

4. SERVIÇOS REALIZADOS

4.1. SONDAGENS AMBIENTAIS

Entre os dias 24/05/2021 e 01/06/2021 foram executadas 07 (sete) sondagens ambientais denominadas SD-01 a SD-07, utilizando trado *Hollow Steam Auger* de 4" (quatro polegadas) de diâmetro. As sondagens foram realizadas visando a instalação de poços de monitoramento. Cabe ressaltar que as sondagens denominadas SD-04, SD-05 e SD-06 apresentaram condição impenetrável nas profundidades de 13,40 m (treze metros e quarenta centímetros), 7,10 m (sete metros e dez centímetros) e 6,30 m (seis metros e trinta centímetros), respectivamente. Em todas elas foi identificada condição de presença de rocha.

O nível freático local observado ao longo das perfurações foi interceptado a uma profundidade média de 12,50 m (doze metros e cinquenta centímetros), estabilizando-se em média a 10,67 m (dez metros e sessenta e sete centímetros).

A **TABELA 1** apresenta os dados das sondagens ambientais.

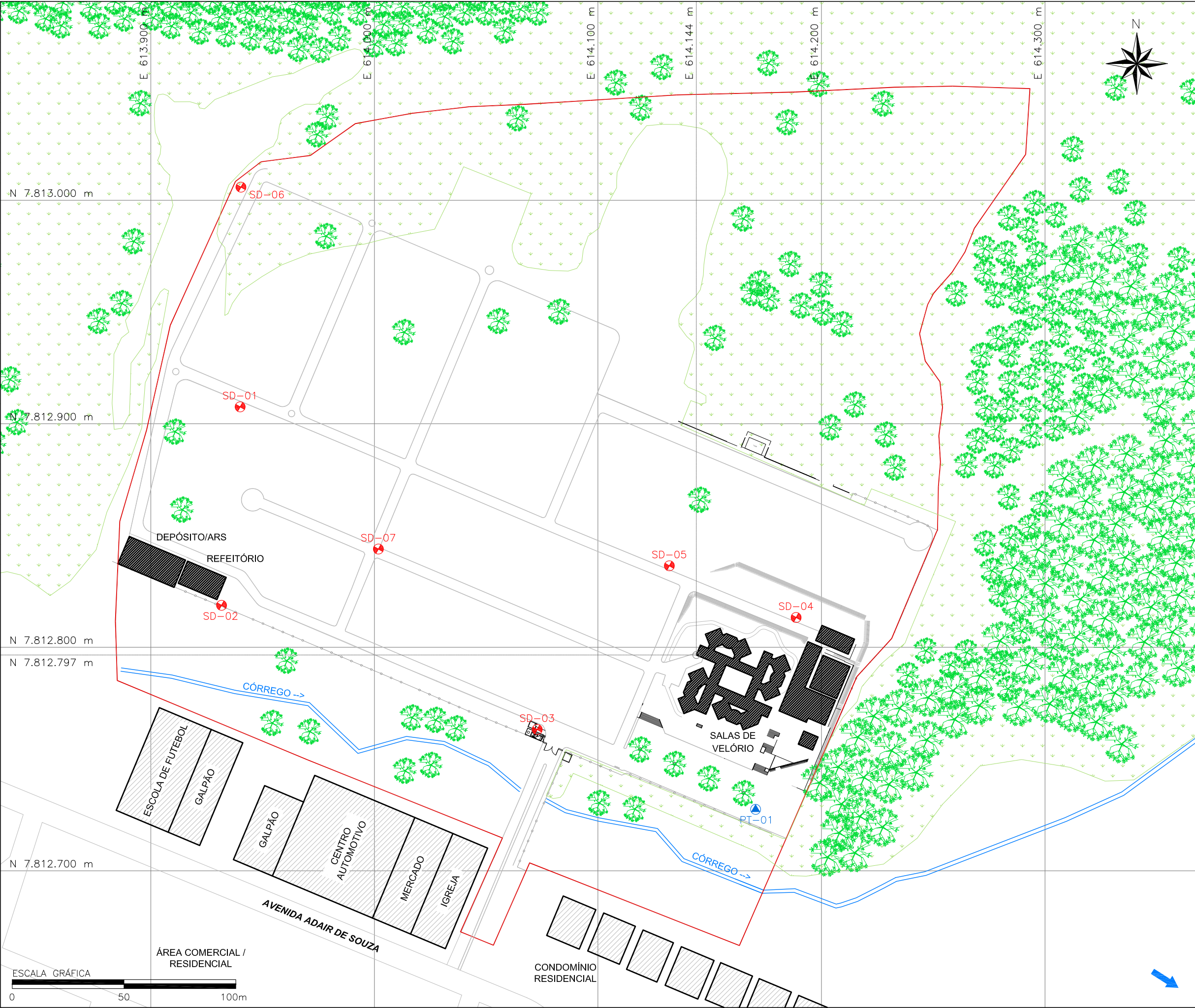
TABELA 1 – SONDAGENS AMBIENTAIS					
Sondagem	Data	Profundidade (m)	Nível D'água Inicial (m)	Nível D'água Estabilizado (m)	>VOC (ppm) / Prof. (m)
SD-01	24/05/2021	12,60	10,00	9,70	ND
SD-02	25/05/2021	8,20	5,60	5,21	ND
SD-03	25/05/2021	8,50	6,50	6,45	ND
SD-04	27/05/2021	13,40	-	-	ND
SD-05	28/05/2021	7,10	-	-	ND
SD-06	31/05/2021	6,30	-	-	ND
SD-07	01/06/2021	14,00	12,00	9,30	ND

Fonte: AMBRATEC, 2021. Legenda: (SD) Sondagem *Hollow Steam Auger*; (m) metros; (ppm) parte por milhão; (VOC) Compostos Orgânicos Voláteis; (ND) Não Detectado.

As sondagens foram realizadas segundo a norma ABNT NBR 15492 (Sondagem de Reconhecimento para fins de Qualidade Ambiental) de 2007. Durante a execução das sondagens, a cada 1,00 metro sondado ou nas mudanças de litologia, foi coletada uma amostra de solo para leitura das concentrações de VOC presentes.

Para a realização das medições de VOC, utilizou-se o analisador portátil de vapores orgânicos, modelo *Eagle – Rkl Instruments*. A verificação do equipamento é realizada periodicamente, segundo manual de operação. Para isto foi utilizado o gás hexano, conforme especificações constantes no certificado apresentado no **ANEXO II**. Em todas as leituras realizadas nas sondagens supracitadas não foram detectadas concentrações de VOC.

Os pontos onde foram realizadas as sondagens ambientais são apresentados na **FIGURA 7**.



