

MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE
ATERROS SANITÁRIOS EM VALAS DE
PEQUENAS DIMENSÕES, TRINCHEIRAS E
EM CÉLULAS

ANEXO I

MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS EM VALAS DE PEQUENAS DIMENSÕES

1. JUSTIFICATIVA

O presente manual tem por objetivo fornecer diretrizes para elaboração de projetos de aterros sanitários em valas de pequenas dimensões, direcionadas a cidades de pequeno porte, e, portanto com pequena produção de resíduo. Os maiores problemas encontrados pelos municípios de pequeno porte para construção de aterros sanitários são: a escassez de recursos financeiros, falta de pessoal técnico qualificado e a indisponibilidade de equipamentos para a sua operação. Nas valas de pequenas dimensões, onde os resíduos são depositados sem compactação e sua cobertura com terra é realizada manualmente, os equipamentos, portanto, são necessários apenas na fase de abertura das valas, de acordo com o artigo 3º da **RESOLUÇÃO CONJUNTA Nº 01/2006 - SEMA/IAP/SUDERHSA**.

2. SEQÜÊNCIA DE ABERTURA E FECHAMENTO DE VALAS

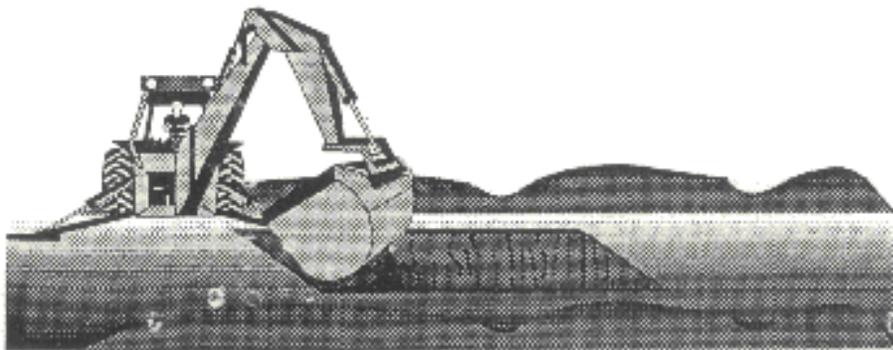


Figura 1 – Abertura de valas, com acúmulo de terra apenas em um dos lados.

Os resíduos são descarregados pelo lado livre das valas, sem o ingresso dos veículos no seu interior, iniciando-se por uma das extremidades da mesma.



Figura 2 – Resíduos sendo descarregados em um único trecho da vala, até que esteja totalmente preenchida.

A medida que são depositados, os resíduos são nivelados e cobertos manualmente, utilizando-se a terra acumulada ao lado da vala. O nivelamento e a cobertura dos resíduos devem ser realizados diariamente, tolerando-se frequências menores apenas em circunstâncias especiais e devidamente justificadas ao IAP.

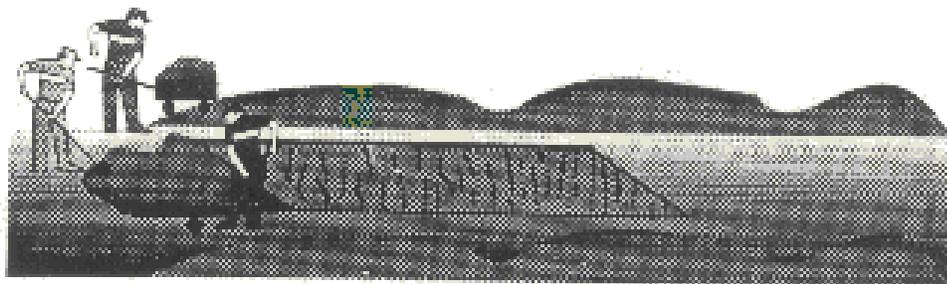


Figura 3 – Resíduos sendo nivelados e cobertos com terra manualmente.

Assim que o primeiro trecho da vala estiver totalmente preenchido, passa-se para outro, repetindo-se as mesmas operações. A vala deverá estar numa cota superior à do terreno, quando esta estiver completamente coberta, pois existirá acomodação do resíduo com o tempo (prováveis recalques).

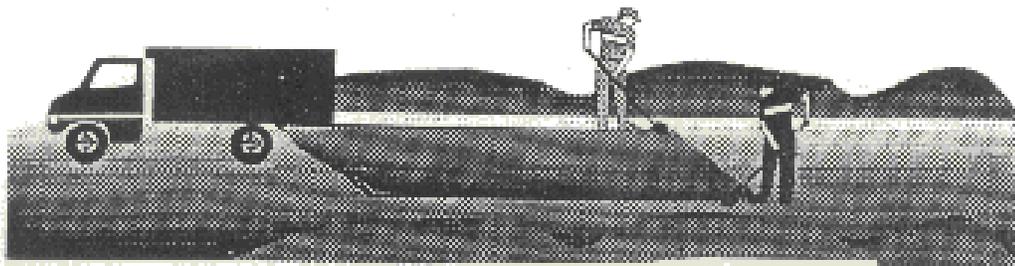


Figura 4 – Cobertura da vala até uma altura ligeiramente superior ao do terreno.

