

A RELAÇÃO ENTRE O REVESTIMENTO, PROTEÇÃO SANITÁRIA DE POÇOS TUBULARES E O MANTO DE ALTERAÇÃO DE ROCHAS COM OS RISCOS AMBIENTAIS

Kurt João Albrecht¹ & Marco Aurélio de Carvalho²

Resumo - Para a realização deste trabalho consideraram-se os poços existentes na área urbana de Cuiabá-MT, constituída por rochas metapelíticas associadas a metarenitos, intensamente fraturados e dobrados, por avaliação de um banco de dados onde estão cadastrados 451 poços tubulares profundos, plotados e georeferenciados em mapa na escala 1:25.000.

Através de análise estatística determinaram-se os tipos, comprimentos e idade dos revestimentos e da proteção sanitária dos poços tubulares, bem como as espessuras do manto de alteração das rochas e suas relações com as profundidades dos revestimentos, em todos os casos, por unidade geológica.

A correlação entre as características dos revestimentos, a proteção sanitária e o manto de alteração permitiu a elaboração de um diagrama dos parâmetros construtivos dos poços com o risco ambiental par a área urbana de Cuiabá.

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 metarenits, 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 - riscos ambientais; banco de dados; poços tubulares.

¹ Rua Santiago, 159 Bairro Jardim das Américas. CEP 78060-240 (65) 615 8751. kurt@cpd.ufmt.br

² UFMT - Dpto Engenharia Sanitária e ambiental. Av. Fernando Correa s/n. Cuiabá-MT. 78060-900. (65) 8111 5788. marcoaurc@hotmail.com.br

REVESTIMENTO

Tipo dos revestimentos

O revestimento é a estrutura do poço. A escolha do tipo de revestimento envolve a conjugação e análise de uma série de fatores, que impõe condições na seleção desse material, de modo que o mesmo se adapte as condições locais a que será submetido, como: resistência mecânica, qualidade da água, profundidade do poço, diâmetro de perfuração, métodos de perfuração e custos. Os tipos comumente usados são de aço e PVC. A seguir apresentam-se os resultados obtidos conforme Tabela 1 e Figura 1 e 2.

Tabela 1 - Revestimento dos poços por unidade geológica.

REVESTIMENTO	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL		
	Qte.	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%	
AÇO	6"	30	20,13	24	26,09	17	16,67	10	9,26	81	17,96
	8"	40	26,85	14	15,22	07	6,86	04	3,70	65	14,41
PVC	4"	01	0,67	00	00	02	1,96	05	4,63	08	1,77
	6"	48	32,21	30	32,61	70	68,63	77	71,30	225	49,89
	8"	12	8,05	22	23,91	00	00	02	1,85	36	7,98
	10"	01	0,67	00	00	00	00	00	00	01	0,22
S.D	---	11	7,38	01	1,09	01	0,98	03	2,78	16	3,55
N	---	06	4,03	01	1,09	05	4,90	07	6,48	19	4,21
TOTAL		149		92		102		108		451	100

A Tabela 1 e a Figura 2 mostram que na unidade geológica I para o revestimento de aço preto tem-se 30 poços em 6" e 40 em 8"; para os de PVC 48 poços em 6" e 12 em 8" e, apenas 01 em 10", ficando 11 poços sem dados e 06 não foram revestidos. Na unidade II para os de Aço preto tem-se 24 poços em 6" e 14 em 8"; para os de PVC 30 poços em 6" e 22 em 8", ficando 01 poços sem dados e 01 não foi revestido.

Na unidade IV para os de Aço preto tem-se 17 poços em 6" e 07 em 8"; para os de PVC tem-se 70 poços em 6" e 02 em 4", ficando 01 poços sem dados e 05 não foi revestido. Na unidade V para os de Aço preto tem-se 10 poços em 6" e 04 em 8"; para os de PVC tem-se 77 poços em 6" e 02 em 8" e, apenas 05 em 4", ficando 03 poços sem dados e 07 não foi revestido.

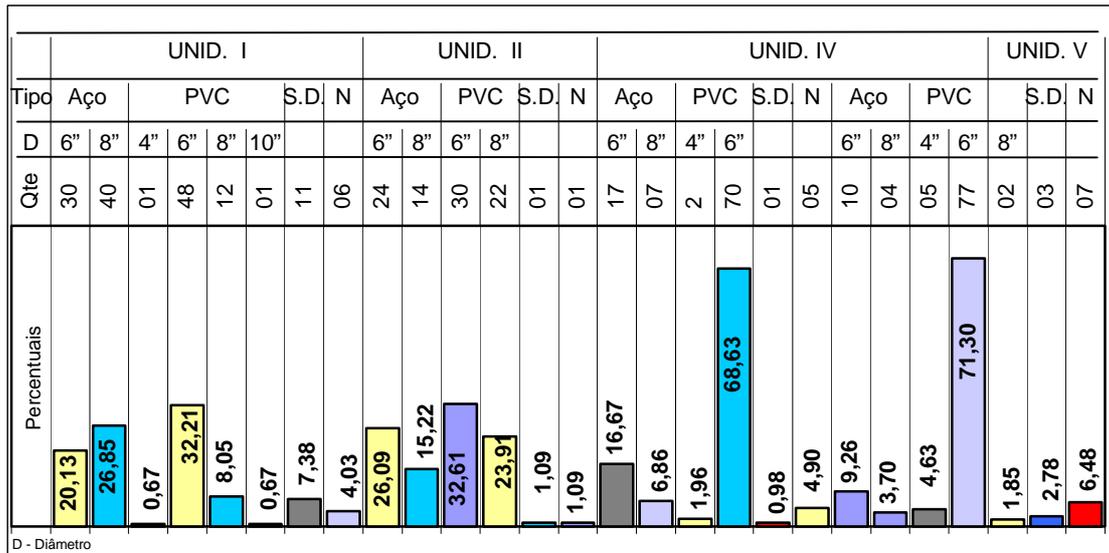


Figura 1 – Revestimento dos poços por unidade geológica.

Conforme Tabela 1 e Figura 2, os poços perfurados em Cuiabá apresentam predominantemente, com revestimento de PVC com um total de 270 poços, (59,86%) contra os de Aço Preto que totalizam 146 poços (32,37 %) indicando uma tendência de se utilizar cada vez mais o PVC em relação ao Aço Preto. Essa tendência se deve pelas vantagens que o mesmo oferece como: resistência à corrosão e incrustação; leveza; facilidade de instalação; menor custo; não desenvolvem ferrobactérias.

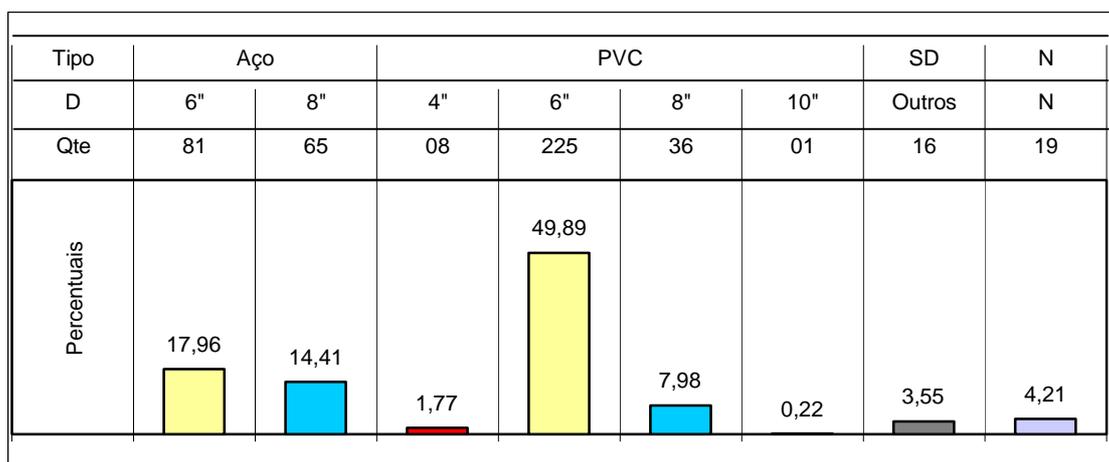


Figura 2 – Revestimento dos poços nas unidades geológicas.