PROJETO:
RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL
DETALHADA

CEMITÉRIO BELO VALE

PROJETO AMBRATEC: 2194-2213/21

SANTA LUZIA – MG

- LEGENDA:
- PONTO DE REFERÊNCIA UTM
(E 614.144 m; N 7.812.797 m)
Zona 23S Datum SIRGAS 2000
COORDENADAS UTM
 - XXX.XXXm
 - ÁREA DO EMPREENDIMENTO
 - EDIFICAÇÃO
 - ÁRVORE
 - VEGETAÇÃO
 - SENTIDO DE FLUXO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS
 - PT-XX POÇO TUBULAR
 - SH-XX SONDAENS EXECUTADAS

FIGURA 7:
LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS
AMBIENTAIS

APROVADO POR: RAFAEL MARIANO	REVISTO POR: HEITOR CASSEMIRO
DESENHADO POR: JESSICA S. PORTO	ESCALA: GRÁFICA

4.2. AMOSTRAGEM DE SOLO

Durante as sondagens ambientais em que foram identificados o nível d'água, foram coletadas amostras de solo, considerando a franja, uma vez que não foram identificadas leituras de VOC durante as alíquotas coletadas durante às sondagens ambientais.

Desta forma, foram coletadas 04 (quatro) amostras de solo deformado nas sondagens SD-01, SD-02, SD-03 e SD-07.

As amostras foram devidamente identificadas, acondicionadas e enviadas ao laboratório Eurofins ASL. O laboratório em questão fica localizado no município de Rio Claro/SP, sendo devidamente acreditado conforme norma ISO/IEC 17025:2017.

As informações gerais relativas às amostras coletadas nas sondagens ambientais são apresentadas na **TABELA 2**.

TABELA 2 – DADOS AMOSTRAS DE SOLO				
Identificação do Ponto	Identificação da Amostra	Data da Coleta	Laboratório	Parâmetros a serem analisados
SD-01	ASD-SD-01	25/05/2021	Eurofins ASL	COT, Íons, SVOC, VOC, Metais Totais, TPH Fingerprint
SD-02	ASD-SD-02	25/05/2021	Eurofins ASL	
SD-03	ASD-SD-03	25/05/2021	Eurofins ASL	
SD-07	ASD-SD-04	01/06/2021	Eurofins ASL	

Fonte: Ambrattec, 2021. Legenda: (ASD) Amostra de solo deformado; (SD) Sondagem *Hollow Steam Auger*; (COT) Carbono Orgânico Total; (SVOC) *Semi Volatile Organic Compounds* – Compostos Orgânicos Semi Voláteis; (TPH) *Total Petroleum Hydrocarbons* – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo; (VOC) *Volatile Organic Compounds* – Compostos Orgânicos Voláteis.

Os laudos analíticos, certificado de acreditação e ART do laboratório são apresentados no **ANEXO IV**.

4.3. INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO

A partir das sondagens ambientais SD-01, SD-02, SD-03 e SD-07, realizadas na área do empreendimento, foram instalados 04 (quatro) poços de monitoramento, denominados PM-01, PM-02, PM-03 e PM-04.

A **TABELA 3** apresenta os dados construtivos dos poços instalados.

TABELA 3 – DADOS CONSTRUTIVOS DOS POÇOS PIEZOMÉTRICOS INSTALADOS					
Sondagem/ Poço	Profundidade do Poço (m)	Intervalo do Filtro (m)	Intervalo do Pré-Filtro (m)	Intervalo Selo (m)	Nível D'água Estabilizado
SD-01/PM-01	12,47	8,47 – 12,47	7,00 – 12,60	0,00 – 7,00	9,70
SD-02/PM-02	8,15	4,15 – 8,15	3,00 – 8,20	0,00 – 3,00	5,21
SD-03/PM-03	8,15	4,15 – 8,15	3,00 – 8,50	0,00 – 3,00	6,45
SD-07/PM-04	13,80	7,80 – 13,80	6,50 – 14,00	0,00 – 6,50	9,30

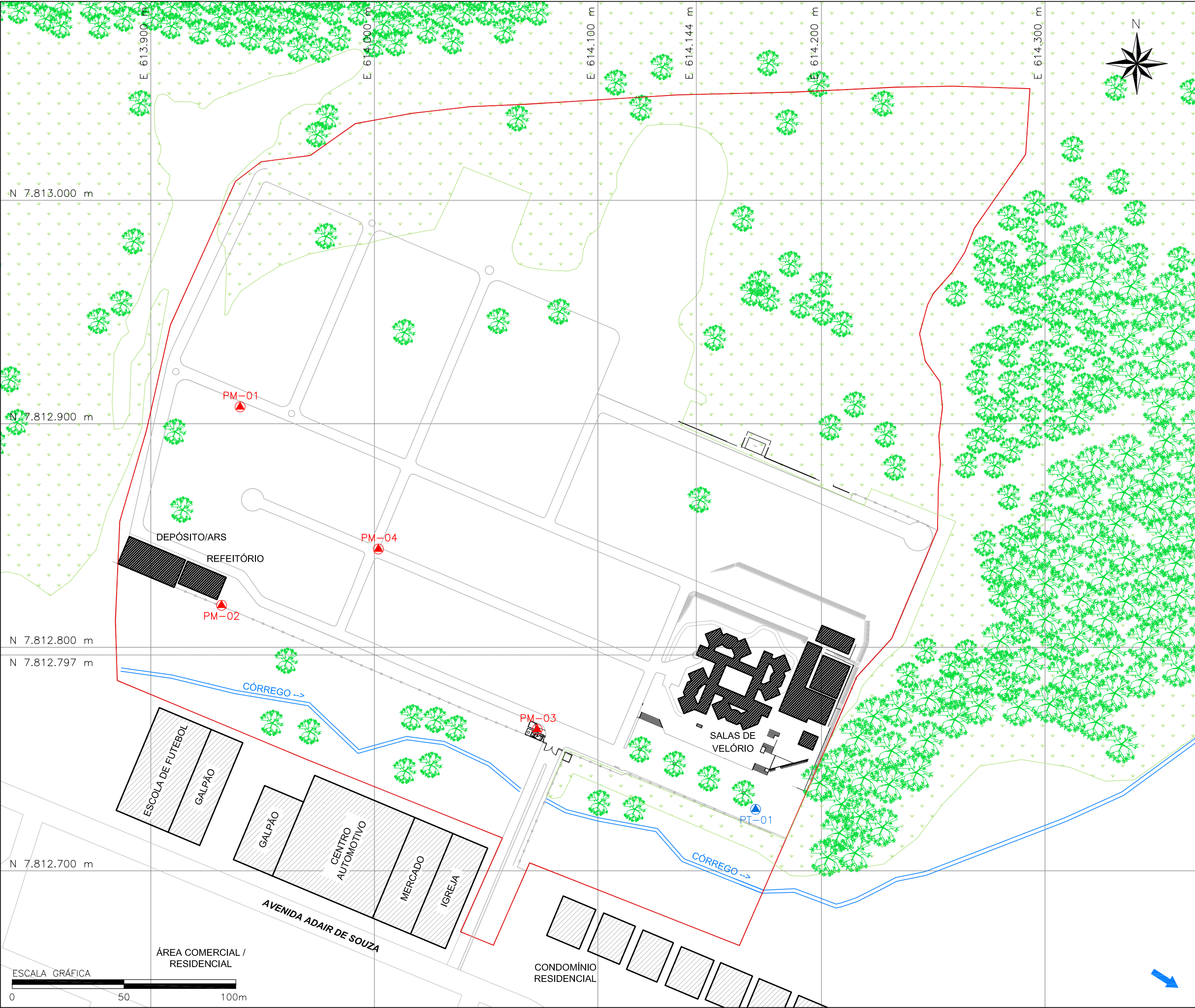
Fonte: AMBRATEC, 2021. Legenda: (m) metros; (PM) Poço de monitoramento; (SD) Sondagem *Hollow Steam Auger*.