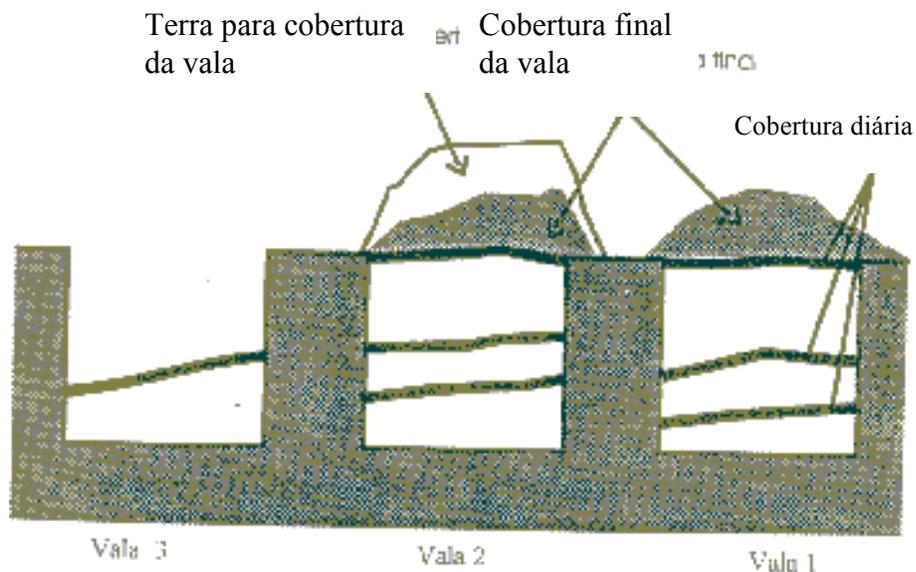
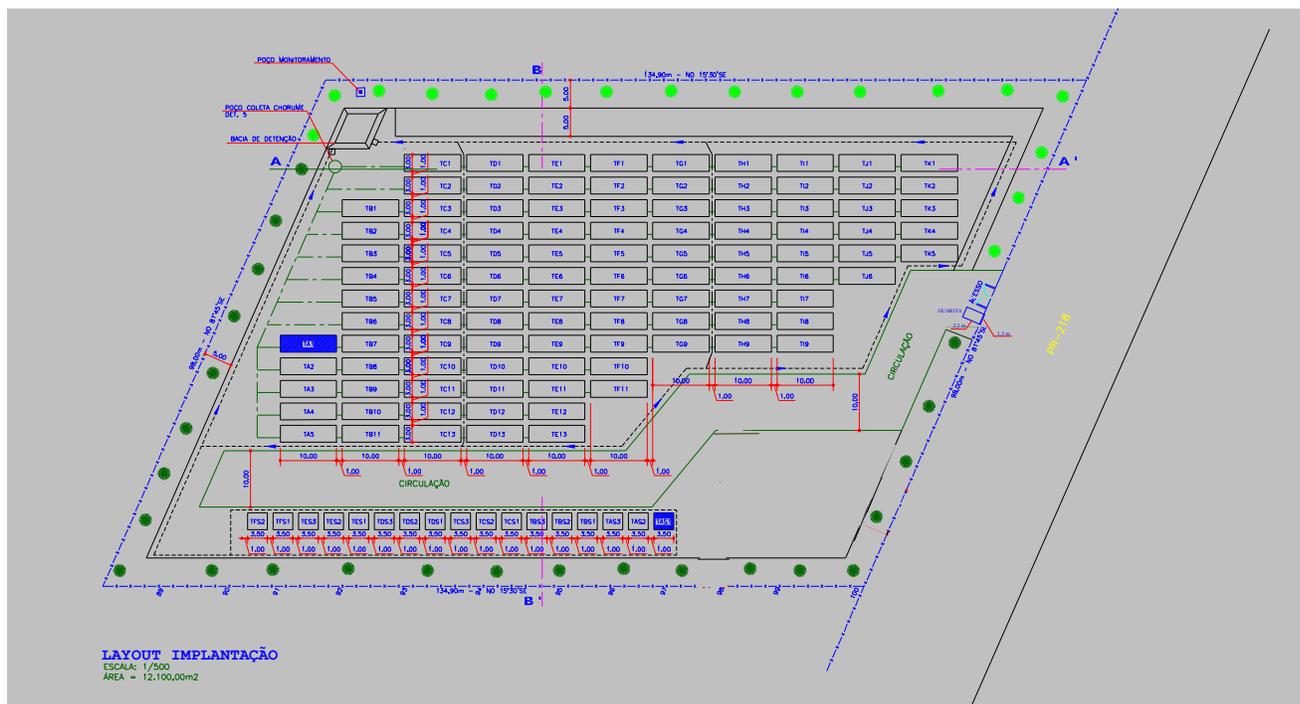


Figura 5 – Corte das valas, demonstrando que as mesmas devem receber os resíduos por um único lado, ficando o material de escavação acumulado no lado oposto, próximo à borda, facilitando a sua utilização na cobertura dos resíduos.

Lay Out de Aterro Sanitário Tipo VALAS DE PEQUENAS DIMENSÕES



3. ESCOLHA DE ÁREA E LEVANTAMENTOS PRELIMINARES

Há necessidade de condições favoráveis, tanto no que se refere aos aspectos ambientais, quanto aos construtivos. Assim, o tipo de solo e a profundidade do lençol freático, são elementos decisivos na escolha da área; pois terrenos com lençol freático aflorante ou muito próximos da superfície são impróprios para a construção deste tipo de aterro.

O espaço mínimo, recomendado entre o lençol freático e o fundo da vala escavada, é de 3,0m (três metros).

Da mesma forma os terrenos rochosos não são indicados, devido as dificuldades de escavação.

3.1. CRITÉRIOS AMBIENTAIS PARA A ESCOLHA DA ÁREA

- Mapa de localização da atividade e do seu entorno com raio de 1.500m, a partir do perímetro da área;
- Fora da área de influência direta do manancial de abastecimento;
- 200m distante de rios e nascentes do perímetro da área;
- 1500m de distância de núcleos populacionais, a partir do perímetro da área;

- Deve ser observada a profundidade do lençol freático e tipologia de solo;
- 300m de distância do perímetro da área de residências isoladas.

3.2. LICENÇA PRÉVIA DO IAP (LP)

Obter junto aos técnicos do IAP, autorização para o uso da área destinada para o aterro sanitário.

Seleção de Área

- integração com o sistema de coleta e disposição;
- estudos topográficos;
- estudos geotécnicos;
- estudos hidrológicos;
- estudos anemológicos;
- compatibilidade com a rede viária e serviços públicos;
- estudos legais.

3.3. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

Elaborar o levantamento planialtimétrico nas escalas 1:500 ou 1:250, com curvas de nível de metro em metro, especificando as distâncias dos divisores de água e indicação dos acessos, e georeferenciada de acordo com a lei federal nº 10.267 de 28/08/2001.

3.4. SONDAGENS

As sondagens de reconhecimento do subsolo deverão ser realizadas a trado manual, com profundidade entre 6 e 12m. O número de furos será determinado em função da área do aterro e deverá variar entre no mínimo 5 (cinco) e no máximo 15 (quinze), distribuídos equitativamente na área em estudo.

4. DIMENSIONAMENTO DAS VALAS

4.1 PARÂMETROS

Em decorrência das limitações operacionais, algumas dimensões devem ser pré-fixadas:

- **L** = Largura da vala = 3,00m;
- **H** = Profundidade da vala = 3,00 à 5,00m, dependendo da profundidade do lençol freático e da tipologia do solo;
- γ = Peso específico do lixo no interior da vala = 0,50 t/m³;

- **Pr/D** = Produção diária de lixo por habitante: (0,6kg/hab.dia x população atendida).
Produção diária de lixo = 0,6 x população ⇒ kg/dia ⇒ ton./dia;
- **C** = Comprimento da vala (m);
- **VL** = Volume diário de lixo gerado na cidade (m³)
- **Vt** = Volume de terra para cobertura dos resíduos (m³)
- **Taxa de cobertura** = 15%
- **P** = População urbana

4.2 CÁLCULOS

- Volume diário das valas (VL)

$$V_L = \frac{P \times Pr/D}{\gamma}$$

- Volume total das valas (VT)
VT = 1,15 x VL

4.2.1. COMPRIMENTO DAS VALAS

O comprimento das valas é decorrente do volume da vala. Elas devem ter uma vida útil de 30 dias, ou seja, que corresponde a uma vala por mês.

Volume da vala = C x H x L

C.H.L = VT x 30 dias

$$C = \frac{VT \cdot 30 \text{ (m)}}{H \cdot L}$$

ANEXO I I

MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS EM TRINCHEIRAS

1. JUSTIFICATIVA

O presente manual tem por objetivo fornecer diretrizes para elaboração de projetos de aterros sanitários em trincheiras, de acordo com o artigo 3º da **RESOLUÇÃO CONJUNTA Nº 01/2006 - SEMA /IAP/SUDERHSA**.

