qualidade do maciço, mesmo com pressões baixas. Observaram-se valores representativos da permeabilidade altos, principalmente na zona da ombreia (área 1), esta zona é constituída na sua maioria com rochas metassedimentares. Já no eixo da barragem (área 2), que a sua constituição é por uma rocha gnáissica de melhor qualidade em relação as rochas metassedimentares, apesar dessa característica, alguns trechos ensaiados com baixas pressões foram muito permeáveis. Devido a todos estes fatores descritos acima, é inevitável um programa específico de tratamento ou alguma intervenção nas fundações do aproveitamento hidroelétrico de Laúca.