Os poços de monitoramento foram instalados de acordo com a metodologia e com os requisitos das normas ABNT NBR 15495-1 (Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 1: Projeto e construção), publicada em 2007, e ABNT NBR 15495-2 (Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento), publicada em 2008, sendo utilizados tubos de revestimento e tubos-filtro construídos em PVC de 2”.

A localização dos poços de monitoramento instalados são apresentados na **FIGURA 8**.

Os perfis descritivos das sondagens e construtivos dos poços encontram-se na **FIGURA 9**.

Os registros fotográficos das atividades executadas são apresentados no **ANEXO I**.



PROJETO:
RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL
DETALHADA

CEMITÉRIO BELO VALE

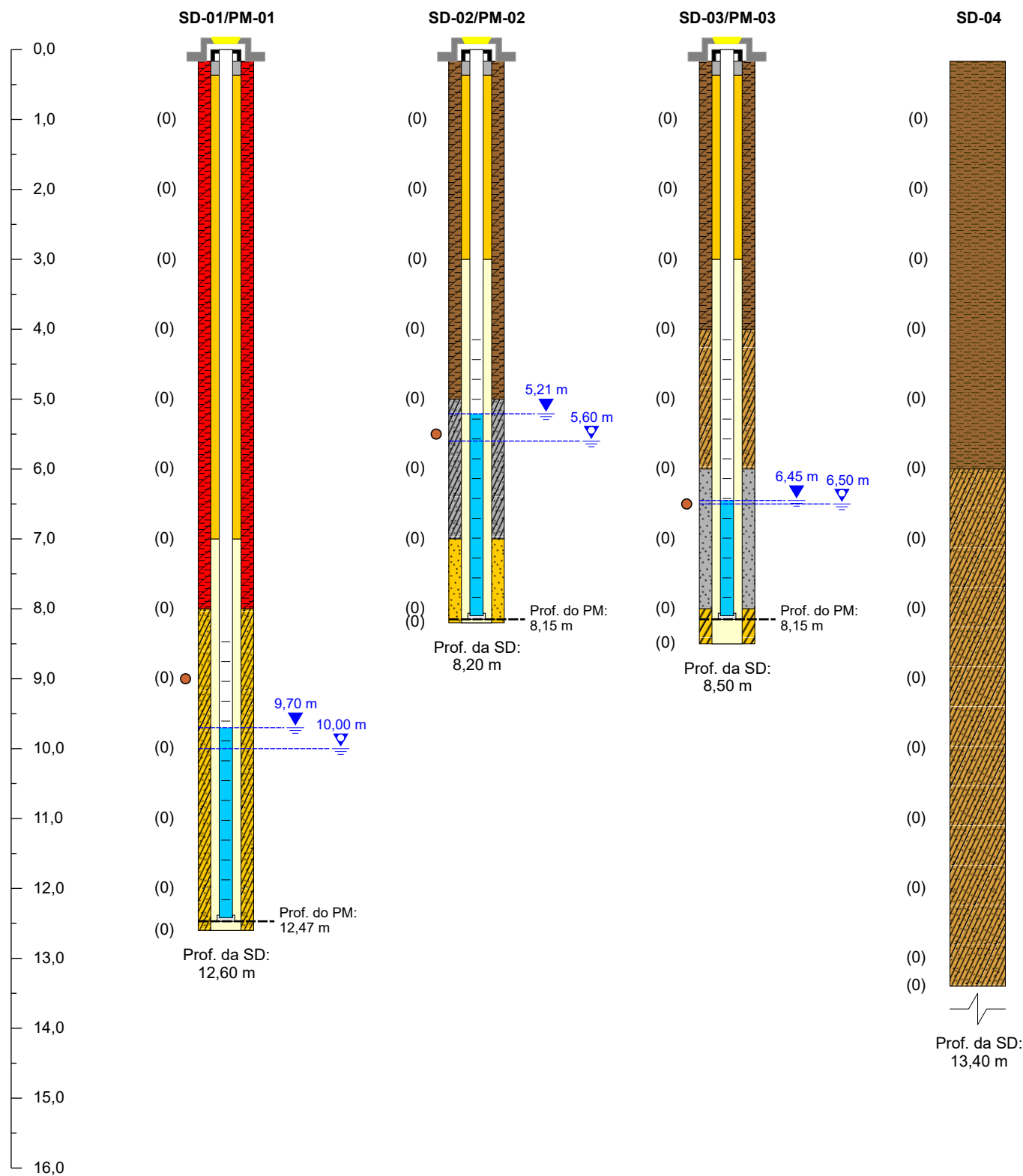
PROJETO AMBRATEC: 2194-2213/21

SANTA LUZIA – MG

- LEGENDA:
- PONTO DE REFERÊNCIA UTM
(E 614.144 m; N 7.812.797 m)
Zona 23S Datum SIRGAS 2000
XXX.XXXm COORDENADAS UTM
 - ÁREA DO EMPREENDIMENTO
 - EDIFICAÇÃO
 - ÁRVORE
 - VEGETAÇÃO
 - SENTIDO DE FLUXO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS
 - PT-XX POÇO TUBULAR
 - PM-XX POÇO DE MONITORAMENTO INSTALADO

FIGURA 8:
LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS
INSTALADOS

APROVADO POR: RAFAEL MARIANO	REVISTO POR: HEITOR CASSEMIRO
DESENHADO POR: JESSICA S. PORTO	ESCALA: GRÁFICA



PROJETO:

RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL PRELIMINAR E
CONFIRMATÓRIO

CEMITÉRIO BELO VALE

PROJETO AMBRATEC: 2194-2213/21

SANTA LUZIA - MG

LEGENDA:

(0)	Concentrações de VOC (ppm)		Solo arenoso amarelo
	Nível d'água estabilizado (m)		Solo arenoso cinza
	Nível d'água da sondagem (m)		Solo argiloso amarelo
	Impenetrável		Amostra de Solo
	Solo silto argiloso vermelho		
	Solo silto argiloso marrom		
	Solo silto arenoso marrom		
	Solo argilo arenoso amarelo		
	Solo argilo arenoso cinza		
	Solo argilo arenoso ocre		

