Relatório Técnico de Monitoramento do Aquífero Poroso e do Solo da Expansão da QE 48, Região Administrativa do Guará (RA-X) – 2ª Campanha (Período Seco) -

Dezembro / 2020.

RELATÓRIO TÉCNICO FUNDAMENTADO DAS CAMPANHAS (2005 - 2020/1 E 2020/2):

Interessados: Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal / Companhia Imobiliária de Brasília TERRACAP.

Assunto: Interpretação da Investigação da Área Residencial Campanhas 2005, 2020/1 e 2020/2.

Local: Área de expansão da QE 48 do Guará 2 (RA - X).

Mackson Ronny de Oliveira D'Anunciação

EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Registro Profissional	Nº ART
Eliza Clericuzi Bezerra da Silva	CREA:24844/D-DF	0720200032436
Ana Carolina Freitas Fuchs	CREA:15802/D-DF	0720200044929
Mackson Ronny D'Anunciação	CREA: 12019487-20	1220200091870
Kelly Araújo da Silva	CRBio: 97899/01-D	***

SUMÁRIO

1 EMPREENDEDOR: 5

2 INTRODUÇÃO 6

3 ANÁLISES DE VULNERABILIDADE - ÁGUA 6

4 PONTOS DE COLETAS 7

5 LAUDOS TÉCNICOS DE SOLOS E ÁGUA 9

6 RESULTADOS FINAIS E CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS 9

6.1 Ponto de Monitoramento 01 – Solos 11

6.1.1 Ponto de Monitoramento 01 – Água 15

6.2 Ponto de Monitoramento 02 – Solos 17

6.2.1 Ponto de Monitoramento 02 – Água 21

6.3 Ponto de Monitoramento 03 – Solos 21

6.3.1 Ponto de Monitoramento 03 – Água 25

6.4 Ponto de Monitoramento 04 – Solos 25

6.4.1 Ponto de Monitoramento 04 – Água 29

6.5 Ponto de Monitoramento 05 – Solos 29

6.5.1 Ponto de Monitoramento 05 – Água 33

6.6 Ponto de Monitoramento 06 – Solos 33

6.6.1 Ponto de Monitoramento 06 – Água 37

6.7 Ponto de Monitoramento 07 – Solos 38

6.8 Ponto de Monitoramento 08 – Solos 41

6.8.1 Ponto de Monitoramento 08 – Água 45

7 CONCLUSÃO 47

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento. 10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de Campo 8
Tabela 2: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de solo do PM 01. 12
Tabela 3: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água da Taça/ PM 01. 15
Tabela 4: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 01. 16
Tabela 5: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de solo do PM 02. 18
Tabela 6: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 02. 21
Tabela 7: Resultado analises físico-quimica e bacteriológica de solo do PM 03. 22
Tabela 8: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 03. 25
Tabela 9: Resultado analises físico-quimica e bacteriológica de solo do PM 04. 26
Tabela 10: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 04. 29
Tabela 11: Resultado analises físico-quimica e bacteriologica de solo do PM 05. 30
Tabela 12: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 04. 33
Tabela 13: Resultado análises físico-quimica e bacteriologica de solo do PM 06. 34
Tabela 14: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 06. 37
Tabela 15: Resultado analises físico-quimica e bacteriologica de solo do PM 07. 39
Tabela 16: Resultado analises físico-quimica de solo do PM 08. 42

2 INTRODUÇÃO

O presente Relatório Técnico de Monitoramento do Aquífero Poroso e do Solo da Expansão da QE 48, Região Administrativa do Guará (RA-X), 2ª Campanha (Período Seco) foi elaborado em atendimento a ATA DA 5ª REUNIÃO DA EXECUÇÃO DO CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NUCCA/GERAT/DIRAF Nº67/2019 - em razão dos resultados obtidos na 1ª campanha. Repetimos a amostragem de solo e respectivas análises laboratoriais, além da amostragem de água subterrânea dos poços de monitoramento já previstas para a 2º campanha realizada em Outubro de 2020, para fins de comparação dos resultados entre as amostragens. A Tommasi Ambiental, localizada no DF, quem executou as analises das amostras de solo e água subterranes da área monitorada.

