

MÉTODOS DE PERFURAÇÃO E VAZÃO DOS POÇOS TUBULARES PROFUNDOS NA ÁREA URBANA DE CUIABÁ – MT

Marco Aurélio de Carvalho¹ & Kurt João Albrecht²

Resumo - Este trabalho apresenta um panorama dos métodos de perfuração e das tendências de vazões por unidades geológicas mapeadas na área urbana de Cuiabá/MT, na escala 1:25.000, considerando as informações de um banco de dados de 451 Poços Tubulares Profundos, perfurados entre 1964 e 2000, embora se estima que atualmente existam em torno de 900 poços tubulares na área urbana de Cuiabá. Os métodos de perfuração consistem em percussão, rotativa e roto-pneumáticos, destacando-se os primeiros com maior frequência de uso. As vazões, obtidas por compressor ou por bombas submersas, também foram quantificadas e representadas por intervalos de vazões por unidades geológicas.

Abstract - This study was done taking in consideration the existence of the wells in the urban area of Cuiaba-MT, constituted by metapelitic rocks associated with metarenites, intensivity fractured and folded, by an evaluation of a data bank where there are 451 deep tube registered wells, plotted and geo-referred in maps at a scale of 1:25.000. Through a statistic analysis, they determined kinds, lengths and ages of the covering and the sanitary protection of the tube wells, as well as the thickness of the alteration covering of the rocks and its relation to the depth of the coverings, in the whole cases, for geological unity. The co-relation among the characteristics of the covering, the sanitary protection and the alteration covering allowed the elaboration of a diagram of the constructive patterns of the wells with the environmental risk to the urban area of Cuiabá.

Palavras-Chave - vazão de poços; poços tubulares profundos; métodos de perfuração.

¹ UFMT - Dpto Engenharia Sanitária e ambiental. Av. Fernando Correa s/n. Cuiabá-MT. 78060-900. (65) 8111 5788. marcoaurc@hotmail.com.br

² Rua Santiago, 159 Bairro Jardim das Américas. CEP 78060-240 (65) 615 8751. kurt@cpd.ufmt.br

MÉTODOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS USADOS EM CUIABÁ

Na Tabela 01 e Figuras 1 e 2, estão apresentados os métodos de perfuração de poços por unidade geológica, utilizados em Cuiabá, mostrando a quantidade de poços/percentuais por cada método de perfuração por unidade geológica, Carvalho, 2002.

Tabela 1 – Métodos de perfuração de poços por unidade geológica.

MÉTODOS	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%
PERCUSSÃO	117	78,52	70	76,09	57	55,88	53	49,07	297	65,85
ROTATIVA	06	4,03	08	8,70	20	19,61	25	23,15	59	13,08
ROTO-PNEUM	24	16,11	13	14,13	22	21,57	28	25,93	87	19,29
Sem Dados	02	1,34	01	1,09	03	2,94	02	1,85	08	1,77
TOTAL	149	100	92	100	102	100	108	100	451	100

A Tabela 1 e Figura 1 mostram que em todas as unidades o método mais utilizado é a Percussão à Cabo ficando na unidade I com 117 poços (78,52%) e 24 (16,11%) do Sistema Roto-pneumático e, apenas 06 (4,03%) do Sistema Rotativo. Na unidade II tem-se 70 poços (76,09%) e 13 (14,13%) do Roto-pneumático e, apenas 08 (8,70%) do Rotativo.

Na unidade IV tem-se 57 poços (55,88%) e 22 (21,57%) do Sistema roto-pneumático e, apenas 20 (19,61%) do Rotativo. Na unidade V tem-se 53 poços (49,07%) e 28 (25,93%) do Sistema roto-pneumático e, apenas 25 (23,15%) do Rotativo.

Os outros valores que complementam o total de poços por unidade geológica estão sem dados.