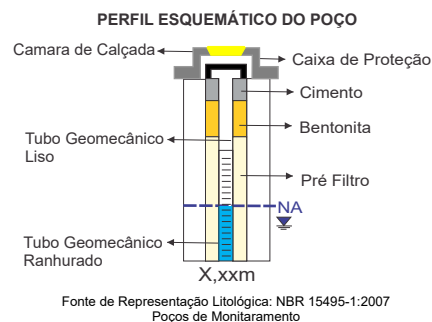
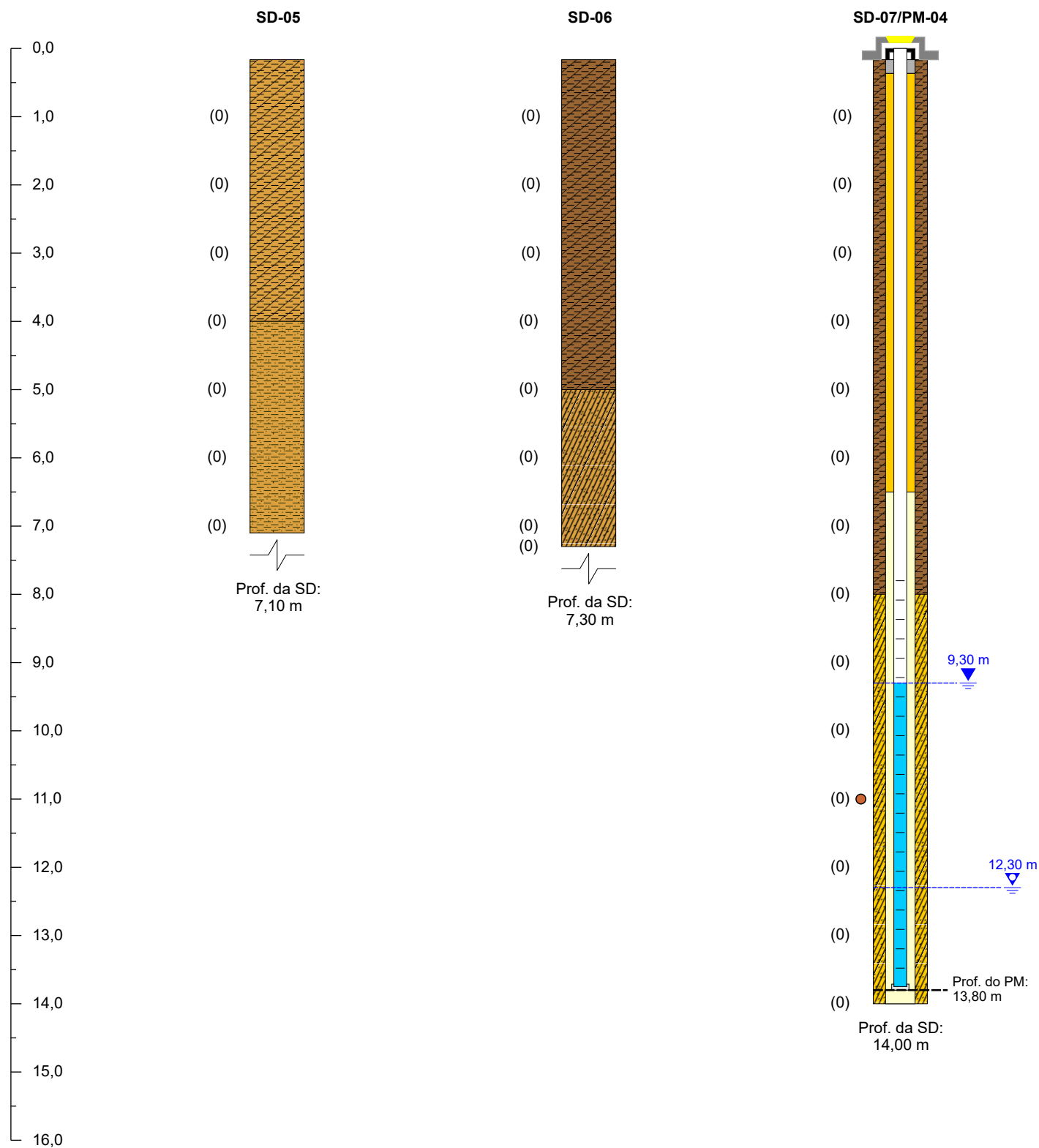


FIGURA 9:

PERFIS DESCRITIVOS DAS SONDAGENS
E CONSTRUTIVOS DOS POÇOS INSTALADOS



PROJETO:

RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO
AMBIENTAL PRELIMINAR E
CONFIRMATÓRIO

CEMITÉRIO BELO VALE

PROJETO AMBRATEC: 2194-2213/21

SANTA LUZIA - MG

LEGENDA:

- (0) Concentrações de VOC (ppm)
- ▼ X,xx Nível d'água estabilizado (m)
- ▼ X,xx Nível d'água da sondagem (m)
- Impenetrável
- Solo silto argiloso ocre
- Solo silto argiloso marrom
- Solo silto arenoso ocre
- Solo argilo arenoso amarelo
- Solo argilo arenoso ocre
- Amostra de Solo

APROVADO POR:

RAFAEL MARIANO

REVISTO POR:

HEITOR CASSEMIRO

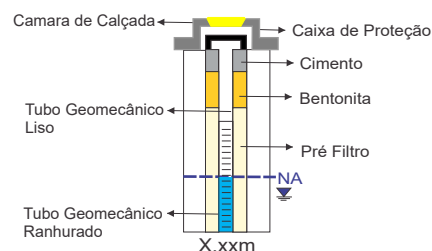
DESENHADO POR:

JESSICA S. PORTO

ESCALA:

GRÁFICA

PERFIL ESQUEMÁTICO DO POÇO



Fonte de Representação Litológica: NBR 15495-1:2007
Poços de Monitoramento

FIGURA 9:

PERFIS DESCRITIVOS DAS SONDAENS
E CONSTRUTIVOS DOS POÇOS INSTALADOS

4.4. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

No dia 03/06/2021 foi realizada a amostragem de água subterrânea nos poços instalados na área do empreendimento. A amostragem foi conduzida por método de baixa vazão, através da utilização de sonda multiparamétrica em conjunto da turbidímetro portátil para monitoramento dos parâmetros *in-situ* e célula de fluxo para bombeamento por baixa vazão. No dia 12/07/2021 foi coletada 01 (uma) amostra de água no Poço Tubular (PT).

Foram monitorados os parâmetros Condutividade Específica (mS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, ORP (mV), temperatura (°C) e turbidez (NTU) e sendo atingido 3 leituras estabilizadas, fez-se a coleta das amostras, seguindo as orientações estabelecidas no plano de amostragem.

A amostragem seguiu as diretrizes estabelecidas conforme ABNT NBR 15.847 Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga bem como ISO/IEC 17025:2017.

O resumo das informações relativas aos parâmetros *in-situ* monitorados durante o processo de amostragem são apresentados na **TABELA 4**.