Comparando o Diâmetro útil de Perfuração, com a Tabela 1 - Revestimento dos poços, verifica-se uma diferença no total dos diâmetros útil de 6" (311 poços) com o total dos revestimentos de 6" (Aço Preto e PVC = 306 poços).

Conseqüentemente os diâmetros útil de 8” (102 poços) difere com o total dos revestimentos de 8” (Aço Preto e PVC = 101 poços) bem como os valores sem dados (SD).

Isto decorre do fato de que alguns poços tem a informação do diâmetro útil (6” ou 8”) mas não tem o tipo de revestimento utilizado (Aço ou PVC) traduzindo nas diferenças acima explicitadas e resultando em valores do SD de 10 ud na Tabela 09 contra 16 ud na Tabela 1.

Aqueles sem dados (SD) é porque no relatório não consta o tipo de revestimento no relatório.

Dos poços que não foram revestidos (N) porque estavam secos ou improdutivo, temos 19 ud (4,21%).

Comprimento do Revestimento

O comprimento do revestimento constitui a estrutura de sustentação das paredes do poço e, o conduto hidráulico que coloca em contato os aquíferos com a superfície.

Além das características estrutural e hidráulica, o comprimento adequado é um fator importante na proteção sanitária do poço, tanto vertical quanto suplementando a distância horizontal de afastamento entre o poço e possíveis fontes de poluição.

A seguir apresenta-se os resultados obtidos conforme Tabela 2 e Figuras 3; 4 e 5.

Tabela 2 - Comprimento dos revestimentos por unidade geológica.

COMPRIMENTO	TIPO	UNID. I	UNID. II	UNID. IV	UNID. V	TOTAL
MÍNIMO	AÇO	7	13	11	18	
	PVC	10	12	11	9	
MÉDIO	AÇO	33,14	36,90	29,26	33,82	
	PVC	31,75	41,36	27,76	31,46	
MÁXIMO	AÇO	120	84	42	54	
	PVC	100	87	70	100	

Conforme Tabela 2 e Figura 3, na unidade geológica I os revestimentos de aço preto têm comprimento mínimo de 07m, médio de 33,14m e máximo de 120m; os de PVC tem um mínimo de 10m, médio de 31,75m e máximo de 100m. Na unidade II os de aço preto tem comprimento mínimo de 13m, médio de 33,90m e máximo de 84m; os de PVC tem um mínimo de 12m, médio de 41,36m e máximo de 87m.

Na unidade IV os de aço preto tem comprimento mínimo de 11m, médio de 29,26m e máximo de 42m; os de PVC tem um mínimo de 11m, médio de 27,76m e máximo de 70m. Na unidade V os de aço preto tem comprimento mínimo de 18m, médio de 33,82m e máximo de 54m; os de PVC tem um mínimo de 09m, médio de 31,46m e máximo de 100m.

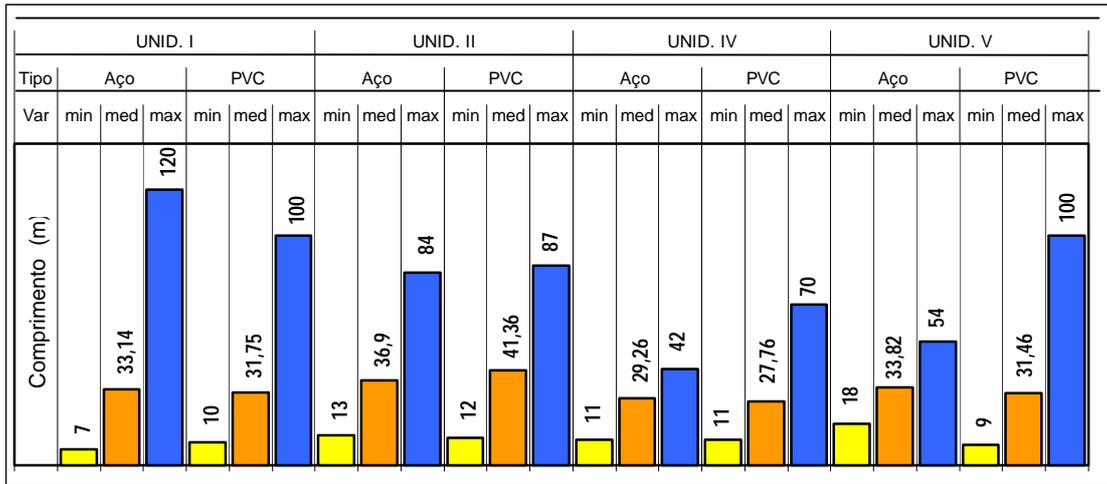


Figura 3 – Comprimento do revestimento por unidade geológica.

Na Tabela 2 e Figura 4 o comprimento do revestimento é uma consequência da espessura do perfil de alteração no ponto locado para a perfuração do poço.

Por tipo de material, considerando todas as bitolas elencadas, os de Aço Preto tem um comprimento mínimo de 07m na unidade I, médio 33,28m nas unidades e máximo de 120m na unidade I. Quanto aos de PCV tem um comprimento mínimo de 09m na unidade V, médio de 33,10m nas unidades e máximo de 100m na unidade V, conforme Figura 4.

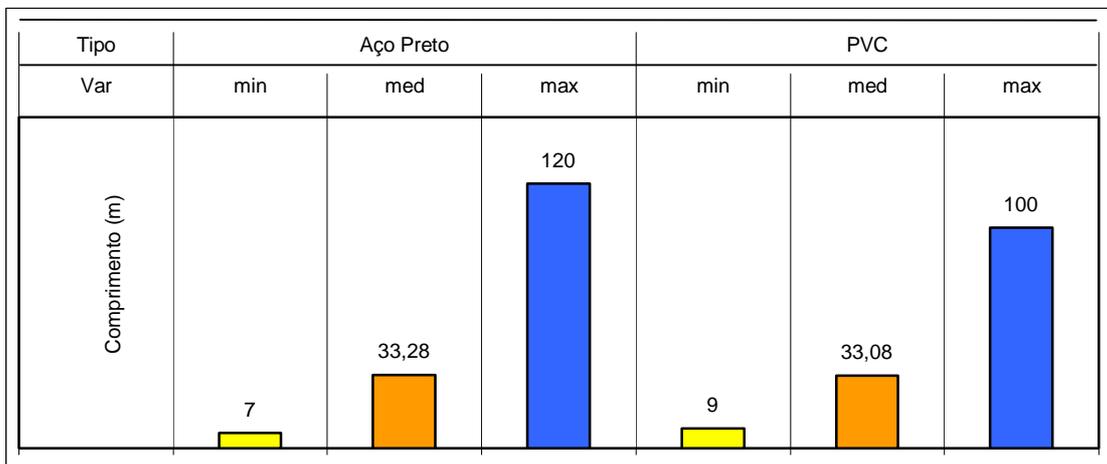


Figura 4 – Comprimento do revestimento nas unidades geológicas.