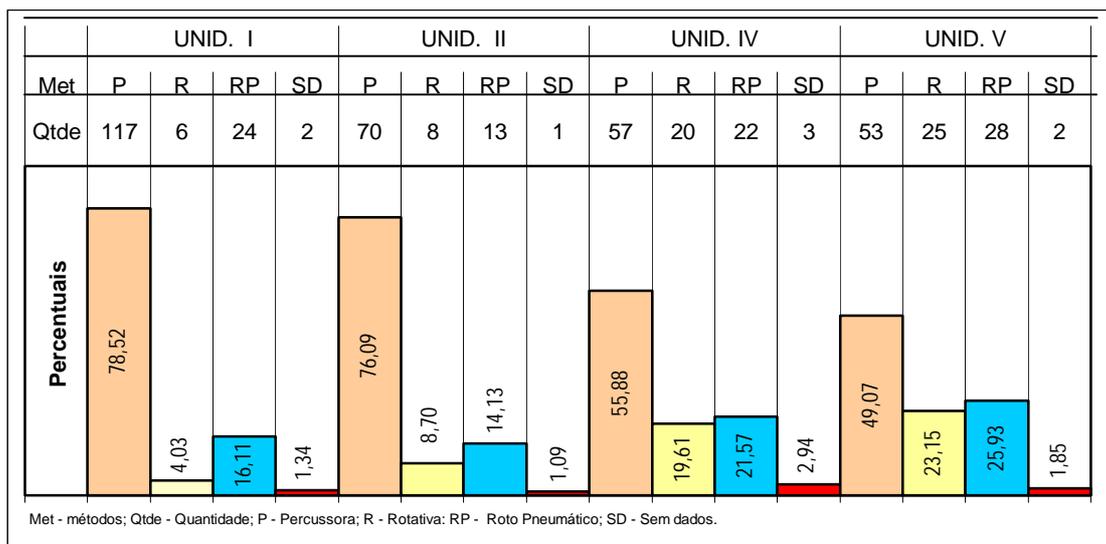


Figura 1 – Métodos de perfuração de poços por unidade geológica.

Conforme Tabela 1 e Figura 2 a tecnologia de perfuração de poços mais praticada em Cuiabá é o Sistema à Percussão, com um total de 297 poços representando um percentual de 65,85 %. Embora seja uma técnica de avanço de furo mais lenta que outras, para a geologia da área urbana, constituída de rochas metassedimentares, torna-se perfeitamente adequada ao tipo de equipamento utilizado.

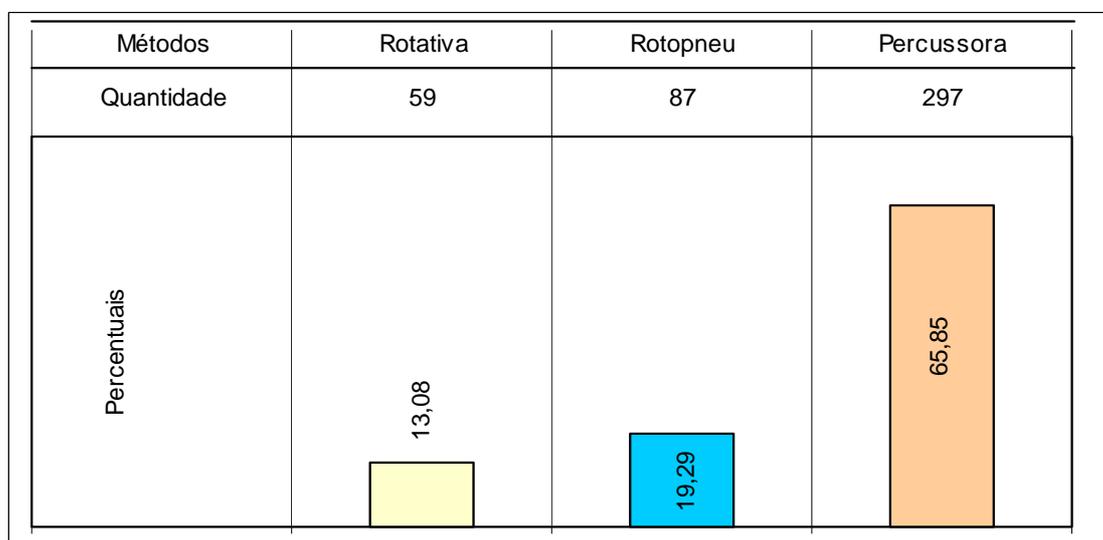


Figura 2 – Métodos de perfuração de poços nas unidades geológicas.