2. SEQUÊNCIA DE ABERTURA E FECHAMENTO DE TRINCHEIRAS

- A trincheira em operação será aberta, de montante para jusante , em etapas consecutivas, com capacidade para receber volume de resíduos produzido pelo período de 60 a 180 dias, conforme dimensionamento de projeto (módulos de operação)



- Na operação diária os resíduos serão descarregados diretamente na vala pelo veículo coletor, que deverá acessá-la cuidadosamente por uma rampa com 15% de inclinação, em marcha ré, com o auxílio de um ajudante, o qual sinalizará o ponto de descarga;



- Na praça de descarga, será possível efetuar duas linhas de descarga, uma ao lado da outra;

- Será necessária a presença de uma pá carregadeira no aterro ao menos três vezes por semana, para empilhar os resíduos coletados na cidade e cobri-los, liberando assim a frente de descarga. O material usado para cobertura, é o solo escavado na abertura da própria trincheira, acumulado lateralmente;



- Ao menos uma vez a cada 15 dias, será necessário um trator de esteiras para rampear, compactar e nivelar o resíduo na trincheira, em uma cota 20 cm abaixo da superfície da mesma, reaterrando até o nível de greide de projeto com material de cobertura estocado ao lado da trincheira;



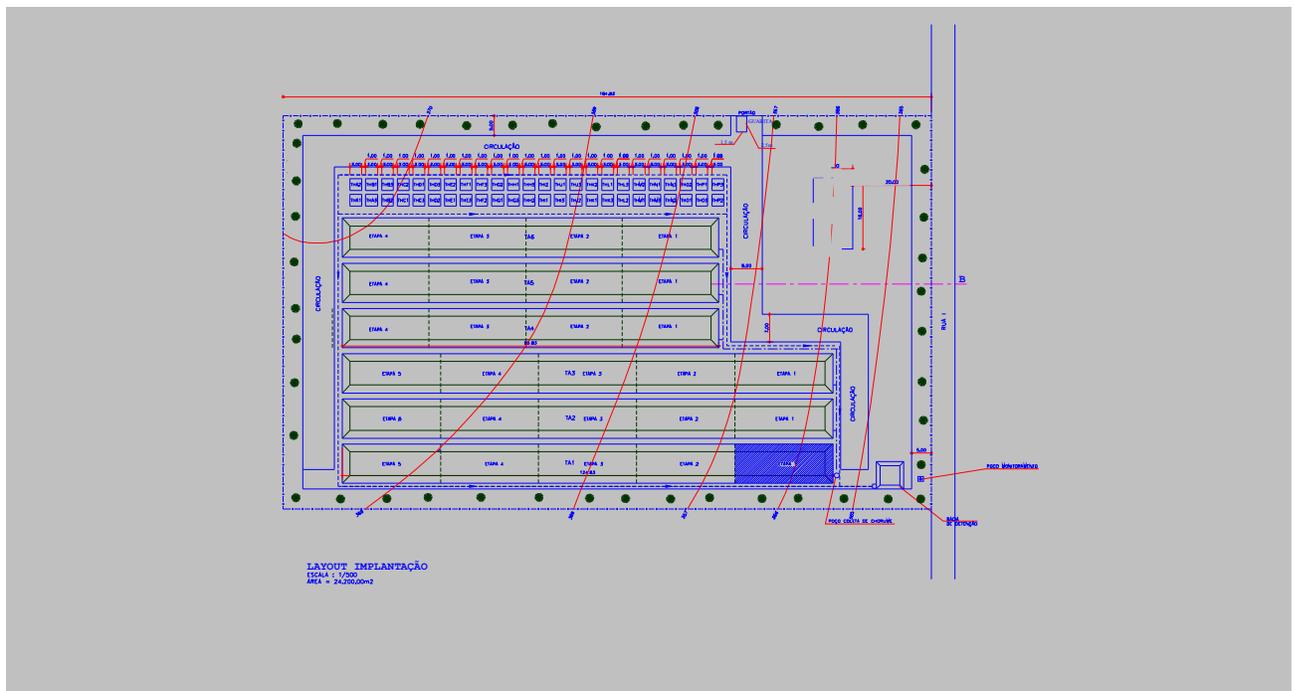
- No final de cada dia de trabalho, os resíduos dispostos na praça de descarga deverão ser cobertos com lona de PVC, espessura 4mm, evitando o contato com as águas da chuva, reduzindo a produção de chorume;



- A regularidade do comparecimento de máquina para empilhar e compactar os resíduos deve ser cobrado rigorosamente da municipalidade. A periodicidade do comparecimento das máquinas, representa uma adequação a realidade econômico - financeira dos municípios e não uma liberalidade.
- Para a recirculação do percolato, será necessário que um funcionário treinado faça a inspeção visual no poço de coleta do chorume, especialmente em períodos chuvosos. Caso haja necessidade de bombeamento, o mesmo fará a interligação do poço à trincheira onde se pretende injetar o líquido percolato.



Lay-out de Aterro sanitário em trincheiras



3. ESCOLHA DE ÁREA E LEVANTAMENTOS PRELIMINARES

Há necessidade de condições favoráveis, tanto no que se refere aos aspectos ambientais, quanto aos construtivos. Assim, o tipo de solo e a profundidade do lençol freático, são elementos decisivos na escolha da área; pois terrenos com lençol freático aflorante ou muito próximos da superfície são impróprios para a construção deste tipo de aterro.

O espaço mínimo, recomendado entre o lençol freático e o fundo da trincheira escavada, é de 3,0m (três metros).

Da mesma forma os terrenos rochosos não são indicados, devido as dificuldades de escavação.

3.1. CRITÉRIOS AMBIENTAIS PARA A ESCOLHA DA ÁREA

- Mapa de localização da atividade e do seu entorno com raio de 1.500m, a partir do perímetro da área;
- Fora da área de influência direta do manancial de abastecimento;
- 200m distante de rios e nascentes do perímetro da área;
- 1500m de distância de núcleos populacionais, a partir do perímetro da área;
- Deve ser observada a profundidade do lençol freático e tipologia de solo;
- 300m de distância do perímetro da área de residências isoladas.

3.2. LICENÇA PRÉVIA DO IAP (LP)

Obter junto aos técnicos do IAP, autorização para o uso da área destinada para o aterro sanitário.

Seleção de Área

- integração com o sistema de coleta e disposição;
- estudos topográficos;
- estudos geotécnicos;
- estudos hidrológicos;
- estudos anemológicos;
- compatibilidade com a rede viária e serviços públicos;
- estudos legais.

3.3. LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

Elaborar o levantamento planialtimétrico nas escalas 1:500 ou 1:250, com curvas de nível de metro em metro, especificando as distâncias dos divisores de água e indicação dos acessos, e georeferenciada de acordo com a lei federal nº 10.267 de 28/08/2001.

3.4. SONDAGENS

As sondagens de reconhecimento do subsolo deverão ser realizadas a trado manual, com profundidade entre 6 e 12m. O número de furos será determinado em função da área do aterro e deverá variar entre no mínimo 5 (cinco) e no máximo 15 (quinze), distribuídos eqüitativamente na área em estudo.