A distribuição de variação percentual por faixas de comprimento dos revestimentos, conforme Figura 5 indica que os valores extremos mínimos e máximos estão nas faixas de 05 a 10m com 0,44 % e entre 100 a 120m com 0,66 %.

Os valores do comprimento médio, tanto para o revestimento de PVC quanto de Aço Preto é de 33m.

As faixas mais representativas em torno do valor médio, vão de 20m a 45m, representando 299 poços (66,30 %).

Se considerarmos apenas os comprimentos válidos, uma vez que 13,53% estão sem dados (SD) o percentual das faixas mais representativas se eleva a 76,67 %.

Para melhor caracterizar a relação revestimento x manto de alteração, procedeu-se uma Análise estatística da profundidade do revestimento com o perfil de alteração (item 6.14.2) e, como resultado percebeu-se que parcelas significativas dos comprimentos estão em desacordo com a espessura do manto de alteração.

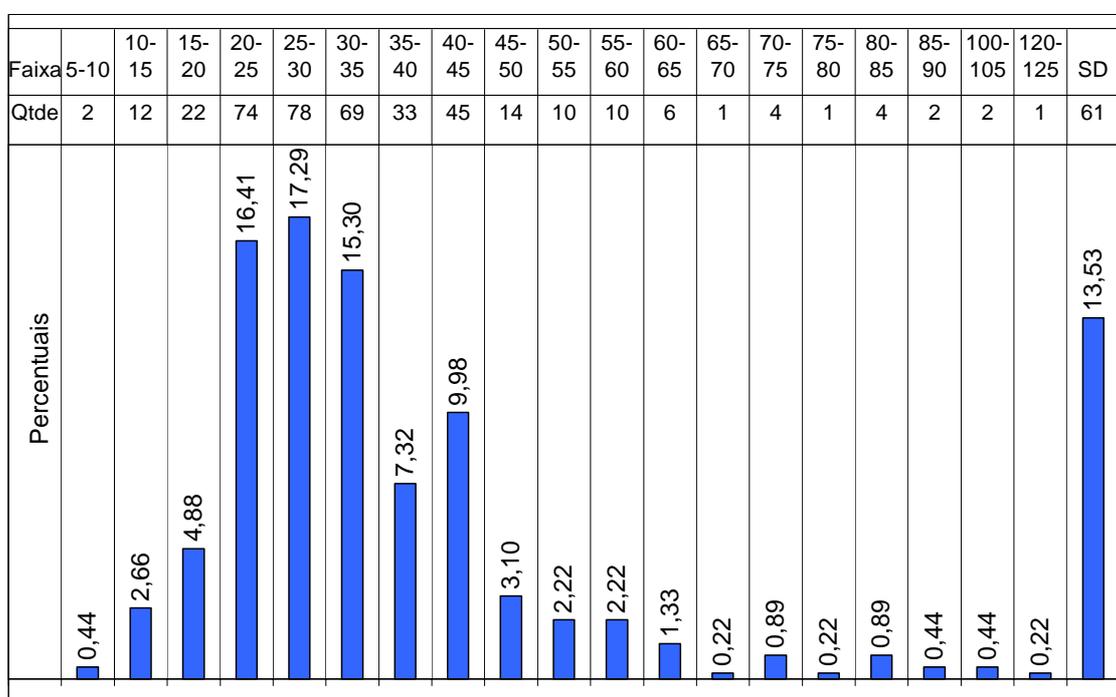


Figura 5 – Percentual por faixas de comprimento dos revestimentos.

Idade do revestimento

Um dos objetivos a ser alcançado quando se elabora um projeto de um poço tubular é que os materiais instalados em caráter permanente sejam duráveis e que tenham longa vida útil de serviço em pelo menos 25 anos. A Quantificação desse importante parâmetro permite um monitoramento da vida útil de serviço e da qualidade de suas águas. A seguir apresenta-se os resultados obtidos conforme Tabela 3 e Figura 6 e 7.

Tabela 3 - Idade por tipo de revestimento por unidade geológica.

TIPO	IDADE	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
		Qte	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%	Qte	%
AÇO	0-10	06	4,03	08	8,70	04	3,92	04	3,70	22	4,88
	10-20	39	26,17	18	19,57	07	6,86	07	6,48	71	15,74
	20-30	24	16,11	11	11,96	13	12,75	02	1,85	50	11,09
	30-37	01	0,67	01	1,09	00	00	00	00	02	0,44
	SD	00	00	00	00	00	00	01	0,93	01	0,22
PVC	0-10	53	35,57	43	46,74	70	68,63	81	75,00	247	54,77
	10-20	07	4,70	08	8,70	01	0,98	01	0,93	17	3,77
	20-30	01	0,67	00	00	00	00	00	00	01	0,22
	30-37	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	SD	01	0,67	01	1,09	01	0,98	02	1,85	05	1,11
S.D.	0-10	03	2,01	00	00	01	0,98	02	1,85	06	1,33
	10-20	05	3,36	01	1,09	00	00	00	00	06	1,33
	20-30	02	1,34	00	00	00	00	00	00	02	0,44
	30-37	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	SD	01	0,67	00	00	00	00	01	0,93	02	0,44
N	0-10	06	4,03	01	1,09	05	4,90	07	6,48	19	4,21
TOTAL		149		92		102		108		451	100

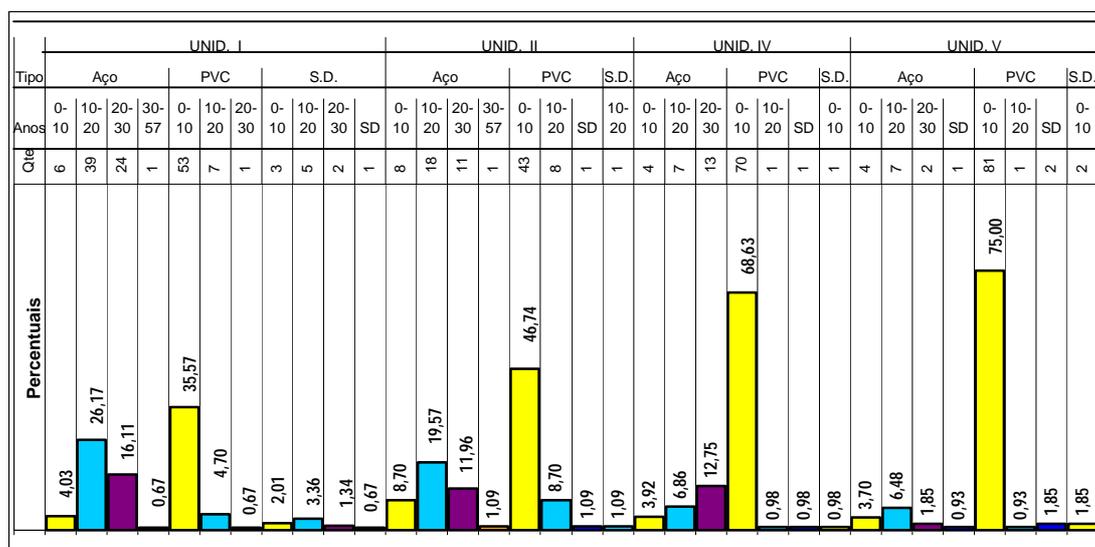


Figura 6 – Idade do revestimento por unidade geológica.

Conforme Tabela 3 e Figura 6, na unidade geológica I os revestimentos de aço preto têm 45 poços (30,20%) na faixa de 0 até 20 anos e, 25 poços (16,78%) na faixa de 20 até 37 anos; os de PVC tem 60 poços (40,27%) na faixa de 0 até 20 anos e, 01 poço (0,67%) na faixa de 20 a 37 anos e, apenas 01 poço (0,67%) está sem dados de idade. Os poços que não tem dados do tipo de revestimento tem 08 poços (5,37%) na faixa de 0 até 20 anos e, 13 poços (12,75%) na faixa de 20 até 30 anos.