3 ANÁLISES DE VULNERABILIDADE - ÁGUA

Hirata (2000) descreve que a definição sobre vulnerabilidade da água subterrânea a contaminação vem sendo discutida por vários autores de diferentes países desde a década de 60. A idéia central é definir os graus de vulnerabilidade em função das condições hidrogeológicas e informar por meio de mapas sobre os perigos de contaminação de água subterrânea. Para Vrba e Zaporezec (1994) a vulnerabilidade depende das propriedades intrínsecas naturais da zona não saturada e zona saturadas e da habilidade ou inabilidade deste sistema para conter os impactos humanos. Foster e Hirata (1991) esclarecem que a expressão vulnerabilidade à contaminação do aqüífero é usada para representar as características intrínsecas que determinam as suscetibilidades de um aqüífero vir a ser afetado por uma carga contaminante. De acordo com as conclusões e recomendações da Conferência Internacional sobre Vulnerabilidade dos Solos e Águas Subterrâneas aos Poluentes, realizada nos Países Baixos em 1987, o termo vulnerabilidade foi definido como: "... a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aqüífero". Algumas áreas são mais vulneráveis a contaminação do que outras independente do aqüífero a ser usado (Vrba e Zaporezec, 1994). O conceito de vulnerabilidade natural é baseado na idéia de que o ambiente físico é um protetor da água subterrânea. Os solos agem como filtros naturais e o

referidos ponto para complementar a analise dos parâmetros fisico-quimicos e bacteriológicos.

5 LAUDOS TÉCNICOS DE SOLOS E ÁGUA

Os laudos técnicos das análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras de água e do solo da 2º campanha (período seco), registro fotográfico de campo constam no anexo deste relatório de monitoramento.

6 RESULTADOS FINAIS E CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

O referido estudo aborda os dados outrora obtidos dos resultados das campanhas do ano 2020 (1ª e 2ª) e a do ano 2005. Diferentes litologias presentes na área de estudo e a profundidade da água subterrânea evidenciam a possibilidade de contaminação dos aqüíferos livres.

Figura 1: Localização dos pontos de monitoramento.

Os resultados das campanhas do ano 2020 (1ª e 2ª) e a do ano 2005 colaboraram para uma melhor compreensão sobre a mobilidade de metais em solos laterítico e não laterítico. O laudo de sondagem que ocorreu na 1º campanha de 2020, constam em anexo para demonstrar o perfil litologicos de cada ponto monitorado, demonstrando assim os solos laterítico e não laterítico.

Comparando-se os dados das duas campanhas de 2020, pode-se dizer que as principais diferenças observadas foram:

- A maior dessorção do cádmio que ocorreu no solo laterítico, e não ocorreu no solo

6.1.1 Ponto de Monitoramento 01 – Água

Tabela 3: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água da Taça/ PM 01.

Taça / PM 01 (2º campanha 2020) - Investigação CONAMA 357 / 420*			
Parâmetro	**Unidade**	**Resultado**	**V.M.P**
Alcalinidade Total	mg/L	5.0	---
Amônia	mg/L (como NH3)	**1.000**	10
Cloreto Total	mg/L	**4**	250
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	<1,8	1000
Coliformes Totais	NMP/100mL	< 1,8 x 10°	---
Condutividade	µS/cm	5043.1	---
Cor Aparente	Pt/Co (mgPt/L)	74	75
DQO	mg/L	< 3,00	---
Dureza Total	mg/L	5.97	---
Escherichia coli	100mL	Ausência em 100mL	---
Ferro Total	mg/L	**2.48**	0,3
Manganês Total	mg/L	0.038	0,1
Nitrato	mg/L (como N)	< 0,20	10
pH		5.27	6 a 9
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	12	200
Turbidez	UNT	2.1	100

Os resultados obtidos nessa 2º campanha de 2020 da TAÇA/PM 01 confirmam a existência de contaminantes, pois os valores máximos permitidos do **Ferro** e da **Amónia** (como NH3) estão extremamente elevados, comprovando a mobilidade do elemento metálico e do elemento orgânico que se deu através da interação físico-quimica.

níquel, manganês mas podem ser contaminantes, dependendo da concentração. Outros são tóxicos, ou seja, não têm função no organismo em qualquer concentração: arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio e prata. Os principais metais indicadores de contaminação são: mercúrio, cádmio, cromo, níquel, zinco, chumbo, cobre, ferro e manganês.

De acordo com as diretrizes das normas ambientais, do CONAMA e Ministério de Saúde tais concentrações de metais devem estar abaixo do limite estabelecido para que seja lançado no meio natural ou ainda, para o consumo humano. Tão impactantes são as atividades industriais e agrícolas no que se refere às substâncias lançadas no solo, que há itens referentes a cada uma dessas atividades nas legislações vigentes que delimitam tais limites na Resolução 420 (CONAMA, 2009). Observa-se a mobilidade do cromo nos horizontes A e B do perfil do solo analisado e capacidade de mobilidade para o horizonte C.