TABELA 4 – RESUMO DOS RESULTADOS AMOSTRAGEM POR BAIXA VAZÃO				
Ponto/Amostra	Parâmetros	Leitura Estabilizada	Incerteza Expandida (95%, k=2)	Vazão de Coleta (mL/min)
PM-01	C.E (mS/cm)	0,18	± 0,05	220,00
	O.D. (mg/L)	23,92	± 0,60	
	pH	6,92	± 0,11	
	ORP (mV)	225	± 19	
	Temperatura (°C)	24,24	± 0,22	
	Turbidez (NTU)	4,50	± 1,21	
PM-02	C.E (mS/cm)	0,95	± 0,09	190,00
	O.D. (mg/L)	27,03	± 0,21	
	pH	6,70	± 0,13	
	ORP (mV)	198	± 16	
	Temperatura (°C)	25,13	± 0,14	
	Turbidez (NTU)	10,85	± 0,19	
PM-03	C.E (mS/cm)	0,74	± 0,06	230,00
	O.D. (mg/L)	18,99	± 0,19	
	pH	6,45	± 0,10	
	ORP (mV)	215	± 21	
	Temperatura (°C)	25,51	± 0,31	
	Turbidez (NTU)	10,95	± 0,18	
PM-04	C.E (mS/cm)	0,25	± 0,06	210,00
	O.D. (mg/L)	20,93	± 1,54	
	pH	6,92	± 0,08	
	ORP (mV)	152	± 19	
	Temperatura (°C)	25,38	± 0,22	
	Turbidez (NTU)	6,70	± 0,20	

Fonte: Ambrattec, 2021. Legenda (mS/cm) milisímiens por centímetro; (mg/L) miligramas por litro; (mV) milivoltz; (°C) graus celsius; (NTU) Unidade de turbidez nefelométrica; (PM) poço de monitoramento; (mL/min) mililitros por minuto.

O calculo das incertezas de medição bem como os certificados de calibração dos equipamentos utilizados são apresentados no **ANEXO III**.

As amostras coletadas foram acondicionadas em caixas de isopor e gelo, sendo enviadas ao laboratório Eurofins ASL, localizado no município de Rio Claro/SP. As informações sobre as amostras e parâmetros a serem analisados estão apresentadas na **TABELA 5**. Ressalta-se que a amostra coletada no Poço Tubular está identificada como AAS-PM-05, pois o procedimento laboratorial é de identificação sequencial.

TABELA 5 – DADOS AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA				
Identificação do Ponto	Identificação da Amostra	Data da Coleta	Laboratório	Parâmetros a serem analisados
PM-01	AAS-PM-01	03/06/2021	Eurofins ASL	Série Nitrogenada, Carbono Orgânico Total, Carbono Orgânico Dissolvido, SVOC, VOC, Metais Totais.
PM-02	AAS-PM-02	03/06/2021	Eurofins ASL	
PM-03	AAS-PM-03	03/06/2021	Eurofins ASL	
PM-04	AAS-PM-04	03/06/2021	Eurofins ASL	
PT	AAS-PM-05	12/07/2021	Eurofins ASL	

Fonte: Ambrattec, 2021. Legenda: (AAS) Amostra de água subterrânea; (PM) poço de monitoramento; (PT) Poço Tubular; (SVOC) *Semi Volatile Organic Compounds* – Compostos Orgânicos Semi Voláteis; (VOC) *Volatile Organic Compounds* – Compostos Orgânicos Voláteis.

Os laudos analíticos, certificado de acreditação e ART do laboratório são apresentados no **ANEXO IV**.

4.5. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

No dia 01/06/2021 foi realizado o nivelamento topográfico dos poços instalados na área do empreendimento. O nivelamento foi realizado através do equipamento Estação Total NTS 355r+, Geodetic – *Geo Technologies*. As cotas e coordenadas obtidas são apresentadas na **TABELA 6**.

TABELA 6 – COTAS E COORDENADAS DOS POÇOS REINSTALADOS			
Identificação dos Pontos	Cota Topográfica	Coordenadas	
		Norte	Leste
<i>unidade</i>	<i>metros (m)</i>	<i>metros (m)</i>	<i>metros (m)</i>
PM-01	728,62	7.812.909,69	613.941,61
PM-02	722,54	7.812.821,05	613.931,74
PM-03	719,60	7.812.763,05	614.071,96
PM-04	725,73	7.812.845,00	614.002,34
PT	719,67	7.812.725,60	614.169,03

Fonte: AMBRATEC, 2021. Legenda: (PM) poço de monitoramento; (PT) poço tubular.

Os dados topográficos levantados nas atividades de campo são apresentados no **ANEXO V**.

4.6. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA

4.6.1. Monitoramento do nível d'água

No dia 03/06/2021 foi realizado o monitoramento do nível d'água estabilizado dos poços instalados no *site*, utilizando-se um medidor de fases *Mini Interface Meter – Solinst*.

A **TABELA 7** apresenta a medida de nível d'água e espessura de eventual produto em fase livre identificado. A leitura obtida tem por finalidade a avaliação das condições de fluxo subterrâneo, acompanhamento da quantidade de água existente nos poços e avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea.

TABELA 7 – MONITORAMENTO DE NÍVEL D'ÁGUA			
Identificação	Profundidade	Nível D'água	Espessura de Fase Livre
<i>Nomenclatura</i>	<i>Metros (m)</i>	<i>Metros (m)</i>	<i>Metros (m)</i>
PM-01	12,47	9,70	ND
PM-02	8,15	5,20	ND
PM-03	8,15	6,20	ND
PM-04	13,80	9,25	ND
MÉDIA	10,64	7,59	-

Fonte: Ambrattec, 2021. Legenda: (PM) Poço de Monitoramento; (ND) Não Detectado; (-) Não aplicável.

Na data do monitoramento realizado, o nível freático local encontrava-se a uma profundidade média de 7,59 m (sete metros e cinquenta e nove centímetros).

4.6.2. Potenciometria

De acordo com os dados de cotas medidas nos poços instalados no *site* e nível da água do aquífero livre local (**TABELAS 6 e 7**), foi elaborado um mapa potenciométrico através da interpolação dos valores de cargas hidráulicas em linhas equipotenciais. Sendo assim, foi possível determinar o sentido do fluxo da água subterrânea para a área investigada.