Na unidade geológica II os de aço preto têm 26 poços (28,27%) na faixa de 0 até 20 anos e, 12 poços (13,05%) na faixa de 20 até 37 anos; os de PVC tem 51 poços (55,44%) na faixa de 0 até 20 anos e, 01 poço (1,09%) está sem dados da idade. Os poços que estão sem dados do tipo de revestimento tem-se apenas 01 poços (1,09%) na faixa de 0 até 20 anos.

Na unidade geológica IV os de aço preto têm 11 poços (10,78%) na faixa de 0 até 20 anos e, 13 poços (12,75%) na faixa de 20 até 30 anos; os de PVC tem 71 poços (69,61%) na faixa de 0 até 20 anos e, 01 poço (0,98%) está sem dados da idade. Os poços que não tem dados do tipo de revestimento tem-se apenas 01 poços (0,98%) na faixa de 0 até 20 anos.

Na unidade geológica V os de aço preto têm 11 poços (10,18%) na faixa de 0 até 20 anos e, 02 poços (1,85%) na faixa de 20 até 30 anos e, apenas 01 poço (0,93%) sem dados de idade; os de PVC tem 82 poços (75,93%) na faixa de 0 até 20 anos e, 02 poços (1,85%) está sem dados da idade. Os poços que estão sem o tipo de revestimento tem-se apenas 02 poços (1,85%) na faixa de 0 até 20 anos.

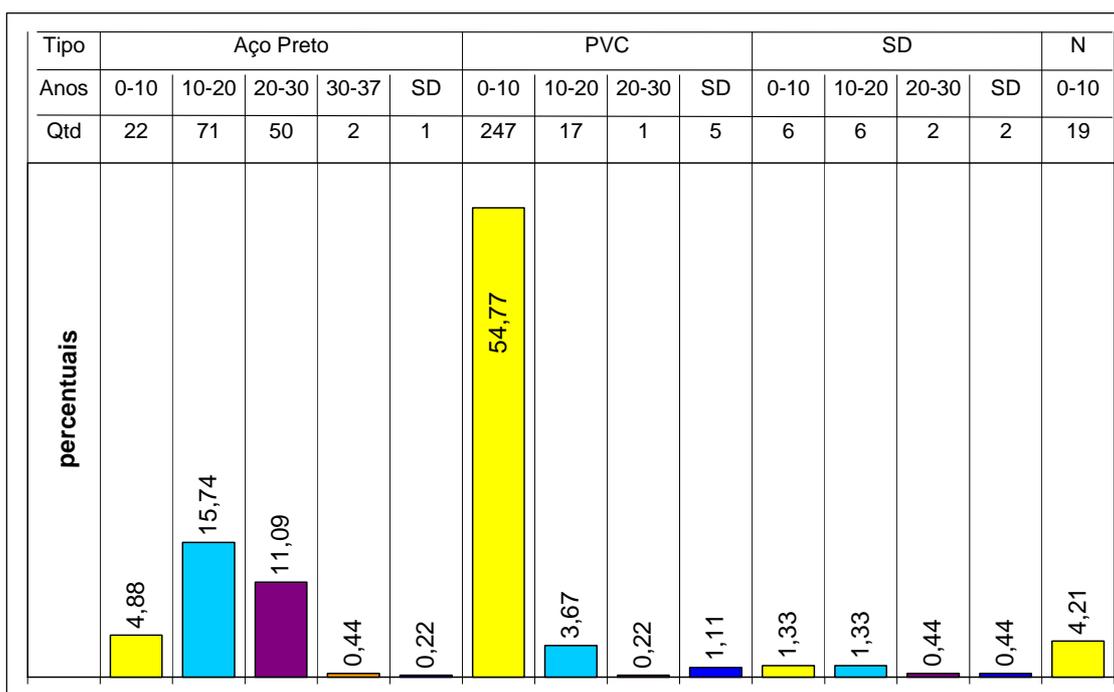


Figura 7 – Idade do revestimento nas unidades geológicas.

Conforme Tabela 3 e Figura 7, dentre os revestimentos utilizados os mais antigos correspondem aos de Aço Preto, material inicialmente utilizado para revestimento de poços, antes do advento do PVC.

De um total de 146 poços em Aço Preto, 22 ud (4,88 %), estão na faixa de 0-10 anos; 71 ud (15,74 %) estão na faixa de 10-20 anos; 50 ud (11,09 %) estão na faixa de 20-30 anos; 02 ud (0,44 %) estão na faixa de 30-37 anos; apenas 01 ud (0,22 %) estão sem dados.

Os de PVC que totalizam 270 ud (59,86 %), 247 ud (54,77%) estão na faixa de 0-10 anos; 17 ud (3,77 %) estão na faixa de 10-20 anos; 01 ud (0,22 %) estão na faixa de 20-30 anos; 05 ud (1,11%) estão sem dados, isto é não possuem a data de construção do poço.

Dos poços que estão sem dados (SD), isto é, possuem a data de construção do poço, mas, não possuem o tipo de revestimento utilizado temos 06 ud (1,33%) na faixa de 0-10 anos; 06 ud (1,33%) na faixa de 10-20 anos; 02 ud (0,44%) na faixa de 20-30 anos; apenas 02 ud (0,44%) estão sem a data de construção e sem o tipo de revestimento utilizado (SD x SD).

Dos poços que não foram revestidos (N) porque estavam secos ou improdutivos, temos 19 ud (4,21%).

Conforme UOP JOHNSON (1978), o revestimento dos poços além de resistir aos esforços, devem durar de 20 a 40 anos quando em contato com a água e com o solo, enquanto que CPRM (1997), estabelece uma vida útil de serviço de pelo menos 25 anos.

Considerando o estabelecido pela CPRM (1997), tem-se um total de 94 poços (71 de Aço; 17 de PVC; 06 de SD) chegando na faixa dos 20 anos de vida útil e um total de 53 poços (50 de aço; 01 de PVC; 02 de SD) que já estão na faixa entre 20 a 30 anos de vida útil.

Dos revestimentos em Aço Preto, 02 ud já ultrapassaram os 30 anos; 50 ud estão na faixa limite entre 20 a 30 anos. Portanto, 52 poços apresentam revestimentos no limite e/ou acima de vida útil estabelecida, requerendo monitoramento da qualidade de suas águas, e/ou possível recuperação do revestimento ou abandono desses poços.

A Norma ABNT 12212 – (Item 6.7.2) – estabelece que o revestimento de aço deve atender as especificações da Norma DIN –2440, que determina como mínima a espessura da parede de 4,85 mm para o tubo de 6” e 6,35 mm para o tubo de 8”.

Como na prática as empresas perfuradoras utilizam revestimentos de aço com espessura menor que a exigida pela Norma, em torno de 3 mm, a fim de reduzir custos, principalmente em obras de particulares onde não há uma fiscalização técnica e, considerando a tendência incrustante e/ou corrosivas de nossas águas, esse tempo de vida útil de 25 anos poderá ser considerado excessivo.

Dos revestimentos de PVC apenas 01 poço está na faixa limite, mas, considerando as vantagens do material conforme acima referido, no momento não se deve haver maiores preocupações.

Dos revestimentos sem dados (SD) temos 06 ud nas faixas de 10 a 20 anos, 02 ud entre 20 a 30 anos que requer atenção através de um monitoramento e, 02 ud (SD x SD), isto é, não tem o tipo de material nem a data de construção do poço.