Esse método de perfuração – Percussão - é aquele que melhor se adapta as condições geológicas locais e, via de regra é um dos métodos mais difundido e utilizado, seja pela sua versatilidade, pois consegue trabalhar em rochas e sedimentos inconsolidados com algumas limitações, ou seja, pelas vantagens apresentadas: manutenção, deslocamento, simplicidade operacional, menor custo operacional e de investimento.

Como a geologia local, atinge aquíferos de rocha metapelíticas, reveste-se apenas a parte superior alterada, sobreposta à rocha, sendo as profundidades dos poços perfurados em sua quase totalidade inferior a 200m, conforme Figura 2, plenamente atendida pela capacidade de furo das perfuratrizes percussoras, embora no mercado de fabricação nacional há equipamentos à percussão, com capacidade de furo final de 6” até 500m (PROMINAS, 2000) mas, com o risco da perda da sensibilidade pelo operador da máquina, no comportamento do ferramental no furo.

Outros métodos são de maior rendimento e, portanto mais rápidos que à percussão, entretanto atingem custos operacionais e investimentos maiores.

O método rotativo, com um total de 59 unidades de poços – ud (13,08 %) perfurados, é adequado para perfurações em sedimentos inconsolidados, grandes profundidades e diâmetros.

O método roto-pneumático, com um total de 87 ud (19,29%) perfurados, atualmente é a tecnologia mais avançada, pois, associa técnicas de perfuração em sedimento inconsolidado, em rochas cristalinas duras e muito duras, proporcionando rapidez no avanço de perfuração (PROMINAS, 2000; CETESB/USP, 1974; CPRM, 1997).

Do total de poços, 08 ud (1,77%) estão sem dados do método de perfuração utilizado.

VAZÃO DE POÇO

A vazão ótima de um poço é obtida através de teste de vazão que objetiva determinar, por meio de bombeamento, o volume de água que pode ser extraído na unidade de tempo, visando o aproveitamento técnico e econômico de poços, definida pela curva característica (vazão x rebaixamento).

O teste de vazão objetiva determinar, através de bombeamento, o volume de água que pode ser extraído na unidade de tempo, visando o aproveitamento técnico e econômico de poços, definida pela curva característica (vazão x rebaixamento).

A seguir apresentam-se os resultados obtidos por tipo de equipamento de bombeamento conforme Tabela 2, 3, 4, 5 e 6, e Figura 3.

Tabela 2 – Vazão de poço produzido por bomba.

VAZÃO (m ³ /h)	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
1 – 3	06	4,03	00	00	25	24,5 1	42	38,89	73	16,19
3 – 7	14	9,40	12	13,0 4	19	18,6 3	26	24,07	71	15,74
7 – 15	35	23,4 9	22	23,9 1	13	12,7 5	09	8,33	79	17,52
15 – 20	08	5,37	13	14,1 3	01	0,98	02	1,85	24	5,32
20 – 25	04	2,68	03	3,26	02	1,96	00	00	09	2,00
25 – 30	04	2,68	00	00	00	00	00	00	04	0,89
30 – 40	03	2,01	03	3,26	00	00	01	,093	07	1,55
40 – 57	01	0,67	05	5,43	01	0,98	00	00	07	1,55
S.D.	00	00	01	1,09	01	0,98	01	0,93	03	0,67
SECO	01	0,67	00	00	02	1,96	00	00	03	0,67
SUB TOTAL	76	16,8 5	59	13,0 8	64	14,2 0	81	17,97	280	62,10

Os poços testados com bomba totalizam 280 ud representando (62,1%) do total de poços. Desses 03 ud (0,67%) estão sem dados (SD) e 03 ud (0,67%) estão secos.

As faixas de vazão com maior frequência de poços são as que vão de 1 m³ / h até 15 m³ / h representados por 223 ud (49,45%), decaindo nas faixas de vazão subseqüentes.

Tabela 3 – Vazão de poços produzidos por compressor.