O grande problema de atingir as águas subterrâneas, em curto prazo, é o risco oferecido à saúde humana. As altas concentrações de metais pesados em águas de consumo humano podem causar consequências drásticas. O Cromo Total e o Cobre Total em excesso no organismo humano pode causar desde uma dermatite até um câncer de pulmão. As substâncias não presentes na segunda campanha de 2020, pode ser justificada pela advecção, que é o mecanismo primário responsável pelo transporte do contaminante no solo. Caracteriza-se pelo movimento do fluido nos seus macroporos. A componente de fluxo advectivo de condução do contaminante dissolvido no fluido é dada por:

$$J_A = v.c_w$$

onde,

J_A = fluxo advectivo [$ML^{-2}T$];

c_w = concentração do contaminante dissolvido no fluido [ML^{-3}];

v = velocidade de Darcy [LT^{-1}].

Obs: Os resultados do anos de 2005 trata de resultados obtidos diretamente sobre a área contaminada (lagoa aterrada).
NE: Valor orientador não estabelecido.
Nota: mg/Kg $^{-1}$ é igual a ppm.
* Valores que diminuíram em relação a Resolução CONAMA 420/2009;
** Valores que aumentaram em relação a Resolução CONAMA 420/2009.

- **Campanha 2005**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Elementos Químicos: Arsênio Total – Cobre Total – Cromo Total – Mercúrio Total e Zinco Total

- **1ª Campanha 2020**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP) e acima do Valor de Investigação residencial (VI resid.) da Resolução Conama nº 420/2009.

Elementos Químicos: Cádmio Total – Chumbo Total – Cobre Total – Cromo Total – Níquel Total – Zinco Total

- **2ª Campanha 2020**: Os elementos químicos são inexistente, não apresentaram valores acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Entre as duas campanhas realizadas(2005 e 2020/ 1) registra-se como substâncias químicas presentes acima dos valores máximos permitido de Prevenção, o elementos Cobre Total . De acordo com a Resolução 420 (CONAMA, 2009), contaminação é a presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico. Os metais pesados são um grupo de elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica tendo pesos atômicos entre 63,5 e 200,6 e densidade superior a 4,0 g/cm³. Destacam- se por estarem presentes em grande parte das fontes de contaminação. Os metais são componentes naturais dos sistemas ambientais, tais como: rochas, solos, sedimentos, água e organismos. Alguns são essenciais às plantas como ferro, zinco, cobre, níquel, manganês mas podem ser contaminantes, dependendo da concentração. Outros são

tóxicos, ou seja, não têm função no organismo em qualquer concentração: arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio e prata. Os principais metais indicadores de contaminação são: mercúrio, cádmio, cromo, níquel, zinco, chumbo, cobre, ferro e manganês.

De acordo com as diretrizes das normas ambientais, do CONAMA e Ministério de Saúde tais concentrações de metais devem estar abaixo do limite estabelecido para que seja lançado no meio natural ou ainda, para o consumo humano. Tão impactantes são as atividades industriais e agrícolas no que se refere às substâncias lançadas no solo, que há itens referentes a cada uma dessas atividades nas legislações vigentes que delimitam tais limites na Resolução 420 (CONAMA, 2009). Observa-se a mobilidade do cromo, cobre e zinco nos horizontes A e B do perfil do solo analisado e capacidade de mobilidade para o horizonte C.

O grande problema de atingir as águas subterrâneas, em curto prazo, é o risco oferecido à saúde humana. As altas concentrações de metais pesados em águas de consumo humano podem causar consequências drásticas. O Cobre Total em excesso no organismo humano pode causar desde uma dermatite até um câncer de pulmão. As substâncias não presentes na segunda campanha de 2020, pode ser justificada pela advecção, que é o mecanismo primário responsável pelo transporte do contaminante no solo. Caracteriza-se pelo movimento do fluido nos seus macroporos. A componente de fluxo advectivo de condução do contaminante dissolvido no fluido é dada por:

$$J_A = v.c_w$$

onde,

J_A = fluxo advectivo [$ML^{-2}T$];

c_w = concentração do contaminante dissolvido no fluido [ML^{-3}];

v = velocidade de Darcy [LT^{-1}].