MANTO DE ALTERAÇÃO

O manto de alteração consiste nos materiais inconsolidados (horizontes pedológicos e rocha alterada), limitada pelo topo do substrato rochoso (rocha sã).

Espessura

As profundidades do manto de alteração foram obtidas conforme descrição litológicas constantes nos relatórios técnicos, com mínimo de 05m nas unidades geológicas IV e V e o máximo de 100m nas unidades geológicas I e V. O valor da profundidade média das médias nas unidades geológicas é de 29,90 m, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Espessura do manto de alteração.

PROFUNDIDADE	UNID. I	UNID. II	UNID. IV	UNID. V	TOTAL
MÍNIMO	07	06	05	05	
MÉDIO	28,72	37,29	24,55	29,03	
MÁXIMO	100	85	70	100	

A Tabela 4 mostra que na unidade geológica I a espessura do manto alterado tem como profundidade mínima 07m, média de 28,72m e máxima de 100m. Na unidade II tem como mínima 06m, médio de 37,29m e máxima de 85m.

Na unidade IV tem como mínima 05m, média de 24,55m e máxima de 70m. Na unidade V tem como mínima 05m, média de 29,03m e máxima de 100m.

Variação do manto em relação ao revestimento

A variação da espessura do manto de alteração em relação ao comprimento do revestimento (manto revestimento) por unidade geológica indica os poços onde a profundidade do revestimento está igual, menor e maior que o manto de alteração.

A seguir apresentam-se os resultados obtidos conforme Tabela 5 e Figura 8.

Tabela 5 - Variação do manto em relação ao revestimento.

VARIACÃO	UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
ZERO	22	17,05	22	25,58	13	13,54	22	20,75	79	18,94
< 0	82	63,57	54	62,79	68	70,83	60	56,60	264	63,31
> 0	25	19,38	10	11,63	15	15,63	24	22,64	74	17,75
VÁLIDOS	129	100	86	100	96	100	106	100	417	100
SD	20		06		06		02		34	
TOTAL	149		92		102		108		451	100

Na Tabela 5 os valores iguais a zero indicam poços cuja profundidade do revestimento é igual ao manto; os valores menores que zero, indicam os poços cuja profundidade do revestimento é menor que o manto e, os valores maiores que zero, indicam os poços cuja profundidade do revestimento é maior que o manto.

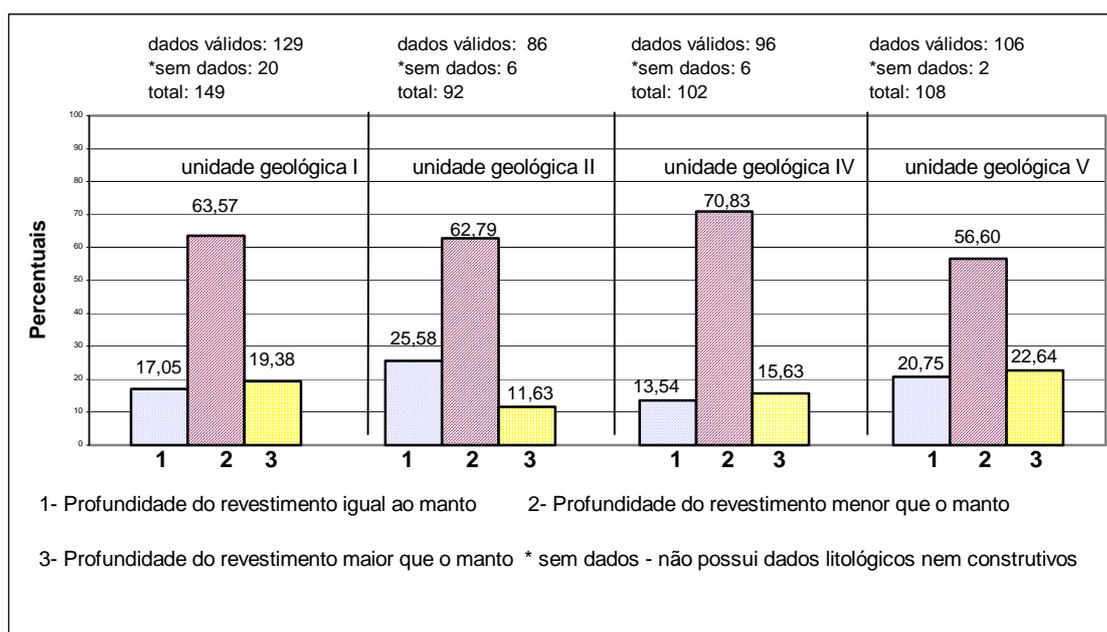


Figura 8 - Distribuição percentual do manto em relação ao revestimento por unidade geológica.

Conforme Tabela 5 e Figura 8 na unidade geológica I dos 129 poços válidos, 22 (17,05%) tem a profundidade dos revestimentos iguais ao manto, 82 (63,57%) tem a profundidade menor que o manto e, 25 (19,38%) tem a profundidade maior que o manto.

Na unidade II dos 86 poços válidos, 22 (25,58%) tem a profundidade dos revestimentos iguais ao manto, 54 (62,79%) tem a profundidade menor que o manto e, 10 (11,63%) tem a profundidade maior que o manto.

Na unidade IV dos 96 poços válidos, 13 (13,54%) tem a profundidade dos revestimentos iguais ao manto, 68 (70,83%) tem a profundidade menor que o manto e, 15 (15,63%) tem a profundidade maior que o manto.

Na unidade V dos 106 poços válidos, 22 (20,75%) tem a profundidade dos revestimentos iguais ao manto, 60 (56,60%) tem a profundidade menor que o manto e, 24 (22,64%) tem a profundidade maior que o manto.

Os poços sem dados (SD), isto é, aqueles que não possui dados litológicos nem construtivos, correspondem a 20 poços (13,42 %) na unidade I; 06 poços (6,52 %) na unidade II; 06 poços (5,88 %) na unidade IV e 02 poços (1,85 %) na unidade V do total de poços por unidade geológica.

A profundidade mínima do revestimento deve ir além do solo alterado e fazer o seu encaixe na rocha sã entre 1,5m a 2m, providenciando a cimentação nesse trecho entre o revestimento e o furo, fazendo-se assim uma junta a prova d' água (PROMINAS, 1989).

O não atendimento desse requisito básico constitui uma construção imperfeita de poços, permitindo que pela abertura existente entre a extremidade inferior do revestimento e a rocha sã, as águas superficiais e/ou residuárias, que não foram depurados pela filtração natural do solo, principalmente quando o mesmo é constituído de pedregulho, calcário ou rochas desintegradas próximas a superfície, sejam introduzidas no aquífero, contaminando-o, justificando que uma profundidade mínima do revestimento, também faz parte de uma correta proteção sanitária.

Conforme Figura 8 na unidade geológica I somente 19,38 % dos poços a profundidade do revestimento está além do manto; na unidade geológica II somente (11,63 %); na unidade geológica IV somente 15,63 % e na unidade geológica V somente (22,64 %), dentre os poços válidos.

No total geral dos 417 poços válidos, somente 74 ud (17,75 %) estão com a profundidade do revestimento maior que o manto.

Os outros 343 poços (82,25 %) têm a sua qualidade construtiva inadequada, com a profundidade do revestimento igual ou menor que o manto, possibilitando a introdução de contaminantes.

MIGLIORINI (1999), refere-se aos elevados valores de contaminação, apresentados nos estudos dos parâmetros bacteriológicos (Coli totais e/ou fecais), decorrentes de falhas no saneamento básico da região (Cuiabá e Várzea Grande), e pressupondo a técnicas construtivas inadequadas dos poços tubulares e ao meio fraturado.