VAZÃO (m ³ /h)	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
1 – 3	01	0,67	00	00	08	7,84	03	2,78	12	2,66
3 – 7	13	8,72	03	3,26	09	8,82	08	7,41	33	7,32
7 – 15	25	16,78	11	11,96	05	4,90	05	4,63	46	10,20
15 – 20	08	5,37	04	4,35	01	0,98	01	0,63	14	3,10
20 – 25	04	2,68	03	3,26	01	0,98	00	00	08	1,77
25 – 30	00	00	01	1,09	00	00	00	00	01	0,22
30 – 40	00	00	02	2,17	01	0,98	00	00	03	0,67
40 – 57	00	00	01	1,09	00	00	00	00	01	0,22
SECO	00	00	00	00	02	1,96	00	00	02	0,44
SUB TOTAL	51	11,31	25	5,54	27	5,98	17	3,77	120	26,60

Os poços testados com compressor totalizam 120 ud, com um percentual de (26,6%) do total de poços. Desses 02 ud (0,44%) estão secos e, cujos revestimentos foram sacados após o teste.

As faixas de vazão com maior frequência de poços são as que vão de 1 m³ / h até 20 m³ / h representados por 105 ud (23,28%),decaindo nas faixas de vazão subseqüentes.

Tabela 4 – Vazão de poços sem informação do equipamento.

VAZÃO (m ³ /h)	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
1 – 3	00	00	00	00	01	0,98	00	00	01	0,22
3 – 7	02	1,34	00	00	03	2,94	01	0,93	06	1,33
7 – 15	07	4,70	03	3,26	00	00	00	00	10	2,22
15 – 20	03	2,01	00	00	00	00	00	00	03	0,67
20 – 25	01	0,67	00	00	00	00	00	00	01	0,22
25 – 30	01	0,67	00	00	00	00	00	00	01	0,22
30 – 40	00	00	01	1,09	00	00	00	00	01	0,22
40 – 57	00	00	01	1,09	00	00	00	00	01	0,22
S.D.	02	1,34	01	1,09	01	0,98	00	00	04	0,89
SECO	01	0,67	00	00	03	2,94	02	1,85	06	1,33
SUB TOTAL	17	3,77	06	1,33	08	1,77	03	0,66	34	7,54

Os poços cujos relatórios técnicos não informam o tipo de equipamento de bombeamento utilizado, mas informam a vazão obtida no teste, estão caracterizados como sem dados (SD). Totalizam 34 ud representando um percentual de 7,54%.

Desses 06 ud (1,33%) estão secos e caracterizados SD x SECOS e, 04 ud (0,89%) estão sem dados de vazão e caracterizados como SD x SD.

As faixas de vazão com maior frequência de poços são as que vão de 3 m³ / h até 20 m³ / h representados por 19 ud (4,22 %), decaindo nas faixas subseqüentes.

Tabela 5 – Não testados.

VAZÃO (m ³ /h)	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
SECO	05	1,11	02	0,44	03	0,66	07	1,55	17	3,77
SUB TOTAL	05	1,11	02	0,44	03	0,66	07	1,55	17	3,77

Um total de 17 poços (3,77 %) não foram testados porque já estavam secos durante os procedimentos de perfuração e, permanecendo até o final do furo, conforme Tabela 5.

Tabela 6 - Vazão de poços por tipo de equipamento.

PARAMETROS	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
SUBTOTAL DE BOMBA	76	16,85	59	13,08	64	14,20	81	17,97	280	62,10
SUBTOTAL DE COMPRESSOR	51	11,31	25	5,54	27	5,98	17	3,77	120	26,60
SUBTOTAL S.D.	17	3,77	06	1,33	08	1,77	03	0,66	34	7,53
SUBTOTAL N	05	1,11	02	0,44	03	0,66	07	1,55	17	3,77
TOTAL GERAL	149	33,04	92	20,40	102	22,61	108	23,95	451	100

Afim de melhor visualizar o conjunto de equipamentos, nº de poços por equipamentos e respectivos percentuais, elaborou-se a Tabela resumo 6 e Figura 4 de vazão de poços por unidade geológica conforme acima apresentado.