Ressalta-se a importância da continuidade nas investigações para comprovação ou não da cinética química através do fluxo hídrico / ciclo hidrológico.

6.3.1 Ponto de Monitoramento 03 – Água

Nesta 2º campanha 2020 esse ponto não houve coleta em função da inexistência de água no poço de monitoramento.

Tabela 8: Resultado analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 03.

Parâmetro	Unidade	CONAMA 357 / 420* Investigação	
		PM 03	V.M.P
Parâmetro	**Unidade**	**CONAMA 357 / 420* Investigação**	**Parâmetro**
Alcalinidade Total	mg/L	223,0	--
Cloretos Total	mg/L	400	250
Condutividade Elétrica	µS/cm	1.775	---
Cor	Pt/L	100	75
Cromo Total *	$\mu g/L^{-1}$	99	50
DBO_5 dias a 20º C	mg/L	20	5
DQO	mg/L	35	---
Ferro Dissolvido	mg/L	5,5	0,3
Nitrato	mg/L	71	10
Cádmio *	$\mu g/L^{-1}$	28	5
Nitrogênio Total	mg/L	30,0	---
Chumbo *	$\mu g/L^{-1}$	11	10
Oxigênio Dissolvido	mg/L	2,97	> 5
pH	---	5,60	6 a 9
Cobre *	$\mu g/L^{-1}$	3.800	2.000
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	650	500
Sólidos Sedimentáveis	mL x L x h	0,2	Virtualmente Ausente
Sulfeto (H_2S não dissociado)	mg/L	5,0	0,002
Turbidez	UNT	250	100
Coliformes Totais	UFC / 100 mL	$4,0 \times 10^6$	---
Coliformes Termotolerantes	UFC / 100 mL	$9,0 \times 10^4$	1000
Bactérias Proteolíticas	UFC / 100 mL	Presença	---

VMP = Valor Máximo Permitido, Conforme Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 / Artigo 15º - Classe 2 - Águas Doces e Resolução CONAMA Nº420 de 30 de Dezembro de 2009 (Àgua Subterrânea – Investigação).

Através das análises apresentadas na 1ª campanha de 2020, observa-se anormalidades no sistema do aquífero livre no qual houve as investigações; e registra-se um comparativo com o ano de 2005 uma concentração superior dos contaminantes. Há necessidade de continuidade nos trabalhos de investigação deste ponto para obtenção de dados e registros para avaliação do comportamento de autodepuração ou não deste manancial.

6.4 Ponto de Monitoramento 04 – Solos

Tabela 11: Resultado analises físico-quimica e bacteriologica de solo do PM 05.

Metais Pesados	**2º campanha 2020 (mg/Kg^{-1})**	**1º campanha 2020 (mg/Kg^{-1})**	**Ano 2005 (ppm)**	**VP CONAMA 420/2009 (ppm)**	**VP – CETESB/2016 (mg/Kg^{-1})**	**VI resid. – CONAMA 420/2009 (ppm)**	**VI resid. – CETESB/2016 (mg/Kg^{-1})**
Arsênio	< 0,050 ppm (Todas as amostras)	**0**	**18 ppm Furo 1 (5m); 19 ppm Furo 2 (7m).**	**15**	**15**	**55**	**55**
Cádmio	< 0,050 ppm (Todas as amostras)	**17 ppm (1m); 15 ppm (2m); 11 ppm (3m); 9 ppm (4m);**	< 0,5 ppm (Todas as amostras)	**1,3**	**1,3**	**8**	**14****
Cromo	**91,50 ppm (1m); 87,4 ppm (2m); 395 ppm (3m);**	**138 ppm (1m); 127 ppm (2m); 119 ppm (3m); 105 ppm (4m); 96 ppm (5m); 81 ppm (6m);**	**194 ppm Furo 1 (5m); 81 - 88 - 86 ppm Furo 2 (3 - 4 - 5 m)**	**75**	**75**	**300**	**300**
Cobre	< 37,40 ppm (Todas as amostras)	**442 ppm (1m); 417 ppm (2m); 389 ppm (3m); 218 ppm (4m); 197 ppm (5m); 160 ppm (6m);**	**102 ppm Furo 2 (6m)**	**60**	**60**	**400**	**2100****
Mercúrio	< 0,050 ppm (Todas as amostras)	**0**	**0,64 ppm Furo 1 (4m)**	**0,5**	**0,5**	**36**	**0,9***
Níquel	< 7,65 ppm (Todas as amostras)	**191 ppm (1m); 178 ppm (2m); 173 ppm (3m); 164 ppm (4m); 158 ppm (5m); 145 ppm (6m);**	15 ppm Furo 2 (7m); 14 ppm Furo 3 (7m)	**30**	**30**	**100**	**480****
Chumbo	< 18,9 ppm (Todas as amostras)	**307 ppm (1m);**	60 ppm Furo 2 (2m) e 55 ppm (7m)	**72**	**72**	**300**	**240***
Zinco	< 130 ppm (Todas as amostras)	**1.772 ppm (1m); 1.674 ppm (2m); 1.630 ppm (3m); 1.558 ppm (4m); 1.442 ppm (5m); 1.390 ppm (6m);**	**555 ppm Furo 1 (3m) e 102 ppm (4m); 93 ppm Furo 2 (1m) e 397 ppm (2m)**	**300**	**86***	**1000**	**7000****
Coliforme Totais 2020	< 1,8 x 10°	550.000 NMP (1m); 93.000 NMP (2m); 86.000 NMP (3m); 55.000 NMP (4m); 3.000 NMP (5m); 1.800 NMP (6m);	28,000 NMP Furo 2 (6m); 64,000 NMP Furo 3 (2m) e 21,000 NMP (4m)	---	---	---	---
Coliforme Termotolerantes 2020 (NMP/g de ST)	< 1,8	520.000 NMP (1m); 88.000 NMP (2m); 60.000 NMP (3m); 30.000 NMP (4m); 2.800 NMP (5m); 1.500 NMP (6m);	7,000 NMP Furo 2 (6m); 11,000 NMP Furo 3 (2m) e 3,000 NMP (4m).	---	---	---	---