Com relação ao Coli totais, de 164 análises realizadas na região (Cuiabá e Várzea Grande), 82 amostras (50%) apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissível ao consumo humano.

Com relação aos Coli fecais das 144 análises realizadas na região, 55 amostras (38%) apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissível.

AMORIM (1997), indica que de 106 análises realizadas, em 45,3 % delas, houve a presença de bactérias do Grupo Coli.

Em meio fraturado, que é o caso do aquífero Grupo Cuiabá, cuja velocidade da água subterrânea é elevada, podendo transcorrer grandes distâncias, associadas à presença de microorganismos que podem viver muitos dias ou até mesmo meses abaixo do nível freático, as distâncias alcançadas podem ser muito grandes. A relação profundidade do revestimento e manto de alteração deve ser criteriosa, caso contrário, confere alto risco a contaminação.

Por outro lado, MIGLIORINI (1999), diz que a profundidade do nível de saturação (Nível Estático) na região em sua grande maioria (88%) é inferior ou igual a 15m, o que indica águas subterrâneas pouco profundas e conseqüentemente vulneráveis a contaminação. Nas áreas onde a espessura da zona não saturada é maior que 15m, o aquífero tem maior poder de autodepuração e, onde o nível d' água é raso, a vulnerabilidade a contaminação aumenta.

As informações contidas no Banco de Dados elaborado nesse trabalho, com pequenas variações atestam os dados de MIGLIORINI, onde o nível de saturação com até 15 m alcança 81,5 % dos poços válidos, e com até 18 m atingem 89,58 %.

Esses dados indicam que a contaminação verificada pelas bactérias do Grupo Coli deve-se em grande parte a qualidade construtiva inadequada dos poços, sendo o revestimento com profundidade igual ou menor que o manto de alteração, um dos fatores que contribuem para a contaminação dos aquíferos.

Distribuição do manto em relação ao valor médio

A distribuição dos valores da espessura do manto de alteração em torno de sua profundidade média por unidade geológica indica os poços cujo manto de alteração estão abaixo, ou acima do seu valor médio.

A espessura do manto de alteração é muito variável, desde valores baixos como o mínimo, apresentado com 5 m de profundidade, até valores com profundidades bem maiores, apresentado com 100 m; porém, todos os poços possuem a média de profundidade por unidade geológica menor que 40 m. A média das médias das profundidades ficou em 29,90 m. A seguir apresenta-se os resultados obtidos conforme Tabela 6 e Figura 9.

Tabela 6 - Distribuição dos valores do manto em relação ao valor médio.

PARAMETROS		UNID. I		UNID. II		UNID. IV		UNID. V		TOTAL	
		Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%	Qte.	%
Ud / %	> MÉDIA	55	42,64	38	44,19	43	44,79	45	42,45	181	43,41
	< MÉDIA	74	57,36	48	55,81	53	55,21	61	57,55	236	56,59
	VÁLIDOS	129	30,94	86	20,62	96	23,02	106	25,42	417	100
	SD	20		06		06		02		34	
	TOTAL	149		92		102		108		451	100

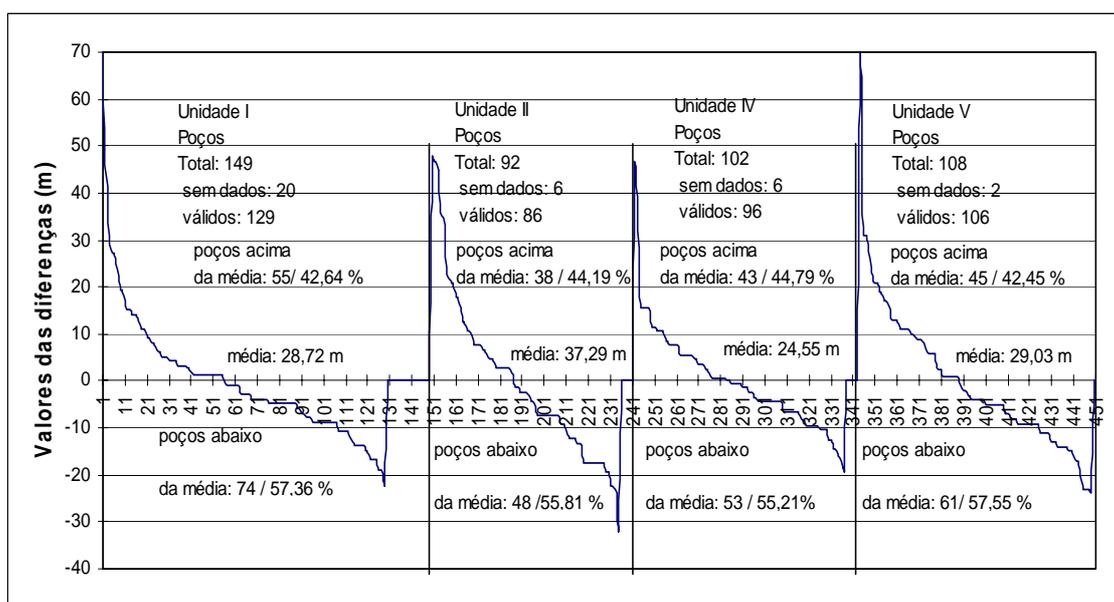


Figura 9 – Variação do manto de alteração em relação ao valor médio por unidade geológica.

A distribuição dos valores do manto de alteração em relação ao valor médio por unidade geológica dá uma variação percentual da tendência de direcionamento do manto em relação ao seu valor médio. Em todas unidades a tendência de direcionamento está abaixo dos seus valores médio, pois concentram-se as maiores ocorrências dos valores do manto em uma faixa abaixo dos valores médios por unidade geológica.

A Tabela 6 mostra que na unidade geológica I dos 129 poços válidos, 55 (42,64%) estão com os valores das profundidades do manto acima do seu valor médio e, 74 (57,36%) estão com os valores abaixo. Na unidade II dos 86 poços válidos, 38 (44,19%) estão com os valores das profundidades do manto acima do seu valor médio e, 48 (55,81%) estão com os valores abaixo.

Na unidade IV dos 96 poços válidos, 43 (44,79%) estão com os valores das profundidades do manto acima do seu valor médio e, 53 (55,21%) estão com os valores abaixo. Na unidade V dos 106

poços válidos, 45 (42,45%) estão com os valores das profundidades do manto acima do seu valor médio e, 61 (57,55%) estão com os valores abaixo.

A Tabela 6 mostra que dos 417 poços válidos, 236 ud (56,59 %) estão com valores abaixo da média e 181 ud (43,41 %) com valores acima da média.

Nos poços onde o manto de alteração é mais espesso, isto é estão acima da média, e contém água subterrânea, principalmente nas unidades geológicas pouco produtivas, é comum o perfurador instalar filtros na coluna do revestimento para aumentar a produtividade do poço.

Quando se adota esta providência, normalmente o perfurador não reabre o furo para ampliar o diâmetro da perfuração, instalando os filtros com espaço anular inadequado ao Pré-filtro.

Dos 87 poços com filtros, conforme discutido no item 6.8. – Filtros - verificou-se que 58 ud (66,66 %) dos poços estão com os diâmetros de perfuração inadequados, não atendendo a espessura mínima de 3” (7,5 cm) para o envoltório do Pré-filtro, como preconiza a norma ABNT 12212 (1992).