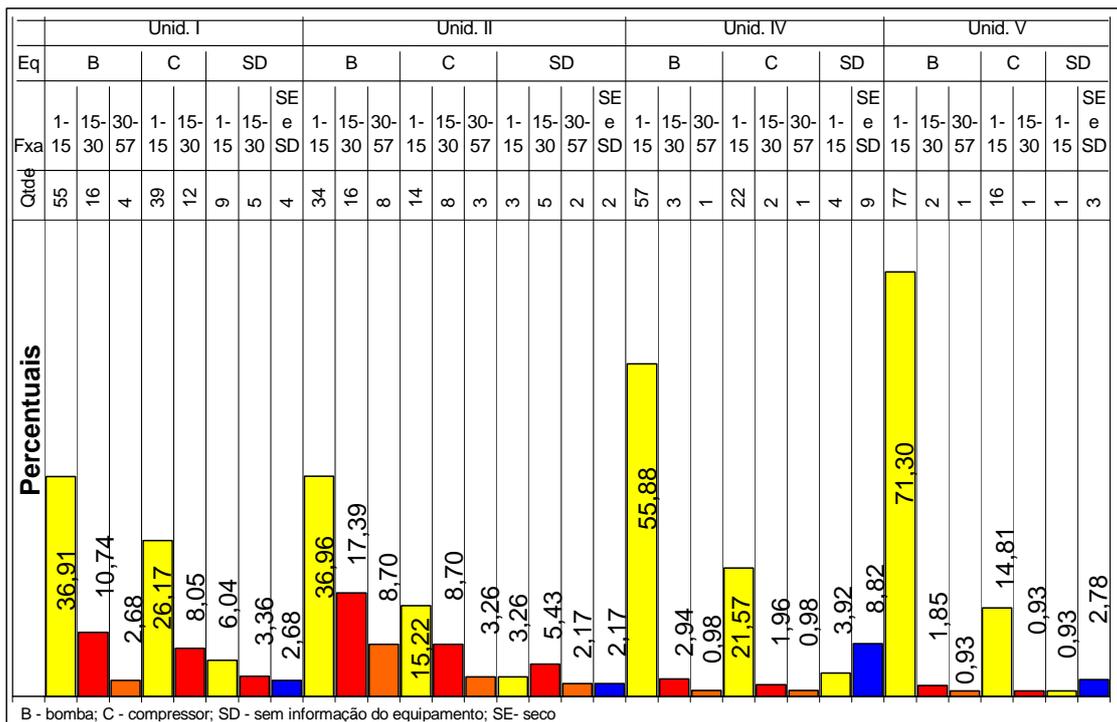


Figura 3 – Vazão do poço por unidade geológica.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 e Figura 3 observa-se na unidade I que as vazões de 1 a 15m³/h foram produzidas por 55 poços (36,92%) usando bomba submersa, 39 poços (26,17%) usando compressor e, em 09 poços (6,04%) as vazões obtidas não informam o equipamento utilizado. As vazões de 15 a 30m³/h foram produzidos 16 poços (10,73%) usando bomba, 12 poços (8,05%) usando

compressor e, em 05 poços (3,35%) as vazões obtidas não informam o equipamento utilizado. As vazões de 30 a 57m³/h foram produzidos por 04 poços (2,68%) usando bomba. Os poços secos e sem dados de vazão perfazem 04 poços (2,68%).

Na unidade II as vazões de 1 a 15m³/h foram produzidas por 34 poços (36,95%) usando bomba, 14 poços (15,22%) usando compressor e, 03 poços (3,26%) estão sem dados do equipamento. As vazões de 15 a 30m³/h foram produzidas 16 poços (17,39%) usando bomba, 08 poços (8,70%) usando compressor e, em 05 poços (3,35%) as vazões obtidas estão sem dados do equipamento. As vazões de 30 a 57m³/h foram produzidas por 08 poços (8,69%) usando bomba, 03 poços (3,26%) usando compressor e, 02 poços (2,18%) estão sem dados. Os poços secos e sem dados de vazão perfazem 02 poços (2,18%).

Na unidade IV as vazões de 1 a 15m³/h foram produzidas por 57 poços (55,89%) usando bomba, 22 poços (21,56%) usando compressor e, 04 poços (3,92%) estão sem dados do equipamento. As vazões de 15 a 30m³/h foram produzidas 03 poços (3,94%) usando bomba, 02 poços (1,96%) usando compressor. As vazões de 30 a 57m³/h foram produzidas por 01 poço (0,98%) usando bomba, 01 poços (0,98%) usando compressor. Os poços secos e sem dados de vazão perfazem 09 poços (8,82%).

Na unidade V as vazões de 1 a 15m³/h foram produzidas por 77 poços (71,29%) usando bomba, 16 poços (14,82%) usando compressor e, 01 poço (0,93%) está sem dados do equipamento. As vazões de 15 a 30m³/h foram produzidas por 02 poços (1,85%) usando bomba, 01 poço (0,93%) usando compressor. As vazões de 30 a 57m³/h foram produzidas apenas por 01 poço (0,93%) usando bomba. Os poços secos e sem dados de vazão perfazem 03 poços (2,78%).