Obs: Os resultados do anos de 2005 trata de resultados obtidos diretamente sobre a área contaminada (lagoa aterrada).
NE: Valor orientador não estabelecido.
Nota: mg/Kg $^{-1}$ é igual a ppm.
* Valores que diminuíram em relação a Resolução CONAMA 420/2009;
** Valores que aumentaram em relação a Resolução CONAMA 420/2009.

- **Campanha 2005**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Elementos Químicos: Arsênio Total – Cobre Total – Cromo Total – Mercúrio Total e Zinco Total

- **1ª Campanha 2020**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP) e acima do Valor de Investigação residencial (VI resid.) da Resolução Conama nº 420/2009.

Elementos Químicos: Cádmio Total – Chumbo Total – Cobre Total – Níquel Total – Zinco Total

- **2ª Campanha 2020**: Os elementos químicos são inexistente, não apresentaram valores acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Entre as duas campanhas realizadas(2005, 2020/ 1) registra-se como substâncias químicas presentes acima dos valores máximos permitido de Prevenção, o elemento Cobre Total. De acordo com a Resolução nº 420 (CONAMA, 2009), contaminação é a presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico. Os metais pesados são um grupo de elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica tendo pesos atômicos entre 63,5 e 200,6 e densidade superior a 4,0 g/cm³. Destacam- se por estarem presentes em grande parte das fontes de contaminação. Os metais são componentes naturais dos sistemas ambientais, tais como: rochas, solos, sedimentos, água e organismos. Alguns são essenciais às plantas como ferro, zinco, cobre, níquel, manganês mas podem ser contaminantes, dependendo da concentração. Outros são tóxicos, ou seja, não têm

função no organismo em qualquer concentração: arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio e prata. Os principais metais indicadores de contaminação são: mercúrio, cádmio, cromo, níquel, zinco, chumbo, cobre, ferro e manganês.

De acordo com as diretrizes das normas ambientais, do CONAMA e Ministério de Saúde tais concentrações de metais devem estar abaixo do limite estabelecido para que seja lançado no meio natural ou ainda, para o consumo humano. Tão impactantes são as atividades industriais e agrícolas no que se refere às substâncias lançadas no solo, que há itens referentes a cada uma dessas atividades nas legislações vigentes que delimitam tais limites na Resolução 420 (CONAMA, 2009). Observa-se a mobilidade do cromo, cobre e zinco nos horizontes A e B do perfil do solo analisado e capacidade de mobilidade para o horizonte C.