MIGLIORINI (1999), diz que na formação Miguel Sutil, as Litofácies Argilo Areno – Conglomeráticas, que na nossa dissertação corresponde à unidade geológica V, mostra-se extremamente diaclasado e ricas em veios de quartzo de varias gerações, em relação às outras unidades, permitindo que poluentes originários de longas distancias alcancem o lençol subterrâneo.

A espessura do manto de alteração, aliado as fraturas das rochas e qualidade construtivas inadequada dos poços, em relação ao diâmetro de perfuração para instalação do pré-filtro e, cimentação (espessura X profundidade) do espaço anular, aumenta o grau de vulnerabilidade desses poços à poluição das águas subterrâneas.

Essas considerações permitem visualizar, o grau de vulnerabilidade:

Menos vulnerável: unidades I e IV

Mais vulnerável: unidades V e II.

OS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DE POÇOS E O RISCO AMBIENTAL

O conjunto dos parâmetros analisados quanto a qualidade construtiva permite dizer que é inadequada, aumentando o grau de risco ambiental, tornando os sistemas mais vulneráveis a contaminação.

A prática do lançamento dos esgotos, abaixo da superfície do solo, através do uso generalizado de fossas sépticas e drenos, constitui uma das principais causas de contaminação das águas subterrâneas, em áreas urbanas em todo mundo. E, com o incremento do uso das águas subterrâneas através do Poço Tubulares Profundos, estes, associados a técnicas construtivas inadequadas, vêm se tornando uma importante fonte de contaminação biológica e/ou química, porque atingem as águas subsuperficiais de maneira direta e imediata.

Em Cuiabá, a cobertura dos esgotos coletados é de 38% e, submetida a tratamento é de 29% (LIMA, 2001), não contribuindo para reduzir a poluição das águas superficiais e subterrâneas; o restante é lançado em fossa ou a céu aberto. O perigo dessa prática é o potencial de degradação da qualidade das águas subterrâneas pelas substâncias presentes no esgoto líquido quanto no lodo como fósforo, nitrogênio, metais pesados e, bactérias patogênicas.

O nitrato é um dos contaminantes mais frequentes e, nas áreas urbanas, tem sua origem nos sistemas sépticos. São substâncias que se consumidas em altas concentrações, acima de 45 mg/l (OMS) podem provocar metemoglobinemia infantil e estão implicados no câncer do aparelho digestivo (SAMPAT, P., Estado do Mundo, 2001), sendo geralmente transportado com a água subterrânea podendo atingir extensas áreas, além de não sofrer completa redução bioquímica para nitrogênio gasoso N₂ (CPRM, 1997).

Outra questão relevante para a área urbana de Cuiabá é que os aquíferos são caracterizados como livres e meio fraturado conseqüentemente provocando altas taxas de velocidade e distâncias para a percolação de bactérias patogênicas e vírus. Deve-se, portanto recorrer a estudos detalhados para determinar os tempos de vida e distância percorridas por tais microorganismos.

Além disso, em aquíferos livres, como o caso do grupo Cuiabá, a zona saturada está mais próxima da superfície, onde 81,5 % dos poços apresentam níveis de saturação até 15m de profundidade, o que indica águas subterrâneas pouco profundas tornando-as mais vulneráveis à contaminação.

Outro poluente que tem acesso às águas subterrâneas são os produtos derivados de petróleo como gasolina e óleo diesel armazenados em tanques de aço enterrados nos postos de distribuição de combustível. Deixados além de sua vida útil esses tanques enferrujam-se e, estão quase sempre produzindo vazamento constante no solo.

Por serem subterrâneos, a escavação e reparos nesses tanques são dispendiosos e assim, em alguns casos, os vazamentos continuam durante anos (SAMPAT, P., Estado do Mundo, 2001).

Um litro de combustível é suficiente para contaminar dez milhões de litros de água. Levantamentos feitos por Agências Ambientais do Governo Federal e dos Estados indicam que as águas subterrâneas onde se localizam postos de gasolina são contaminadas sistematicamente por vazamentos de combustível. Estudos feitos pelo CONAMA revelam que a grande maioria dos mais de duzentos mil tanques de combustíveis existentes no Brasil em postos, pontos de armazenamento e caminhões estão em estado precário de manutenção. Desses, cerca de 75 mil tanques encontram em áreas urbanas (ABAS, 2000).

Mato Grosso tem atualmente cerca de 2.900 tanques enterrados, sendo 500 deles em Cuiabá onde, estima-se que 20 % têm problemas de corrosão com risco de vazamento para o subsolo (Folha do Estado, 2001; SINDIPETROLEO – MT).

Essas fontes contaminam as águas subterrâneas, principalmente quando os níveis freáticos são muitos altos e a infiltração da água das chuvas é freqüente.

Dessa forma, este trabalho também objetiva contemplar as relações existentes entre o perfil construtivo dos poços existentes em Cuiabá, e suas potencialidades na contaminação/poluição das águas subterrâneas. Pois, a proteção da qualidade da água subterrânea depende do projeto do poço e dos métodos e materiais usados em sua construção.

Poços mal construídos, com acabamento deficiente, constituem vias de contaminação de um aquífero, entre estas, destaca-se:

- Revestimento com profundidade insuficiente ou fora dos padrões estabelecidos pelas normas;
- Cimentação inadequada entre o revestimento e a Formação geológica;
- Falhas nas soldas entre os revestimentos metálicos;
- Revestimentos e filtros corroídos;
- Ausência de laje de proteção superior ou sua insuficiência;

As inadequações desses acabamentos podem conduzir a introdução de bactérias e outros contaminantes para dentro do poço e subsequentemente para o sistema de abastecimento, tornando os parâmetros construtivos, ao invés de um fator de proteção, um aliado para o aumento do grau de risco ambiental nos sistemas subterrâneos tornando-os mais vulneráveis.

A Figura 10 apresenta um diagrama em que são considerados os principais parâmetros construtivos que possam proporcionar riscos ambientais aos recursos hídricos subterrâneos.

da variação da composição química, no acabamento da superfície ou na dureza do material, deparam-se com potencial elétrico diferentes, constituindo-se em uma célula galvânica (UOP JOHNSON, 1978).

Estudo da qualidade Físico-química das águas realizados por MIGLIORINI (1999) indicam que a maior parte dos resultados das análises tem o seu pH de neutro a alcalino; Dureza Temporária com média de 117 mg/ l e máxima de 330 mg/ l e Dureza Total com média de 130 mg/l e máxima de 340 mg/ l, ficando a maioria entre 100 e 300 mg/ l.

CUSTÓDIO & LLAMAS (1976), em sua proposta de classificação das águas pela Dureza Total considera as águas como Pouco Duras entre 50 e 100 mg/l; Dura entre 100 e 200 mg/l e Muito Dura acima de 200 mg/l até a saturação.

Análises de monitoramento da qualidade da água de 15 poços realizados pela SANELAB (2001), distribuídos pelas regiões: Central, Centro-norte e Centro-sul, indicam que a condutibilidade varia de 134 a 597 uS/cm com média de 395 uS/cm ficando a maioria entre 330 e 597 uS/cm.

Face às considerações acima elencadas, conclui-se que as nossas águas pelos resultados apresentados, propiciam tanto a incrustação pelo teor de Dureza Total e pH alcalino, como também a corrosão pelos valores elevados de pH e condutibilidade, traduzindo essas características em uma menor vida útil dos revestimentos e filtros metálicos.

▪ **Com relação aos revestimentos de aço preto**

A principal causa que afeta a qualidade das águas subterrâneas nos poços de Cuiabá estão relacionados à vida útil desses revestimentos, pois ao longo dos anos, têm sido acometidos pelos processos de corrosão e incrustação, causando a sua degeneração e no caso de falência estrutural, permitem a introdução direta de poluentes, principalmente pelas águas da infiltração que lixiviam contaminantes naturais e/ou aqueles produzidos em fossas, tanques de combustíveis, etc...