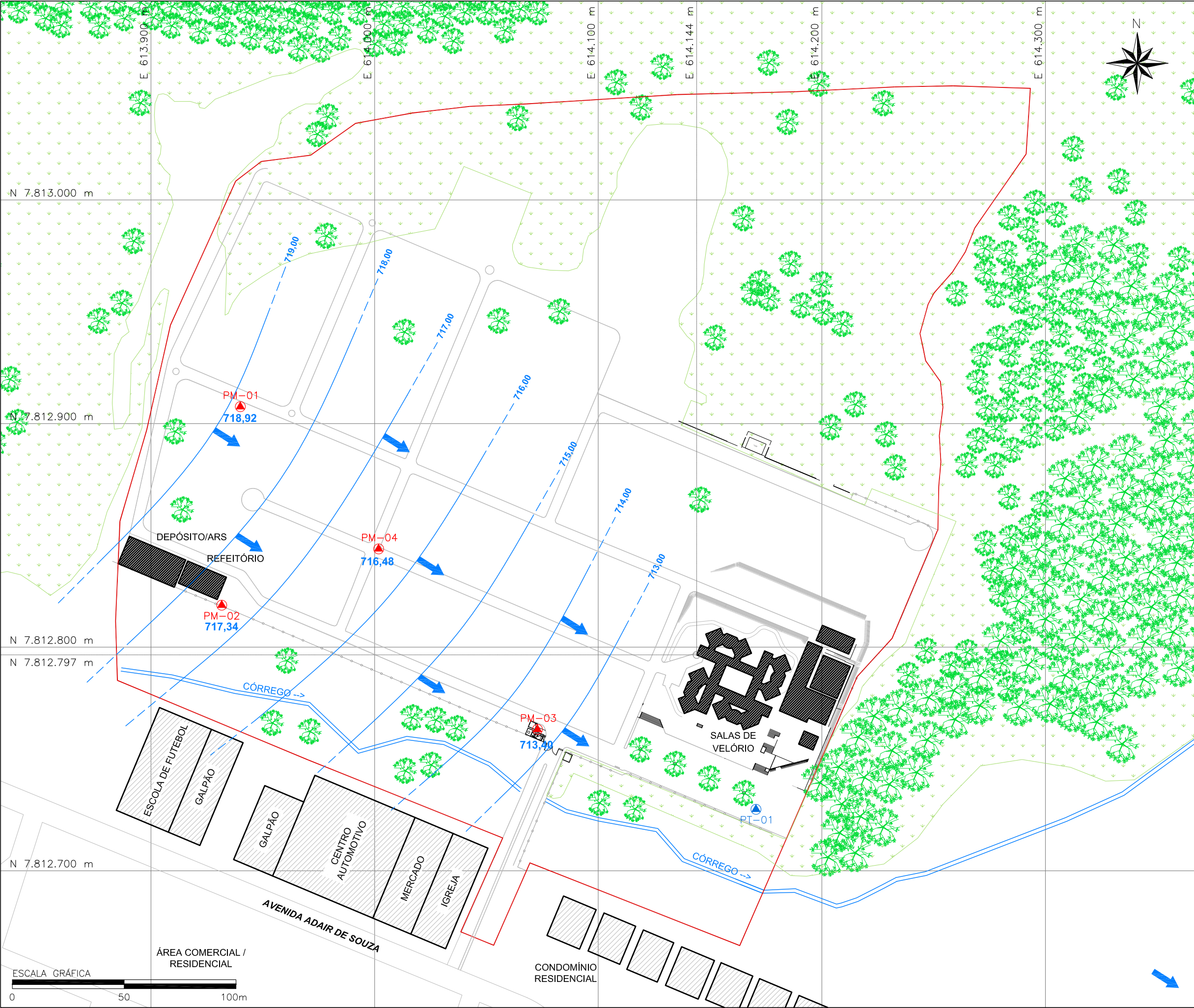
A **TABELA 8** apresenta as medições de nível d'água executadas nos poços de monitoramento e seus respectivos valores de carga hidráulica.

TABELA 8 – CARGA HIDRAULICA DOS POÇOS DE MONITORAMENTO				
Identificação	Cota Topográfica	Espessura de Fase Livre	Nível D'água	Carga Hidráulica
<i>Nomenclatura</i>	<i>Metros (m)</i>	<i>Metros (m)</i>	<i>Metros (m)</i>	<i>Metros (m)</i>
PM-01	728,62	ND	9,70	718,92
PM-02	722,54	ND	5,20	717,34
PM-03	719,60	ND	6,20	713,40
PM-04	725,73	ND	9,25	716,48

Fonte: Ambrattec, 2021. Legenda: (PM) Poço de Monitoramento; (ND) Não Detectado; (-) Não aplicável.

O mapa potenciométrico é apresentado na **FIGURA 10**.

Conforme avaliação observa-se que o sentido do fluxo está na direção sudeste.



PROJETO:
RELATÓRIO DE INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL
DETALHADA

CEMITÉRIO BELO VALE

PROJETO AMBRATEC: 2194–2213/21

SANTA LUZIA – MG

- LEGENDA:
- PONTO DE REFERÊNCIA UTM
(E 614.144 m; N 7.812.797 m)
Zona 23S Datum SIRGAS 2000
COORDENADAS UTM
 - ÁREA DO EMPREENDIMENTO
 - EDIFICAÇÃO
 - ÁRVORE
 - VEGETAÇÃO
 - SENTIDO DE FLUXO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS
 - PT–XX
POÇO TUBULAR
 - PM–XX
POÇO DE MONITORAMENTO INSTALADO
 - CURVAS EQUIPOTENCIAIS DO FLUXO
FLUXO SUBTERRÂNEO DEFINIDO
 - CURVAS EQUIPOTENCIAIS DO FLUXO
FLUXO SUBTERRÂNEO INFERIDO
 - XXX,XX
CARGA HIDRÁULICA

FIGURA 10:
MAPA POTENCIOMÉTRICO

APROVADO POR: RAFAEL MARIANO	REVISTO POR: HEITOR CASSEMIRO
DESENHADO POR: JESSICA S. PORTO	ESCALA: GRÁFICA

4.6.3. Ensaio de Permeabilidade

Durante o período da realização das investigações, foi realizado 01 (um) ensaio de permeabilidade do tipo carga variável *bail test* (Freeze & Cherry, 1979) no poço de monitoramento PM-03. Para o tratamento dos dados, foi utilizado como referência o método de solução (Bower & Rice 1976).

Bouwer e Rice (1976) desenvolveram a seguinte relação empírica que descreve o comportamento do nível da água em um aquífero freático, devido à injeção instantânea ou retirada de água de um poço:

$$\ln(H_0) - \ln(h) = \frac{2KLf}{r_{CE}^2 \ln\left(\frac{r_e}{r_{we}}\right)}$$

$$r_{we} = r_w \sqrt{K_z/K_r}$$

Onde:

- h é o deslocamento no tempo t [L]
- H_0 é o deslocamento inicial [L]
- K_r é a condutividade hidráulica radial [L / T]
- K_z é a condutividade hidráulica vertical [L / T]
- L é o comprimento da seção filtrante [L]
- r_c é o raio nominal do envólucro do filtro [L]
- r_{CE} é raio efetivo do envólucro do filtro (r_c quando a seção filtrante do poço estivera totalmente submersa) [L]
- r_e é o raio externo [L]
- r_w é raio do poço [L]
- r_{we} é o raio equivalente do poço [L]
- t é o raio equivalente do poço [L]

O termo é uma quantidade empírica que representa a geometria do poço (Bouwer e Rice 1976).