4. DIMENCIONAMENTO DAS TRINCHEIRAS

4.1 PARÂMETTROS

4.1.1 VALORES ADOTADOS PARA CÁLCULO

- **Li** = Largura inferior da trincheira
- **Ls** = Largura superior da trincheira
- **H** = Profundidade da trincheira = 3,0 m à 5,00 m, dependendo da profundidade do lençol freático e da tipologia do solo
- δ = Peso específico do lixo no interior da trincheira = 0,5 t/m³
- **P** = Produção diária de lixo por habitante (0,6 Kg/hab.dia x população atendida)

4.1.2. CONSIDERAÇÕES

- Produção diária de lixo = 0,6 x população - Kg/dia - ton/dia
- **C** = Comprimento de cada etapa de uma trincheira
- **VL** = Volume diário de lixo gerado na área urbana
- **Vt** = Volume de terra para cobertura de resíduos
- **Taxa de cobertura** = 15%

4.2 CÁLCULOS

- Volume diário das valas

$$VL = P / \delta$$

- Volume Total Diário (VT)

$$VT = 1,15 \times VL$$

4.2.1 Comprimento das etapas das Trincheiras

O comprimento das etapas das trincheiras é decorrente do volume diário total de lixo, podendo ter uma vida útil de 60 a 180 dias.

$$\text{Volume da trincheira} = C \times H \times (Li + Ls)/2$$

$$C.H. (Li + Ls)/2 = VT \times \text{Vida útil da trincheira}$$

ANEXO III

PARÂMETROS PARA ELABORAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS EM VALAS DE PEQUENAS DIMENSÕES E TRINCHEIRAS

1. VIDA ÚTIL DO ATERRO

Com o comprimento (C) calculado, e tendo a área do aterro previamente licenciada pelo IAP, pode-se calcular a vida útil do aterro.

A vida útil é determinada em anos, sendo obtida, dividindo o número de valas possível de dispor no aterro por 12 meses. O ideal é alcançar uma vida útil para o aterro de valas de pequenas dimensões em torno de 10 anos.

Exemplo:

Largura da vala = 3,0m

Comprimento calculado = 6,00m

Foi possível dispor na área 120 valas

Então $\frac{120 \text{ valas}}{12 \text{ meses}} = 10 \text{ anos}$

2. CÁLCULO DO VOLUME DE LÍQUIDOS PERCOLADOS:

Para a determinação do volume de líquidos percolados, foi adotado o método do balanço hídrico. Este método procura expressar o fluxo de água num aterro, considerando:

- A quantidade de água precipitada sobre o aterro;
- A fração que escoia superficialmente, em função do tipo de cobertura e da declividade;
- A parte devolvida de água que se infiltra;
- A quantidade de água que fica na camada de cobertura, em função da espessura e do tipo de solo utilizado;
- A quantidade de água que atinge os resíduos, podendo gerar líquidos percolados.

Os elementos componentes do cálculo devem ser calculados mês a mês, a partir de valores médio mensais, para o maior número possível de anos de observação. Foi preparada a **TABELA 1**, para facilitar o cálculo do balanço hídrico.

Tabela 1

DADOS DO BALANÇO HÍDRICO PARA O ATERRO DE

PARÂMETRO (mm)	MESES												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
EP													
P													
C													
ES													
I													
I - EP													
NEG (I EP)													
AS													
ER													
PER													

TIPO DE SOLO:
DECLIVIDADE:

2.1. PARÂMETROS A SEREM UTILIZADOS:

- P = Índice de Precipitação Pluviométrica (mm)
- EP = Evapotranspiração Potencial

Obs: Os dados de P e EP podem ser obtidos através das estações climatológicas da COPEL (caso seu município não tenha uma estação, utilizar os dados do município mais próximo).

- ES = Escoamento Superficial. É obtido aplicando-se o escoamento superficial (C'), às médias mensais de precipitação.

$$ES = C' \times P, \text{ onde}$$

$C' = \alpha \times C$, sendo que C depende do tipo do solo, da declividade e da estação do ano, conforme o demonstrado na tabela 02.

Tipo de solo	Declividade (%)	Coeficiente α	
		Estação seca	Estação úmida
Arenoso C = 0,30	0 a 2	0,17	0,34
	2 a 7	0,34	0,50
Siltoso C = 0,35	0 a 2	0,25	0,39
	2 a 7	0,40	0,53
Argiloso C = 0,40	0 a 2	0,33	0,43
	2 a 7	0,45	0,55

- I = Infiltração, sendo $I = P - ES$

- $I - P$ = Diferença entre as quantidades de água infiltrada e evapotranspirada. Valores negativos significam perda potencial de água armazenada no solo. Valores positivos representam recarga de água no solo, podendo resultar em percolação, se for ultrapassada a capacidade de campo do solo.

- Σ Neg (I-P) = Perda potencial de água acumulada. Representa a quantidade de água armazenada no solo que é perdida pela evapotranspiração. É obtida somando-se mês a mês apenas os valores negativos de (I – EP), começando-se pelo primeiro mês que apresente valor negativo. Esse procedimento supõe que no final da estação úmida, correspondente ao último mês que apresenta valor positivo para (I – EP), a capacidade de campo de solo foi plenamente atingida, mesmo que na prática isso não se verifique. Para os meses que apresentam valores positivos para (I – EP) é atribuído o valor 0 (zero) para Σ Neg (I-P).

- AS = Armazenamento de Água no Solo. Representa a quantidade de água presente no solo. É obtida da seguinte forma:

a) inicialmente, calcula-se a quantidade de água disponível pela capacidade de campo da camada de solo de cobertura (ASc), que é obtida multiplicando-se a água disponível por metro de solo pela profundidade da zona de raízes (considerada igual a espessura da camada de cobertura). A tabela 3 apresenta a quantidade de água disponível em função do tipo de solo e cobertura;

TABELA 3 – QUANTIDADE DE ÁGUA DISPONÍVEL (mm de H ₂ O DE SOLO)			
Tipo de Solo	Capacidade de Campo	Ponto de Murchamento	Água Disponível
Solo Arenoso	200	50	150
Solo Siltoso	300	100	200
Solo Argiloso	375	125	250

b) O valor obtido para ASc representa a quantidade máxima de água armazenada no solo não devendo, portanto, ser ultrapassado.

c) Para os meses que apresentam valores negativos de (I – EP), o valor de AS é obtido nas Tabelas 4, 5 e 6.

d) Em seguida, soma-se o valor de AS do último mês que apresenta Σ Neg (I-P) diferente de zero ao valor positivo de (I – EP) do mês seguinte, obtendo-se AS para esse mês.

e) O procedimento é repetido para todos os meses que apresentam Σ Neg (I-P) igual a zero, até que seja atingido o valor máximo de ASc, que não deve ser ultrapassado.

f) ΔAS = Troca de armazenamento de água no solo, mês a mês. É a diferença entre a quantidade de água armazenada em um mês e a armazenada no mês anterior.

$$\Delta AS = AS_n - AS_{n-1}$$

g) ER = Evapotranspiração Real. Representa a quantidade real de perda de água durante dado mês. Para os meses em que a infiltração é maior que a evapotranspiração potencial ($I - EP$) > 0, a evapotranspiração ocorre no seu máximo nível, sendo que ER = EP.