De um total de 52 poços nas unidades que estão no limite e acima da vida útil, a unidade geológica I é a que tem a maior quantidade/percentual de poços, seguida das unidades IV, II e V, assim distribuídos:

Tabela 7 – Poços revestidos com Aço Preto, Filtros Metálicos e vida útil acima dos 20 anos.

	AÇO PRETO		FILTROS METALICOS	
	Nº de poços	Percentual	Nº de poços	Percentual
Unidade I	25	16,78	02	1,34
Unidade II	12	13,05	01	1,09
Unidade IV	13	12,75		
Unidade V	02	1,85		

Esses revestimentos ao longo dos anos têm sido acometidos dos processos de corrosão e incrustação, causando a sua degeneração e no caso de falência estrutural, permitindo a introdução de poluentes que irão contaminar o poço e o aquífero.

A Tabela 7 mostra que há necessidade de reparação desses revestimentos a fim de minimizar os riscos ambientais correlatados.

PROTEÇÃO SANITÁRIA

A proteção sanitária envolve parte do acabamento do poço, e considera a profundidade e espessura da cimentação, bem como a laje de proteção.

A principal causa proveniente de inadequação dos poços quanto a proteção sanitária refere-se a percolação das águas provenientes do escoamento superficial, redes de águas servidas, provocando também contato direto de contaminantes com as águas subterrâneas.

A infiltração, nesses casos, normalmente ocorre na boca do poço, ou seja, entre as paredes do revestimento e os materiais circundantes.

A Tabela 8 mostra os percentuais dos poços em cada unidade aquífera que apresentam problemas quanto à proteção sanitária.

Tabela 8 - Percentuais de poços inadequados quanto a Proteção sanitária.

Unidades	PROFUNDIDADE DA CIMENTAÇÃO		ESPESSURA DA CIMENTAÇÃO		LAJE DE PROTEÇÃO	
	Nº de poços	Percentuais	Nº de poços	Percentuais	Nº de poços	Percentuais
Unidade I	72	48,33	63	42,28	23	15,44
Unidade II	58	62,63	36	39,11	09	9,78
Unidade IV	42	40,85	50	49,02	14	13,72
Unidade V	46	42,78	49	45,37	12	11,11

Essa Tabela evidencia claramente uma grande preocupação quanto aos problemas decorrentes da proteção sanitária inadequada, principalmente nas áreas de ocorrência das unidades geológicas II e V, pois se tratam de materiais que apresentam boas condições de percolação de água. Portanto constituem áreas prioritárias para desenvolvimento de ações de recuperação do perfil construtivo dos poços tubulares.

MANTO DE ALTERAÇÃO

▪ Manto de alteração e profundidade do revestimento

A profundidade mínima do revestimento deve ir além do solo alterado entre 1,5m a 2m para fazer o seu encaixe na rocha sã, providenciando a cimentação nesse trecho.

O manto de alteração constitui-se de materiais inconsolidados provenientes dos processos pedogenéticos (horizonte pedológicos) e dos níveis de alteração das rochas subjacentes, provocadas pelos processos de intemperismo. A considerar suas propriedades físicas (granulometria, coerência e arranjo estrutural dos grãos), para a área urbana de Cuiabá, trata-se de uma zona aquífera de meio poroso. É nessa zona de alteração que normalmente se instala o limite entre a zona não saturada, e que em termos de construção de poços tubulares deve ser totalmente revestida.

Essa característica faz com que o manto de alteração atue como uma barreira natural à propagação de contaminantes no subsolo, através de complexas reações químicas entre os líquidos de percolação e os materiais envolvidos. Entretanto, essa barreira poderá não reter todos os

contaminantes na zona não saturada, pois depende fundamentalmente da sua profundidade e presença de argila quimicamente ativas, que, uma vez atingindo o topo do substrato rochoso fraturado irão apresentar grandes velocidades de percolação e propagação.

Associando-se esse processo com a construção inadequada de poços tubulares, principalmente quanto aos revestimentos, fatalmente irá incorrer na contaminação e/ou poluição das águas subterrâneas.

Em Cuiabá o maior problema relacionando entre os poços tubulares existentes e o manto de alteração é a profundidade de instalação dos revestimentos. Esta profundidade, pela legislação vigente, deve ir além da espessura do manto de alteração, entre 1,50 a 2,00m, a fim de que se instale no substrato rochoso, ou seja, encaixe-se na rocha sã, providenciando-se a cimentação do espaço nesse trecho.

Poços com profundidade do revestimento igual ou menor que o manto alterado constitui-se em construção imperfeita de poços, permitindo que pelo trecho de solo alterado e não revestido, ocorra à introdução de águas poluídas que não foram depurados pela filtração natural do solo, bem como águas de formações que não a do aquífero que se infiltram pelos espaços abertos e provocam a sua contaminação, o que justifica que uma profundidade mínima do revestimento, também faz parte de uma correta proteção sanitária.

A Tabela 9 apresenta o número e percentuais relativos de poço inadequadamente revestidos por unidade geológica.

Tabela 9 - Percentuais de poços inadequados quanto a profundidade do revestimento.

Unidades	Poços Validos	Poços com profundidade inadequada		Nº de poços sem dados	Total de poços por unidade
	Quantidade	Quantidade	%		
Unidade I	129	104	80,6 2	20	149
Unidade II	86	76	88,3 7	6	92
Unidade IV	96	81	84,3 7	6	102
Unidade V	106	82	77,3 5	2	108
Total geral	417	343	82,2 5	34	451

Esses dados demonstram preocupações principalmente nas unidades geológicas II e V que são constituídas por matriz arenosa, apresentando porosidades mais elevadas em relação às outras unidades geológicas analisadas nesse trabalho.

A espessura da zona não saturada encontra-se em média a 15 metros de profundidade (81,5% dos poços), indicando pouca profundidade e, conseqüentemente alto risco a contaminação.

▪ **Espessura da Zona não saturada**

As espessuras da zona não saturadas dos poços foram obtidos conforme informações anotadas nos relatórios técnicos, constante do Banco de Dados deste trabalho, onde em 81,50% dos poços válidos, o nível de saturação está em até 15m de profundidade, o que indica águas subterrâneas pouco profundas e, conseqüentemente com alto risco a contaminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABAS BOLETIM INFORMATIVO - SIDERMETAL. *Novas Ferramentas para Percussão*. São Paulo, nº 103. Junho 2000.
- [2] AMORIM, S. M. P. *Poços Tubulares Profundos em Condomínios Residenciais na Grande Cuiabá*. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária - Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 1997.
- [3] CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. *Hidrologia Subterrânea*. Ed. Omega. S. ^a Barcelona, 1976.
- [4] LIMA, E. B. N. R. (2001) *Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá*. Rio de Janeiro – RJ, 184p (Tese de Doutorado Apresentada a COPPE da Universidade do Rio de Janeiro).
- [5] 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).
- [6] SAMPAT, P. *Estado do Mundo 2001 – Bíblia do Meio Ambiente – Relatório Anual do Worldwatch Institute em Direção, a uma sociedade Sustentável*. Capítulo 2. Universidade Livre da Mata Atlântica – UMA, 2001.
- [7] SINDICADO DO COMERCIO VAREJISTA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO DO ESTADO DE MATO GROSSO – SINDPETRÓLEO. *“Petróleo e Meio Ambiente juntos para um Futuro Melhor”*. Folha do Estado, Cuiabá, p. 15. Julho 2001.