O grande problema de atingir as águas subterrâneas, em curto prazo, é o risco oferecido à saúde humana. As altas concentrações de metais pesados em águas de consumo humano podem causar consequências drásticas. O Cobre Total em excesso no organismo humano pode causar desde uma dermatite até um câncer de pulmão. As substâncias não presentes na segunda campanha de 2020, pode ser justificada pela advecção, que é o mecanismo primário responsável pelo transporte do contaminante no solo. Caracteriza-se pelo movimento do fluido nos seus macroporos. A componente de fluxo advectivo de condução do contaminante dissolvido no fluido é dada por:

$$J_A = v.c_w$$

onde,

J_A = fluxo advectivo [$ML^{-2}T$];

c_w = concentração do contaminante dissolvido no fluido [ML^{-3}];

v = velocidade de Darcy [LT^{-1}].

Ressalta-se a importância da continuidade nas investigações para comprovação ou não da cinética química através do fluxo hídrico / ciclo hidrológico.

Obs: Os resultados do anos de 2005 trata de resultados obtidos diretamente sobre a área contaminada (lagoa aterrada).
NE: Valor orientador não estabelecido.
Nota: mg/Kg $^{-1}$ é igual a ppm.
* Valores que diminuíram em relação a Resolução CONAMA 420/2009;
** Valores que aumentaram em relação a Resolução CONAMA 420/2009.

- **Campanha 2005**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Elementos Químicos: Arsênio Total – Cobre Total – Cromo Total – Mercúrio Total e Zinco Total.

- **1ª Campanha 2020**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP) e acima do Valor de Investigação residencial (VI resid.) da Resolução Conama nº 420/2009.

Elementos Químicos: Cádmio Total – Chumbo Total – Cobre Total – Cromo Total -Níquel Total – Zinco Total.

- **2ª Campanha 2020**: Os elementos químicos são inexistente, não apresentaram acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Elemento Químico: Cromo Total.

Entre as três campanhas realizadas (2005, 2020/ 1 e 2020/2) registra-se como substâncias químicas presentes acima dos valores máximos permitido de Prevenção, o elemento Cromo Total. De acordo com a Resolução nº 420 (CONAMA, 2009), contaminação é a presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico. Os metais pesados são um grupo de elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica tendo pesos atômicos entre 63,5 e 200,6 e densidade superior a 4,0 g/cm³. Destacam- se por estarem presentes em grande parte das fontes de contaminação. Os metais são componentes naturais dos sistemas ambientais, tais como: rochas, solos, sedimentos, água e organismos. Alguns são essenciais às plantas como ferro, zinco, cobre, níquel, manganês mas podem ser contaminantes, dependendo da concentração. Outros são

Obs: Os resultados do anos de 2005 trata de resultados obtidos diretamente sobre a área contaminada (lagoa aterrada).
NE: Valor orientador não estabelecido.
Nota: mg/Kg $^{-1}$ é igual a ppm.
* Valores que diminuíram em relação a Resolução CONAMA 420/2009;
** Valores que aumentaram em relação a Resolução CONAMA 420/2009.

- **Campanha 2005**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Elementos Químicos: Arsênio Total – Cobre Total – Cromo Total – Mercúrio Total e Zinco Total.

- **1ª Campanha 2020**: Substâncias acima do VMP de Prevenção (VP) e acima do Valor de Investigação residencial (VI resid.) da Resolução Conama nº 420/2009.

Elementos Químicos: Cádmio Total – Chumbo Total – Cobre Total – Cromo Total -Níquel Total – Zinco Total.

- **2ª Campanha 2020**: Os elementos químicos são inexistente, não apresentaram acima do VMP de Prevenção (VP), conforme Resolução CONAMA 420/2009.

Elemento Químico: Cromo Total.

Entre as três campanhas realizadas(2005, 2020/ 1 e 2020/2) registra-se como substâncias químicas presentes acima dos valores máximos permitido de Prevenção, o elemento Cromo Total. De acordo com a Resolução nº 420 (CONAMA, 2009), contaminação é a presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico. Os metais pesados são um grupo de elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica tendo pesos atômicos entre 63,5 e 200,6 e densidade superior a 4,0 g/cm³. Destacam- se por estarem presentes em grande parte das fontes de contaminação. Os metais são componentes naturais dos sistemas ambientais, tais como: rochas, solos, sedimentos, água e organismos. Alguns são essenciais às plantas como ferro, zinco, cobre, níquel, manganês mas podem ser contaminantes, dependendo da concentração. Outros são

tóxicos, ou seja, não têm função no organismo em qualquer concentração: arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio e prata. Os principais metais indicadores de contaminação são: mercúrio, cádmio, cromo, níquel, zinco, chumbo, cobre, ferro e manganês.