Nos meses em que a infiltração é menor que a evapotranspiração potencial ($I - EP$) < 0, a evapotranspiração real é condicionada ao grau de umidade do solo, podendo ser determinada pela expressão:

$$ER = EP + [(I - EP) - \Delta AS]$$

Que pode ser resumida na seguinte expressão:

$$ER = I - \Delta AS$$

h) PER = Percolação. A percolação é calculada pela seguinte expressão:

$$PER = P - ES - \Delta AS - ER$$

i) QM = Vazão Mensal. Os valores mensais de vazão de líquido percolado são calculados a partir da expressão abaixo:

$$QM = \frac{PER \cdot A_{cont}}{2.592.000}$$

onde:

QM = vazão mensal de líquido percolado (l/s)

PER = altura mensal percolada (mm)

A_{cont} = área de contribuição da seção considerada (m^2)

Tabela 4 – Armazenamento de água no solo (AS) em função da evapotranspiração potencial acumulada Σ Neg (I-P) solo arenoso (ASc = 90 mm)

Σ Neg(I-P)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
10	90	90	89	88	87	86	85	84	83	82
20	81	81	80	79	78	77	76	75	74	73
30	74	74	73	72	71	70	69	68	68	67
40	66	66	65	64	64	63	62	62	61	60
50	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54
60	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49
70	49	49	48	48	47	46	46	45	45	44
80	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40
90	40	39	39	38	38	38	37	37	36	36
100	36	35	35	35	34	34	34	33	33	33
110	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30
120	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27
130	26	26	26	26	25	25	25	24	24	24
140	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22
150	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
160	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
170	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16
180	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14
190	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
200	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12
210	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11
220	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
230	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
240	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
250	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
260	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
270	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
280	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
290	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
300	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
310	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
320	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
340	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
360	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
370	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
380	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
390	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
410	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
430	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
440	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
450	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
460	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
470	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
480	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
490	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

TABELA 5 – Armazenamento de água no solo (AS) em função da evapotranspiração potencial acumulada Σ Neg (I-P) solo siltoso (ASc = 120 mm)

Σ Neg (I-P)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116
10	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106
20	106	105	104	103	102	102	101	100	99	99
30	98	97	95	95	94	94	93	92	91	90
40	90	89	98	87	86	86	85	84	84	83
50	83	82	82	81	80	80	79	79	78	77
60	76	76	75	74	74	73	73	72	72	71
70	70	70	69	69	68	68	67	67	66	65
80	65	64	64	63	63	62	62	61	61	60
90	60	59	59	58	58	57	57	56	56	55
100	55	55	54	54	53	53	53	52	52	51
110	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47
120	47	47	46	46	45	45	45	44	44	43
130	43	43	42	42	41	41	41	41	40	40
140	40	40	39	39	39	38	38	38	38	37
150	37	37	36	36	36	35	35	35	35	34
160	34	34	33	33	33	32	32	32	32	31
170	31	31	31	30	30	30	30	30	30	29
180	29	29	29	29	28	28	28	27	27	27
190	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25
200	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23
210	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21
220	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20
230	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
240	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17
250	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15
260	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14
270	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
280	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
290	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
300	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10
310	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
320	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
330	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
340	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
350	7					7				
360	7					6				
370	6					6				
380	6					5				
390	5					5				
400	5					5				
410	4					4				
420	4					4				
430	4					4				
440	3					3				
450	3					3				
460	3					3				
470	3					3				
480	2					2				
490	2					2				
500	2					2				
510	2					2				
520	2					2				
530	2					2				
540	2					1				
550	1									
560	1									
570	1									
580	1									
590	1									
600	1									
610	1									
620	1									
630	1									
640	1									

TABELA 6 – Armazenamento de água no solo (AS) em função da evapotranspiração potencial acumulada Σ Neg (I-P) em solo argiloso (ASc = 150mm)

Σ Neg(I-P)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	150	149	148	147	146	145	144	143	142	141
10	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131
20	131	130	129	128	127	127	126	125	124	123
30	122	122	121	120	119	118	117	115	115	114
40	114	113	113	112	111	111	110	109	108	107
50	107	106	106	105	104	103	103	102	101	100
60	100	99	98	97	97	97	96	96	94	93
70	93	92	92	91	90	90	89	89	88	87
80	87	86	86	85	84	84	84	83	83	82
90	82	81	81	80	79	79	78	77	77	76
100	76	76	75	75	74	74	73	72	72	71
110	71	71	70	70	69	69	68	68	67	67
120	66	65	65	65	65	64	64	63	63	62
130	62	62	61	61	60	60	60	59	59	58
140	58	58	57	57	56	56	55	55	54	54
150	54	53	53	53	52	52	52	52	51	51
160	51	51	50	50	50	49	49	48	48	47
170	47	47	47	46	46	46	45	45	45	44
180	44	44	44	43	43	43	42	42	42	41
190	41	41	41	40	40	40	40	39	39	39
200	39	38	38	38	37	37	37	39	36	36
210	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34
220	34	34	33	33	33	33	33	32	32	32
230	32	31	31	31	31	31	30	30	30	30
240	30	29	29	29	29	29	28	28	28	28
250	28	27	27	27	27	27	26	26	26	26
260	26	26	25	25	25	25	25	24	24	24
270	24	24	24	23	23	23	23	23	23	23
280	22	22	22	22	22	22	22	22	22	21
290	21	21	21	20	20	20	20	20	20	20
300	20	19	19	19	19	19	19	19	18	18
310	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17
320	17	17	17	17	17	17	17	16	16	16
330	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15
340	15	15	15	15	15	15	14	14	14	14
350	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13
360	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12
370	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11
380	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
390	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10
400	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
410	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
420	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
430	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
440	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
450	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
460	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6
470	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
480	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
490	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
500	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
510	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
520	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
530	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
540	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
550	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
560	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
570	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
580	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

590	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
610	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
620	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
630	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
640	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
650	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
660	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
670	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
680	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
690	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
710	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
720	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
730	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
740	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
750	1					1				
760	1					1				
770	1					1				
780	1					1				
790	1					1				
800	1					1				
810	1					1				
820	1					1				
830	1					1				
840	1					1				

3. LAY-OUT

No lay-out reservado ao aterro, deverá ser previsto um acesso principal e os acessos provisórios às trincheiras. A distribuição das trincheiras e dos acessos deverá ser estudada de maneira a proporcionar o melhor aproveitamento possível do terreno. (Ver Detalhe 1)

4. ISOLAMENTO DA ÁREA DO ATERRO

Além da cortina arbórea ou cerca viva, recomenda-se ainda que a área do aterro seja isolada por cerca de arame farpado (12 fios) com 1,80 m de altura, com uso de postes de concreto ou madeira (a critério do município) com colocação de portão de entrada com guarita, que deverá ser mantido fechado. Essa providência visa evitar a entrada de animais e/ou pessoas estranhas na área. Recomenda-se a colocação de uma placa identificadora das atividades ali desenvolvidas (por exemplo: Prefeitura Municipal de ..., Secretaria Municipal de, Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos, recomendações, etc)

5. SISTEMA DE COLETA E RECIRCULAÇÃO DE CHORUME

Deverá ser previsto um sistema de coleta e recirculação de chorume, com a finalidade de preservar o lençol freático de qualquer contaminação, por menor que venha a ser. O sistema a ser projetado deverá ser constituído de drenos de brita (inclusive geotextil e dreno flexível), implantados no fundo da vala, rede de tubos em PVC, que levarão o chorume drenado até um poço de captação, para armazenamento provisório do chorume.