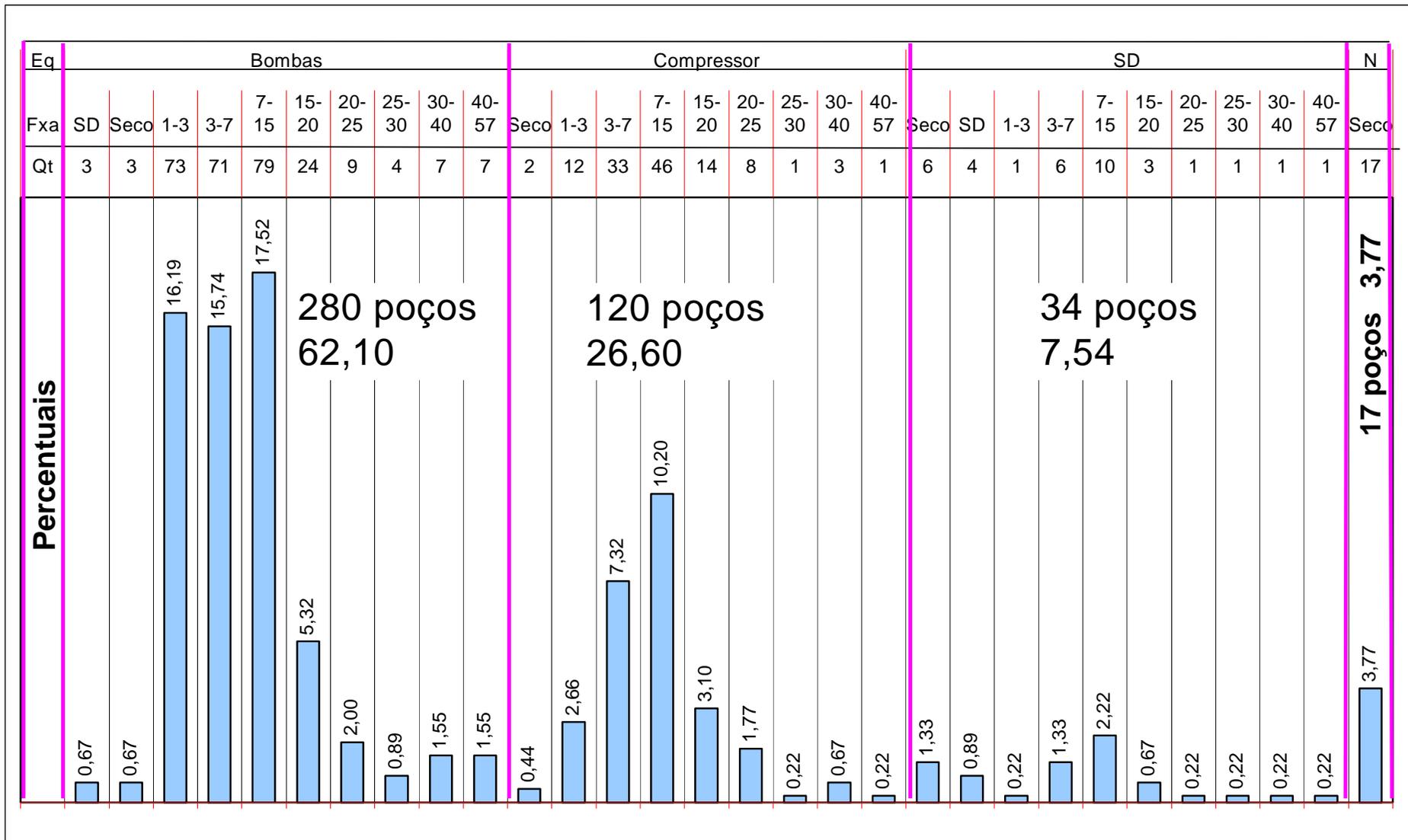


Figura 4 – Vazão de poço nas unidades geológicas.