Zlotnik (1994) propôs um raio equivalente do poço (r_{we}) para um poço parcialmente penetrante em um aquífero anisotrópico. Ao introduzir a razão de anisotropia nos dados do aquífero para o poço de *slug test*, o raio equivalente do poço mantém-se constante quando a relação de anisotropia é igual a um (1,0). Esta relação é aplicável a poços onde a seção filtrante não penetra em profundidades onde as variações hidrogeológicas sejam significantes.

A **TABELA 9** apresenta os dados de medição dos ensaios de permeabilidade realizado no poço PM-03.

TABELA 9 – DADOS DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE	
Data de início: 03/06/2021	Data de término: 03/06/2021
Equipamentos: Medidor de N.A., Cronômetro e Mini Interface Meter	
Poço: PM-03	
Nível D'água Inicial (Estático): 6,85 m	
Nível D'água no Início do Ensaio (Nível Dinâmico): 8,06 m	
Profundidade do Poço: 8,15 m	
Diâmetro do Poço: 2"	
Comprimento do Filtro do Poço: 3,00 m	
TEMPO (minuto)	NÍVEL DA ÁGUA (metro)
0	8,06
1	7,86
2	7,68
3	7,50
4	7,38
5	7,26
6	7,16
7	7,08
8	7,05
9	6,98
10	6,93
12	6,87
15	6,85

Fonte: Ambrathec, 2021. Legenda: (N.A) Nível d'água; (m) metros; (PM) Poço de monitoramento.

Baseando-se nos dados determinados em campo, foi obtida uma condutividade hidráulica para o aquífero da ordem de $1,60 \times 10^{-4}$ cm/s, o que equivale a $1,35 \times 10^{-1}$ m/dia.

A **TABELA 10**, a seguir, apresenta os resultados obtidos pelo ensaio de permeabilidade conduzido no poço de monitoramento PM-03.

TABELA 10 – RESULTADO ENSAIO DE PERMEABILIDADE				
Nº do Poço	Tipo de Teste / Método de Solução	Data do Teste	Condutividade Hidráulica (K)	
			cm/s	m/dia
PM-03	<i>Bail test</i> (Freeze & Cherry, 1979)/ (Bower & Rice, 1976)	03/06/2021	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,35 \times 10^{-1}$

Fonte: AMBRATEC, 2021. Legenda: (PM) Poço de monitoramento; (cm/s) centímetros por segundo; (m/dia) metros por dia.

O tratamento dos dados foi realizado utilizando-se o *software Aqtesolv*, versão 4.50.002, 2007, método analítico BOUWER & RICE (1976 apud FETTER, 1994). Os dados obtidos nos ensaios de permeabilidade encontram-se no **ANEXO VI**.

5. ANÁLISES LABORATORIAIS

5.1. VALORES ORIENTADORES

Os valores orientadores são valores de qualidade ambiental para os meios investigados que determinam limites de concentrações máximas aceitáveis dos compostos de interesse para que não haja risco imediato à saúde humana, sendo normalmente estabelecidos por legislações ambientais.

No presente estudo, os valores considerados como orientadores são estipulados conforme Resolução CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – Nº 420 de 28 de dezembro de 2009 e a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH – Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – Nº 02 de 08 de setembro de 2010. Já para o parâmetro TPH foram considerados os valores orientadores da CETESB de 2016.

Os valores orientadores aqui considerados para a qualidade do solo e das águas subterrâneas são apresentados, respectivamente,

5.2. RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO DEFORMADO

Nas amostras de solo coletadas nas sondagens SD-01, SD-02, SD-03 e SD-07 foram analisados os parâmetros químicos Carbono Orgânico Total, Íons, Metais Totais, SVOC, VOC e TPH *Fingerprint*. Os resultados analíticos foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA Nº 420/2009, da DN COPAM/CERH Nº 02/2010 e com o valor orientador da CETESB 2016.

Conforme os resultados analíticos geoquímicos dos compostos de interesse, nenhuma das concentrações identificadas nas amostras de solo infringiu os valores tomados como orientadores para avaliação da área nos cenários residencial e industrial.

Foram identificadas concentrações de nitrogênio nítrico nas amostras identificadas por ASD-SD-01 (5,63 mg/Kg), ASD-SD-02 (5,07 mg/Kg) e ASD-SD-03 (3,35 mg/Kg). Em relação às análises de Carbono Orgânico Total (COT), identificaram-se concentrações nas amostras ASD-SD-01 (0,150 %p/p), ASD-SD-02 (0,37 %p/p), ASD-SD-03 (0,29 %p/p) e ASD-SD-04 (0,29 %p/p).

Os resultados analíticos obtidos nas amostras de solo coletadas são apresentados nas **TABELAS 11, 12, 13 e 14**. Os laudos laboratoriais encontram-se no **ANEXO IV**.

A planta baixa com a distribuição das concentrações dos compostos analisados no solo encontra-se nas **FIGURAS 11, 12, 13 e 14**.

TABELA 11 – RESULTADOS ANALÍTICOS - AMOSTRAS DE SOLO DEFORMADO - METAIS TOTAIS										
PARÂMETROS	SD-01		SD-02		SD-03		SD-07		CONAMA Nº 420/2009 DN COPAM/CERH 02/2010	
	ASD-SD-01		ASD-SD-02		ASD-SD-03		ASD-SD-04			
	Ambrattec		Ambrattec		Ambrattec		Ambrattec		Investigação	
	jun/21	LQ	jun/21	LQ	jun/21	LQ	jun/21	LQ	Residencial	Industrial
METAIS TOTAIS	Unidade de Medida - mg/Kg									
Antimônio	< 0,225	0,225	< 0,219	0,219	< 0,220	0,220	< 0,243	0,243	10	25
Arsênio	1,86	0,281	2,28	0,274	1,69	0,275	34,5	0,304	55	150
Bário	17,8	0,281	43,2	0,274	39,25	0,275	30,6	0,304	500	750
Boro	< 5,63	5,63	< 5,48	5,482	< 5,51	5,508	< 6,07	6,071	-	-
Cádmio	< 0,169	0,169	< 0,165	0,165	< 0,165	0,165	< 0,182	0,182	8	20
Chumbo	8,69	0,281	14,7	0,274	14,6	0,275	13,5	0,304	300	900
Cobalto	1,41	0,169	2,65	0,165	2,74	0,165	3,53	0,182	65	90
Cobre	6,34	0,281	7,71	0,274	6,94	0,275	11,7	0,304	400	600
Cromo	8,74	0,281	10,2	0,274	9,56	0,275	12,3	0,304	300	400
Ferro	14120,83	281,25	13915,69	274,09	13074,16	275,37	19491,23	303,55	-	-
Manganês	89,1	0,281	123	0,274	145	0,275	136	0,304	-	-
Mercurio	< 0,0110	0,0110	< 0,0110	0,0110	< 0,0110	0,0110	< 0,0120	0,0120	36	70
Molibdênio	0,578	0,281	0,337	0,274	0,378	0,275	1,25	0,304	100	120
Níquel	1,88	0,281	3,60	0,274	2,93	0,275	6,63	0,304	100	130
Prata	< 0,281	0,281	< 0,274	0,274	< 0,275	0,275	< 0,304	0,304	50	100
Selênio	< 0,281	0,281	< 0,274	0,274	< 0,275	0,275	< 0,304	0,304	-	-
Vanádio	18,9	0,281	24,4	0,274	21,3	0,275	22,1	0,304	-	1000
Zinco	8,75	0,281	20,8	0,274	16,8	0,275	24,0	0,304	1000	2000
Alumínio	11176,56	281,25	10671,57	274,09	14285,74	275,37	7832,58	303,55	-	-