Para dar destino ao chorume coletado, deverá ser projetada a sua recirculação dentro das valas existentes, onde será implantada tubulação de PVC perfurada manualmente, que distribuirá homoganeamente o chorume, pela superfície da vala (Ver Detalhe 2).

6. SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Deverá ser projetado o seguinte sistema:

- Drenagem secundária – constituído de canaletas escavadas no solo, localizadas em posições estratégicas, para auxiliar o escoamento superficial internamente a área do aterro, direcionando o fluxo para o sistema de drenagem principal. (Ver Detalhe 3).
- Drenagem Principal – constituído de canaletas em concreto simples moldado “in loco” com de caixas de passagem (PVS), responsáveis pela coleta das contribuições da área externa ao aterro sanitário, do escoamento superficial da área de projeto, direcionando este fluxo até as bacias de detenção ou galeria de águas pluviais públicas. (Ver Detalhe 3). Na área de circulação de veículos, adotar pranchão de madeira para proteção de canaleta de concreto.
- Bacia de Detenção – estrutura projetada com a finalidade de regular a vazão e velocidade das águas coletadas pelo sistema de drenagem, quando não houver possibilidade técnica de destina-las a galerias públicas, a fim de evitar processos de erosão. (Ver Detalhe 4).
 - * Vazões provenientes da Bacia de Detenção, deverão ser conduzidas através de dispositivos que minimizem os processos erosivos à jusante. A solução a ser implantada, fica a cargo do projetista, mediante observação local e especial atenção a regiões de ocorrência de solos arenosos.

7. POÇO DE MONITORAMENTO

Para se verificar a eficiência dos dispositivos de impermeabilização deverá ser executado um sistema de monitoramento, constando basicamente de: execução de 3 (três) poços de monitoramento, revestidos com diâmetro mínimo DN 50, sendo que um localizado à montante e dois a jusante na cota mais baixa da área, com profundidade máxima de 12 (doze) metros em função da profundidade do nível do lençol freático. (Ver Detalhe 5).

Nos casos em que a profundidade do lençol freático for superior à 12m, deverá ser apresentada proposta de auto-monitoramento em pontos do raio do entorno, entre a área do empreendimento e o corpo d’ água mais próximo de influência direta, tais como: poços tubulares, poços cacimba, minas, fontes, “olhos d’ água”, nascentes e córregos.

8. PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO DOS ATERROS SANITÁRIOS

A responsabilidade pela manutenção e operação dos aterros sanitários, após a entrega oficial da obra pela SUDERHSA às prefeituras municipais, passa a ser das respectivas administrações municipais. O IAP tem como responsabilidade a fiscalização da operação desses aterros e, caberá à SUDERHSA sempre que solicitada pelo IAP, prestar auxílio técnico quanto a operacionalização dos aterros sanitários. Buscando agilizar os procedimentos, as solicitações para realização de vistorias técnicas conjuntas deverão ser encaminhadas, via ofício, pelos representantes da área de resíduos dos escritórios regionais do IAP aos da SUDERHSA diretamente, encaminhando na seqüência cópias aos respectivos departamentos da SUDERHSA e do IAP locados em Curitiba, para conhecimento da situação e dos resultados obtidos.

8.1 – Nos procedimentos de manutenção dos Aterros Sanitários, devem receber especial atenção das Administrações Municipais os seguintes itens:

- Cobertura;
- Drenagem e recirculação do chorume / Bombas de recalque;
- Drenagem de águas pluviais;
- Drenagem de gases;
- Vias de acesso;
- Segurança / Isolamento da área;
- Cortina arbórea e sua reposição.

ANEXO IV

MANUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO EM CÉLULAS

ATERRO SANITÁRIO EM CÉLULAS

1. Projeto Executivo

O projeto executivo de um aterro sanitário em células, deve ser desenvolvido por uma equipe técnica que seja constituída de profissionais especializados em tecnologia de limpeza urbana, mecânica de solos, construção civil, controle de poluição, paisagismo, legislação urbanística e outros.

O projeto do aterro passa a ser necessário, quando da ocorrência de pelo menos uma das seguintes situações:

- 1.1 Municípios com população urbana acima de 30.001 habitantes, conforme o artigo 3º da presente Resolução;
- 1.2 O local do aterro exige atenção especial no que diz respeito ao controle de poluição ambiental requerendo neste caso cuidados adicionais na operação com máquinas, controle de erosão, etc;
- 1.3 Existência de áreas de disposição em aterros baixos, inundáveis ou de topografia acidentada, casos em que o aterro servirá para reabilitá-las para uso público.

2 Roteiro para Elaboração do Projeto

A elaboração de um projeto de aterro sanitário em células deve obedecer a uma seqüência lógica de etapas, de forma a facilitar o equacionamento de todos os problemas envolvidos. Naturalmente que o modelo é flexível, devendo ser adaptado as situações específicas de cada município.

O roteiro está dividido em cinco fases, segundo a seqüência natural dos trabalhos, numa tentativa de prever o máximo de alternativas atendendo as normas da ABNT nº NBR 8419, ressalvadas todas as instruções contidas na presente resolução, visando a escolha da melhor solução, ambiental, técnica e econômica.

FASE I

Planejamento Geral do Aterro

- quantidades e características dos resíduos;
- pesquisa de áreas disponíveis;
- pesquisa de jazidas de material para cobertura;
- alternativas de uso futuro do aterro;
- viabilidade econômica e estimativa de custos;
- cronograma geral dos trabalhos.

FASE II

Seleção de Área

- integração com o sistema de coleta e disposição;
- estudos topográficos;
- estudos geotécnicos;
- estudos hidrológicos;
- estudos anemológicos;
- compatibilidade com a rede viária e serviços públicos;
- estudos legais.

FASE III

Projeto de Engenharia

- métodos de operação;
- seleção e dimensionamento dos equipamentos.

FASE IV

Projetos Específicos

- drenagem de efluentes;
- drenagem de águas pluviais;
- exploração de jazida;
- circulação de vias de acesso;
- edificações;
- controle ambiental;
- paisagismo;
- planos de recirculação dos efluentes líquidos percolados (chorume);
- planos de aproveitamento dos efluentes gasosos;
- plano de contingência e emergência;
- plano de segurança.

FASE V

Projeto operacional

A consequência imediata de elaboração do Projeto Executivo do aterro sanitário em células é a sua efetiva implantação.