Análise das tendências por faixas de vazão e unidades geológicas

Para melhor visualizar o teste por faixa de vazão e equipamentos, nas unidades geológicas, em termos de quantidade de poços/percentuais, dando uma visão geral do parâmetro em toda área urbana de Cuiabá, elaborou-se a Tabela 7 de tendências onde os valores mais expressivos, maior e menor quantidade de poços, em ordem decrescente, são anotados numericamente com cores diferenciadas. Valores abaixo e não expressivos são deixados em branco.

▪ Faixas de 1 a 3 m³/h e 3 a 7 m³/h

Em todos os testes, as unidades geológicas IV e V predominam sobre as unidades I e II. A maior uniformidade se obtém com os testes com Bomba, onde a unidade V em ambas as faixas predomina sobre a unidade IV.

Com relação ao teste com compressor há um descompasso na 1^a faixa, estando com maior predominância na unidade IV.

Com relação ao (SD) continua predominância da unidade IV sobre a unidade V.

Portanto o descompasso verificado nessas faixas de vazão onde ora a unidade V predomina sobre a IV como no caso do teste com Bomba; ora a unidade IV predomina sobre a unidade V como no caso do teste com Compressor e Sem Dados, em hipótese deve-se aos procedimentos da execução dos testes bem como ao equipamento utilizado (Compressor ou SD).

Segundo MIGLIORINI (1999), nas suas considerações sobre “A Relação entre as Litologias e as Águas Subterrâneas” – as unidades geológicas IV e V pertencem à formação Miguel Sutil, que aflora em toda a porção Central e Norte da cidade de Cuiabá. Dentro dos metassedimentos da Formação Miguel Sutil, a unidade geológica V é a que melhor condição apresenta para armazenamento e circulação de águas subterrâneas, o que confirma a maior tendência de poços nessa unidade nas faixas de 1 a 3 m³/h e 3 a 7 m³/h do que em relação a unidade geológica IV.

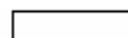
▪ Faixas de 7 a 15 m³/h até 40 a 57 m³/h

Em todos os testes as unidades geológicas I e II, predominam sobre as unidades IV e V.

No teste com Bomba as faixas de 7 a 15 m³/h até 25 a 30 m³/h predominam na unidade geológica I.

Tabela 7 - Tabela de tendências por faixas de vazão nas unidades geológicas.

EQUIPAMENTO	FAIXAS	I	II	IV	V
B O M B A	1-3			25	42
	3-7			19	26
	7-15	35	22		
	15-20	8	13		
	20-25	4	3		
	25-30	4			
	30-40	3	3		
	40-57	1	5		
	SECO	1		2	
C O M P R E S S O R	1-3			8	3
	3-7	13		9	
	7-15	25	11		
	15-20	8	4		
	20-25	4	3		
	25-30		1		
	30-40		2	1	
	40-57		1		
	SECO			2	
S E M D A D O S	1-3			1	
	3-7	2		3	
	7-15	7	3		
	15-20	3			
	20-25	1			
	25-30	1			
	30-40		1		
	40-57		1		
	SECO			3	2

-  MAIOR QUANTIDADE DE POÇOS
-  MENOR QUANTIDADE DE POÇOS
-  QUANTIDADES NÃO EXPRESSIVAS

Na faixa dos poços de maior vazão que vai de 30 a 40 m³/h e 40 a 57 m³/h predomina a unidade geológica II.

Nos testes com compressor fica bem caracterizado uma maior tendência até 25 m³/h na unidade I e de 25 m³/h até 57 m³/h na unidade II.

Nos poços (SD) com algumas variações, praticamente repete a tendência acima exposta.

Ainda Segundo MIGLIORINI (1999) as unidades geológicas I e II pertencem à formação Rio Coxipó e aflora principalmente na porção Sul da cidade de Cuiabá.

Nessa situação verifica-se que de uma maneira geral, poços com vazão na faixa de 7 m³/h até 25-30 m³/h, predominam na unidade geológica I, muito embora em algumas situações possa haver poços com vazões de até 40 m³/h.

Poços na faixa de 30 m³/h até 57 m³/h predominam na unidade geológica II, confirmando uma maior tendência dos poços de grande vazão nessa unidade, visto que a unidade geológica II é mais arenosa, isto é, mais porosa que a unidade I.