Fonte: Deliberação Normativa COPAM/CERH Nº 02/2010; CONAMA Nº 420/2009; Eurofins ASL, 2021.
(mg/Kg) miligrama por quilo; (%p/p) porcentagem peso por peso; (<x,xxx) abaixo do Limite de Quantificação do laboratório; (-) ausente.
Concentração superior aos valores orientadores CONAMA 420/2009 e DN COPAM/CERH 02/2010.

TABELA 12 – RESULTADOS ANALÍTICOS - AMOSTRAS DE SOLO DEFORMADO - SVOC

PARÂMETROS	SD-01		SD-02		SD-03		SD-07		CONAMA Nº 420/2009 DN COPAM/CERH 02/2010	
	ASD-SD-01		ASD-SD-02		ASD-SD-03		ASD-SD-04			
	Ambrattec		Ambrattec		Ambrattec		Ambrattec		Investigação	
	jun/21	LQ	jun/21	LQ	jun/21	LQ	jun/21	LQ	Residencial	Industrial
SVOC	Unidade de Medida - mg/Kg									
Antraceno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	-	-
Benzo(a) Antraceno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	20	65
Benzo (k) fluoranteno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	-	-
Benzo (g,h,i) Perileno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	-	-
Benzo (a) Pireno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	1,5	3,5
Criseno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	-	-
Dibenzo (a,h) Antraceno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	0,6	1,3
Fenantreno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	40	95
Indeno(1,2,3-c,d)Pireno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	25	130
Naftaleno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	60	90
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	< 0,00170	0,00170	< 0,00160	0,00160	< 0,00170	0,00170	< 0,00180	0,00180	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	-	-
Hexaclorobenzeno	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	0,1	1
2-Clorofenol	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,02740	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	1,5	2
2,4-Diclorofenol	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,02740	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	4	6
3,4 Diclorofenol	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	3	6
2,4,5-Triclorofenol	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	-	-
2,4,6 Triclorofenol	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	10	20
2,3,4,5-Tetraclorofenol	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	25	50
2,3,4,6-Tetraclorofenol	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	3,5	7,5
Pentaclorofenol	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	1,3	3
Cresóis	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	14	19
Fenol	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	10	15
Bis(2-etilhexil)ftalato	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	-	-
Dimetilftalato	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	1,6	3
Di-n-butilftalato	< 0,0281	0,0281	< 0,0274	0,0274	< 0,0275	0,0275	< 0,0304	0,0304	-	-
Aldrin	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	0,01	0,03
Dieldrin	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	0,6	1,3
Endrin	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	1,5	2,5
DDD	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	3	7
DDE	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	1	3
DDT	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	2	5
HCH beta	< 0,00170	0,00170	< 0,00160	0,00160	< 0,00170	0,00170	< 0,00180	0,00180	0,1	5
Lindano	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	0,07	1,5
PCBs Total	< 0,00280	0,00280	< 0,00270	0,00270	< 0,00280	0,00280	< 0,00300	0,00300	0,03	0,12

Fonte: Deliberação Normativa COPAM/CERH Nº 02/2010; CONAMA Nº 420/2009; Eurofins ASL, 2021.

(mg/Kg) miligrama por quilo; (%p/p) porcentagem peso por peso; (<x,xxx) abaixo do Limite de Quantificação do laboratório; (-) ausente.

Concentração superior aos valores orientadores CONAMA 420/2009 e DN COPAM/CERH 02/2010.

TABELA 13 – RESULTADOS ANALÍTICOS – AMOSTRAS DE SOLO DEFORMADO – VOC, IONS, CARBONO ORGÂNICO TOTAL										
PARÂMETROS	SD-01		SD-02		SD-03		SD-07		CONAMA Nº 420/2009 DN COPAM/CERH 02/2010	
	ASD-SD-01		ASD-SD-02		ASD-SD-03		ASD-SD-04			
	Ambrattec		Ambrattec		Ambrattec		Ambrattec		Investigação	
	jun/21	LQ	jun/21	LQ	jun/21	LQ	jun/21	LQ	Residencial	Industrial
VOC	Unidade de Medida - mg/Kg									
Benzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	0,08	0,15
Estireno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	35	80
Etilbenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	40	95
Tolueno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	30	75
Xilenos	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	30	70
Clorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	45	120
1,2-Diclorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	200	400
1,3-Diclorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	-	-
1,4-Diclorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	70	150
1,2,3-Triclorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	15	35
1,2,4-Triclorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0018	0,00180	20	40
1,3,5-Triclorobenzeno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	-	-
1,1-Dicloroetano	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	20	25
1,2-Dicloroetano	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0304	0,0304	0,25	0,50
1,1,1-Tricloroetano	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0304	0,0304	11	25
Cloreto de Vinila	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0030	0,00300	0,003	0,008
1,1-Dicloroeteno (1,1-Dicloroetileno)	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0304	0,0304	3	8
cis-1,2-Dicloroeteno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0304	0,0304	2,5	4
trans-1,2-Dicloroeteno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0012	0,00120	8	11
Tricloroeteno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0012	0,00120	7	22
Tetracloroeteno	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0012	0,00120	5	13
Diclorometano (Cloreto de Metileno)	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0012	0,00120	9	15
Clorofórmio	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0012	0,00120	5	8,5
Tetracloroeto de Carbono	< 0,00112	0,00112	< 0,00110	0,00110	< 0,00110	0,00110	< 0,0012	0,00120	0,7	1,3
IONS	Unidade de Medida - mg/Kg									
Nitrogênio nítrico	5,63	1,28	5,07	1,25	3,35	1,25	< 1,38	1,38	-	-
CARBONO ORGÂNICO TOTAL	Unidade de Medida - % p/p									
	0,150	0,0500	0,370	0,0500	0,290	0,0500	0,290	0,0500	-	-

Fonte: Deliberação Normativa COPAM/CERH Nº 02/2010; CONAMA Nº 420/2009; Eurofins ASL, 2021.
(mg/Kg) miligrama por quilo; (%p/p) porcentagem peso por peso; (<x,xxx) abaixo do Limite de Quantificação do laboratório; (-) ausente.
Concentração superior aos valores orientadores CONAMA 420/2009 e DN COPAM/CERH 02/2010.