Aconselha-se que nesta etapa, principalmente no período inicial, seja feito um acompanhamento das atividades por parte dos responsáveis pela elaboração do projeto, de forma a permitir os ajustes e correções oportunas. Nesta fase será desenvolvido um manual de operação e um plano de monitoramento, visando atender a operacionalidade de forma a transformar o aterro sanitário em uma área ambientalmente correta.

ANEXO V

TABELA DE REFERÊNCIA PARA GEOMEMBRANA

Característica	Parâmetro
Densidade (g/cm ³)	0,94 a 0,96
Temperatura de fusão (°C)	130 a 135
Resistência a rasgos (N)	120 a 340
Alta resistência a hidrocarbonetos, solventes e intempéries.	

Fonte: Manual Brasileiro de Geossintéticos, 2004.

DESENHOS

DETALHES DE ATERRO SANITÁRIO

1. Lay-out – implantação

2. Detalhes da drenagem e recirculação do chorume.

- 2.1 Dreno / rede de circulação de chorume
- 2.2 Poço de coleta de chorume
- 2.3 Travessia / Circulação da rede de coleta de chorume
- 2.4 Planta da tampa e tubo de ventilação

3. Detalhes da drenagem de águas pluviais.

- 3.1 Planta – Ligação da drenagem secundária com a drenagem principal
- 3.2 Seção longitudinal – Ligação da drenagem secundária com a drenagem principal
- 3.3 Seção longitudinal – Detalhe da drenagem secundária
- 3.4 Seção longitudinal – Detalhe da drenagem
- 3.5 Caixa de passagem
- 3.6 Detalhe em corte da caixa de passagem

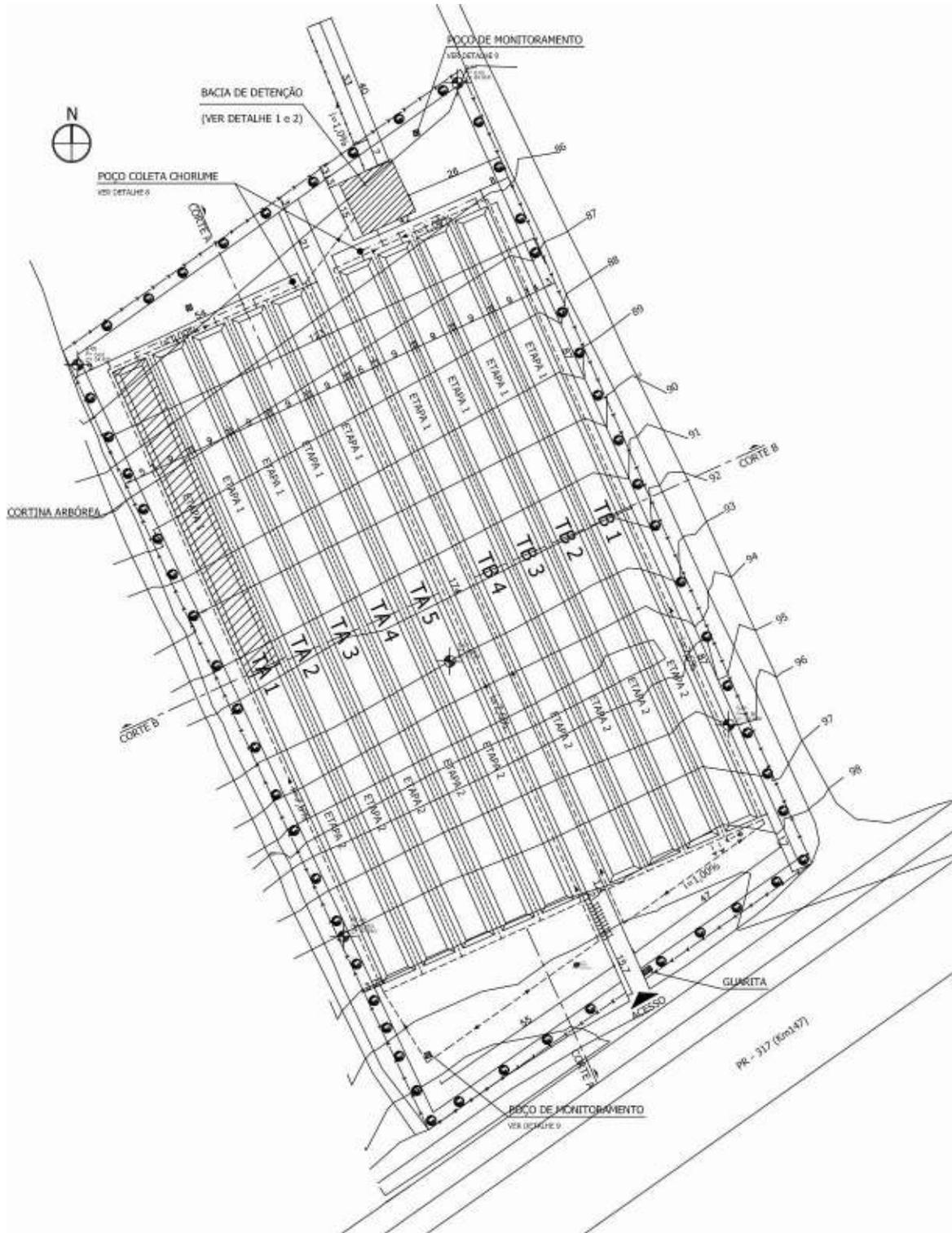
4. Detalhes da bacia de detenção

- 4.1 Bacia de detenção
- 4.2 Bacia de detenção – corte esquemático
- 4.3 Planta da caixa de entrada
- 4.4 Seção dos degraus