▪ **Poços Secos**

A unidade geológica com maior tendência a ter poços sem água ou improdutivos conforme Tabela 7 é a unidade geológica IV tanto nos testes realizados com Bomba, Compressor ou sem dados (SD). O fato de termos poço seco em unidade que a geologia é boa produtora de água como a unidade geológica I e de termos poço com boa vazão em unidades consideradas pouco produtivas como as unidades IV e V conforme os dados apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4 foi considerado por MIGLIORINI (1999) em seu estudo sobre o comportamento da vazão dos poços. Isto já era esperado visto que o aquífero é fissurado, predominando o caráter aleatório do fraturamento e sua conseqüente imprevisibilidade fazendo com que as vazões se apresentem de forma muito heterogênea.

Em vista disso, áreas diferentes podem apresentar poços com elevadas vazões e/ou secos uma vez que o aquífero no Grupo Cuiabá é muito anisotrópico (descontínuo) e heterogêneo (condutividade hidráulica variável de um ponto a outro) e a produtividade dos poços está muito relacionada às condições locais da permeabilidade do manto de alteração e do seu tipo e grau de fraturamento, o que explica a possibilidade de ocorrência de poços secos ou improdutivos em unidades consideradas produtoras e, poços com boa vazão em unidades consideradas pouco produtoras, embora sejam poucos os casos, conforme Tabelas acima referidos. Situação intermediária e em diferentes proporções poderão ser encontradas na área de estudo.

Vale ressaltar conforme considerações apresentadas, que a qualidade físico-química das águas propicia ambiente favorável ao decréscimo da capacidade produtiva de um poço, pelas obstruções causadas as formações aquíferas nas vizinhanças da perfuração bem como das aberturas dos filtros caso existam.

A tendência em manter a mesma taxa de bombeamento, principalmente nos períodos secos, onde há uma queda dos níveis dos poços, reduz ainda mais a carga hidrostática nas porções mais profundas da formação aquífera, causando desequilíbrio das substâncias dissolvidas, liberando CO₂ e resultando na precipitação de materiais insolúveis (UOP JOHNSON, 1978).

Como decorrência há, além da incrustação dos filtros, a obstrução das formações aquíferas pelo preenchimento dos interstícios dos grãos, fazendo com que o fluxo de água para dentro do poço seja reduzido.

Medidas atenuadoras devem ser adotadas a fim de amenizar este processo conforme a item 4.7.5. - Água incrustante - (CETESB/ USP, 1974).

Considerações sobre os equipamentos de teste de produção

Segundo Norma ABNT 12244 (1992), DAEE (1982), ABAS (1987) o equipamento de teste (Bomba vertical, tipo submersível ou eixo prolongado) deve ter capacidade de extrair vazão igual ou superior a prevista em projeto.

O emprego do ar comprimido só deve ser aceito excepcionalmente e, com aprovação de fiscalização.

Já UOP JOHNSON (1978), considera que para pequenos poços, testes mais simples satisfazem (compressor), tratando-se de poços bombeados intermitentemente, para abastecimento doméstico.

Considerando norma ABNT 12244 (1992), apenas 280 poços (62,10 %) foram testados com Bomba, muito embora não se tenham dados se todos tiveram o teste de produção escalonado, em etapas da mesma duração, com ensaios de recuperação, porque somente alguns relatórios se fizeram anexar as planilhas de teste. A grande maioria apenas citava o equipamento de teste e o resultado da vazão do poço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARVALHO, M. A. (2002). *Qualidade construtiva de poços tubulares profundos na área urbana de Cuiabá*. Dissertação de Mestrado. Mestrado Interinstitucional UFMT/COOPERJ. 179p.
- [2] CETESB/ USP – F. S. P. *Construção, Operação e Manutenção de Poços*. São Paulo, 1974.
- [3] COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. Coordenadores: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL, J. F. Fortaleza, LABHID-UFPE. 1997.

- [4] MIGLIORINI, R. B. (1999) *Hidrogeologia em Meio Urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT.* São Paulo – SP 146p. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências, da Universidade de São Paulo).
- [5] PROMINAS Brasil Equipamentos e Tecnologia Ltda. *Sistema de Perfuração.* Catalogo Técnico, São Paulo, 2000.
- [6] UOP JOHNSON. *Água Subterrânea e Poços Tubulares.* 3^a edição São Paulo, CETESB 1978.