De acordo com as diretrizes das normas ambientais, do CONAMA e Ministério de Saúde tais concentrações de metais devem estar abaixo do limite estabelecido para que seja lançado no meio natural ou ainda, para o consumo humano. Tão impactantes são as atividades industriais e agrícolas no que se refere às substâncias lançadas no solo, que há itens referentes a cada uma dessas atividades nas legislações vigentes que delimitam tais limites na Resolução 420 (CONAMA, 2009). Observa-se a mobilidade do cromo, cobre e zinco nos horizontes A e B do perfil do solo analisado e capacidade de mobilidade para o horizonte C.

O grande problema de atingir as águas subterrâneas, em curto prazo, é o risco oferecido à saúde humana. As altas concentrações de metais pesados em águas de consumo humano podem causar consequências drásticas. O Cromo total em excesso no organismo humano pode causar desde uma dermatite até um câncer de pulmão. As substâncias não presentes na segunda campanha de 2020, pode ser justificada pela advecção, que é o mecanismo primário responsável pelo transporte do contaminante no solo. Caracteriza-se pelo movimento do fluido nos seus macroporos. A componente de fluxo advectivo de condução do contaminante dissolvido no fluido é dada por:

$$J_A = v.c_w$$

onde,

J_A = fluxo advectivo [$ML^{-2}T$];

c_w = concentração do contaminante dissolvido no fluido [ML^{-3}];

v = velocidade de Darcy [LT^{-1}].

Neste ponto as duas campanhas realizadas (2020/ 1 e 2020/2) não encontrou o nível d'água por isso não teve analises físico-quimica e bacteriológicos de água do PM 07.

6.8 Ponto de Monitoramento 08 – Solos

Tabela 16: Resultado analises físico-quimica de solo do PM 08.

Metais Pesados (média)	2º campanha 2020 (mg/Kg^{-1})	1º campanha 2020 (mg/Kg^{-1})	Ano 2005 (ppm)	VP CONAMA 420/2009 (ppm)	VP – CETESB/2016 (mg/Kg^{-1})	VI resid. – CONAMA 420/2009 (ppm)	VI resid. – CETESB/2016 (mg/Kg^{-1})
Arsênio	< 0,050 ppm (Todas as amostras)	**0**	**Ano 2005 (ppm)**	**15**	**15**	**55**	**55**
Cádmio	< 0,050 ppm (Todas as amostras)	**10 ppm (1m)**	**18 ppm Furo 1 (5m); 19 ppm Furo 2 (7m).**	**1,3**	**1,3**	**8**	**14****
Cromo	**242 ppm (1m); 109 ppm (2m);**	**382 ppm (1m); 379 ppm (2m); 365 ppm (3m); 354 ppm (4m); 347 ppm (5m); 329 ppm (6m); 315 ppm (7m);**	< 0,5 ppm (Todas as amostras)	**75**	**75**	**300**	**300**
Cobre	**150 ppm (7m)**	**200 ppm (1m); 176 ppm (2m); 159 ppm (3m); 145 ppm (4m); 130 ppm (5m); 114 ppm (6m); 98 ppm (7m);**	**194 ppm Furo 1 (5m); 81 - 88 - 86 ppm Furo 2 (3 - 4 - 5 m)**	**60**	**60**	**400**	**2100****
Mercúrio	< 0,050 ppm (Todas as amostras)	**0**	**102 ppm Furo 2 (6m)**	**0,5**	**0,5**	**36**	**0,9***
Níquel	< 0,50 ppm (Todas as amostras)	**188 ppm (1m); 180 ppm (2m); 172 ppm (3m); 168 ppm (4m); 160 ppm (5m); 150 ppm (6m); 139 ppm (7m);**	**0,64 ppm Furo 1 (4m)**	**30**	**30**	**100**	**480****
Chumbo	< 24,4 ppm (Todas as amostras)	**71 ppm (1m); 66 ppm (2m); 62 ppm (3m); 57 ppm (4m); 49 ppm (5m); 36 ppm (6m); 30 ppm (7m);**	15 ppm Furo 2 (7m); 14 ppm Furo 3 (7m)	**72**	**72**	**300**	**240***
Zinco	< 21,6 ppm (Todas as amostras)	**1.885 ppm (1m); 1.786 ppm (2m); 1.559 ppm (3m); 1.486 ppm (4m); 1.340 ppm (5m); 1.274 ppm (6m); 1.180 ppm (7m);**	60 ppm Furo 2 (2m) e 55 ppm (7m)	**300**	**86***	**1000**	**7000****
Coliforme Totais 2020	< 1,8 x 10°	65.000 NMP (1m); 39.000 NMP (2m); 1.100 NMP (3m);	28,000 NMP Furo 2 (6m); 64,000 NMP Furo 3 (2m) e 21,000 NMP (4m)	---	---	---	---
Coliforme Termotolerantes 2020 (NMP/g de ST)	< 1,8	55.000 NMP (1m); 1.700 NMP (2m); 1.000 NMP (3m);	7,000 NMP Furo 2 (6m); 11,000 NMP Furo 3 (2m) e 3,000 NMP (4m).	---	---	---	---

7 CONCLUSÃO

O presente relatório visou atender a ATA DA 5ª REUNIÃO DA EXECUÇÃO DO CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NUCCA/GERAT/DIRAF Nº67/2019 - em razão dos resultados obtidos na 1ª campanha de 2020. Repetimos as amostragens de solo e respectivas análises laboratoriais, além da amostragem de água subterrânea dos poços de monitoramento já previstas para a 2º campanha de 2020, para fins de comparação dos resultados entre as amostragens.

De acordo com os resultados obtidos das campanhas do ano 2020 (1ª e 2ª) e a do ano 2005, conclui-se essa investigação a partir do fluxograma abaixo explicando a mobilidade da contaminação em solo e água.

Com base na análise comparativa , as curvas de chegada teóricas, obtidas com o uso da média amostral dos parâmetros ajustados obtido para o solo laterítico e não laterítico, conclui-se que:

- O cromo (Cr) e o chumbo (Pb) apresentaram menor mobilidade em ambos os tipos de solos. A diferença foi pequena para o solo laterítico, enquanto que para o solo não laterítico, essa diferença foi maior, tendo o chumbo maior mobilidade. Em

Os Laudos Técnicos das amostras de solo das campanhas do ano 2020 (1ª e 2ª) e a do ano 2005 demonstram não conformidade nas três campanhas do elemento quimico Cromo, Níquel e Cobre. E para os Laudos Técnicos das amostras de água subterrânea, confirmam a existência de contaminantes químicos e microbiológicos acima dos valores máximos permitidos. Sendo eles: PM 01/Taça: Ferro e Amónia (como NH3) estão extremamente elevados, comprovando a mobilidade do elemento metálico e do elemento orgânico que se deu através da interação físico-quimica; PM01: Ferro dissolvido, Nitrato, E. coli, Cor aparente e Turbidez; PM06: Ferro dissolvido, Cor aparente e Turbidez; PM 08: Ferro dissolvido, Cloretos, Sulfeto, DBO_5, Nitrato, Cor aparente, Turbidez. Ressalta que há uma diferença entre as campanhas de 2020 (1ª e 2ª) na quantidades e parâmetros de substâncias analisadas, pois a Tommasi Ambiental não apresentou os resultados das substâncias Inorganicas; bem como na campanha realizada em 2005.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6457 (1986) - Amostra de solos - Preparação para ensaio de caracterização e compactação. 9 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas -NBR 10838 (1988) - Solo- Determinação de massa específica aparente de amostra indeformada c/emprego da balança hidrostática. 4 p.

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6459 (1984) – Determinação do limite de liquidez. 6 p.

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6508 (1984) - Grãos de solo que passam na # de 4,8mm determinação da massa específica. 8 p.

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7180 (1984) - Solo - Determinação do limite de Plasticidade. 3 p.

ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7181 (1984) - Solos - Analise granulométrica. 13 p.

Bear, J. & Cheng., A. (2010). Modeling Ground Water Flow and Contaminant Transport. Ed, Springer, New York, NY. USA.

Boscov, M. E. G., (1997). Contribuição ao Projeto de Sistemas de Contenção de Resíduos Perigosos Utilizando Solos Lateríticos. São Paulo: Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado – Escola Politécnica. 259p

Boscov, M.E.G. (2008): Geotecnia Ambiental. Editora Oficina de Textos, São Paulo – SP, 248p.

Braga, R. M. Q. L. (2010). A utilização de uma camada de solo compactado como revestimento impermeabilizante de fundo de bacias de disposição de lama vermelha produzida em Barcarena-PA. Tese de Doutorado em Geoquímica e Petrologia. Programa de Pós- Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. – 2010 xviii, 153 f. : il.

Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente.

van Genuchten, M.T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.44, p.892-898, 1980.