5. Detalhes do poço de monitoramento

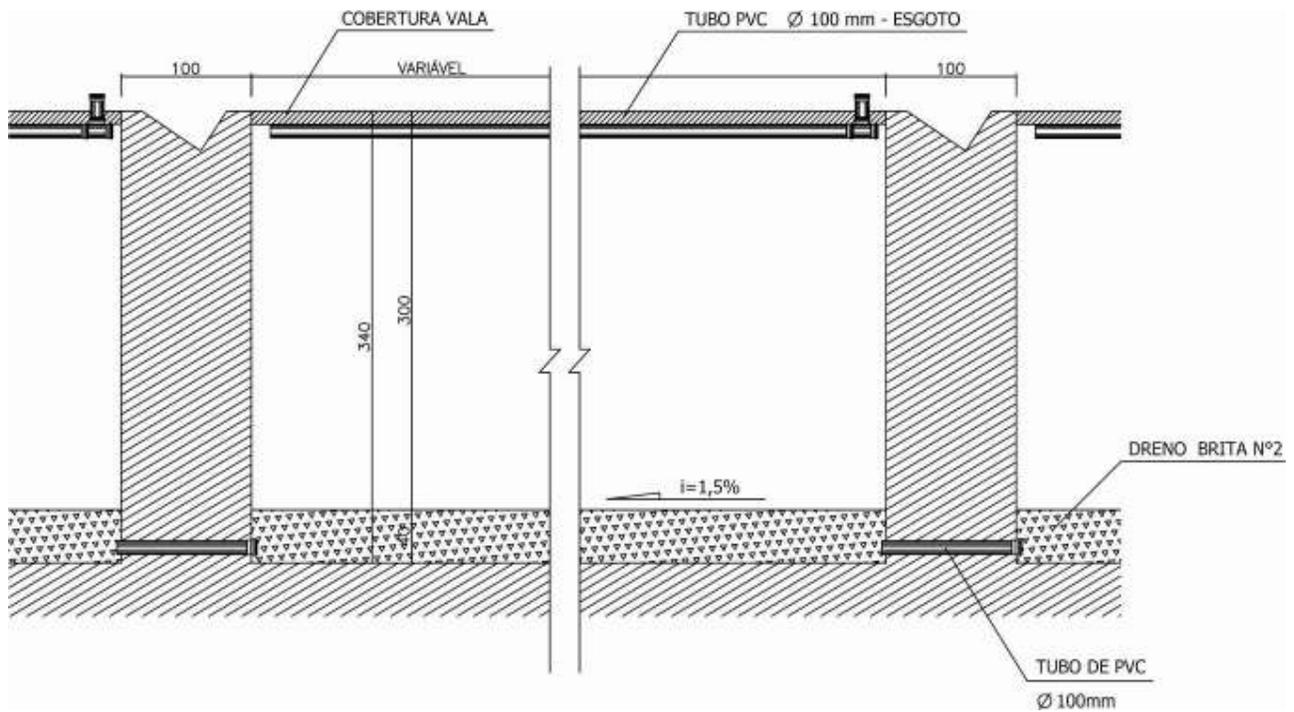
- 5.1 Perfil esquemático do poço de monitoramento
- 5.2 Detalhes da guia centralizadora

Detalhe 1 – Lay-out de implantação

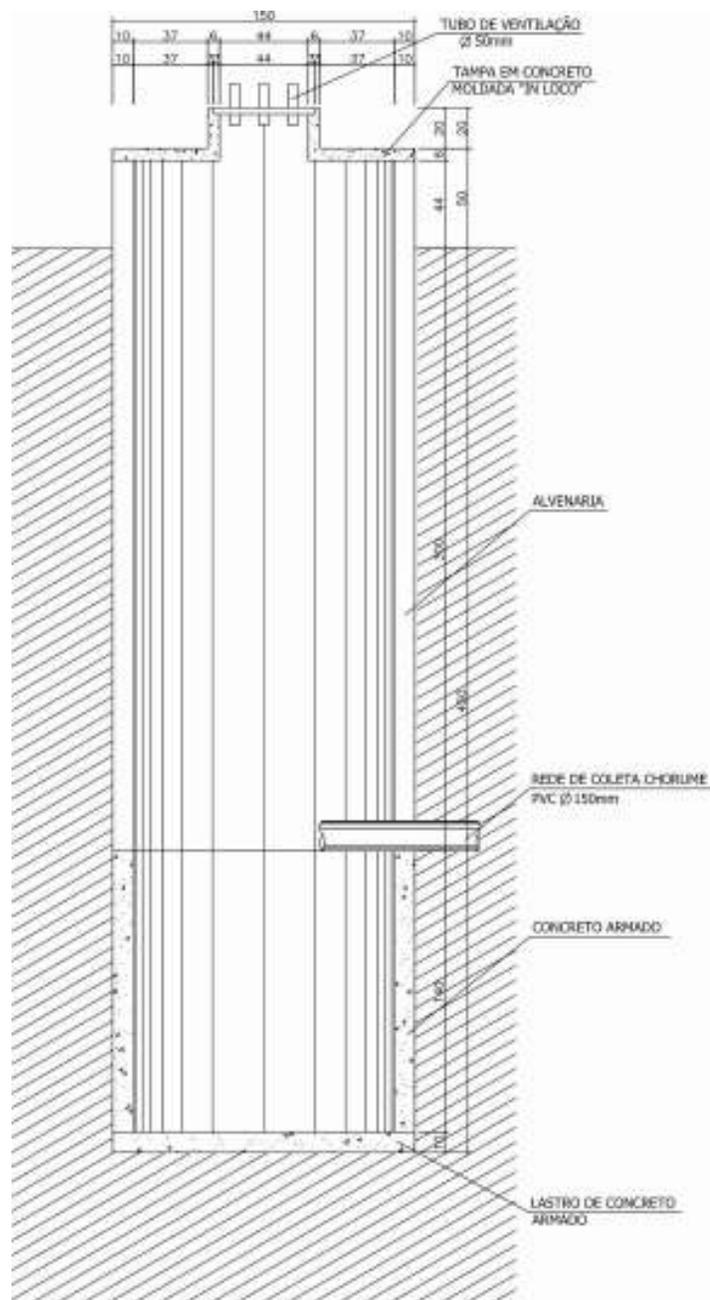


DETALHE 2 - Detalhes da drenagem e recirculação do chorume

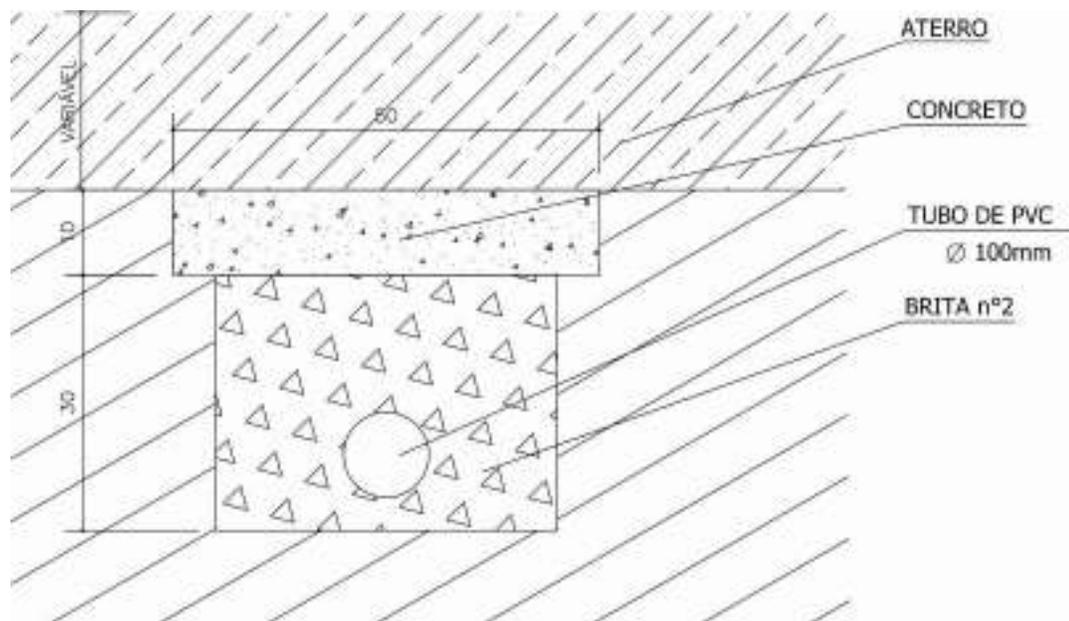
DETALHE 2.1 - Dreno / rede de circulação de chorume



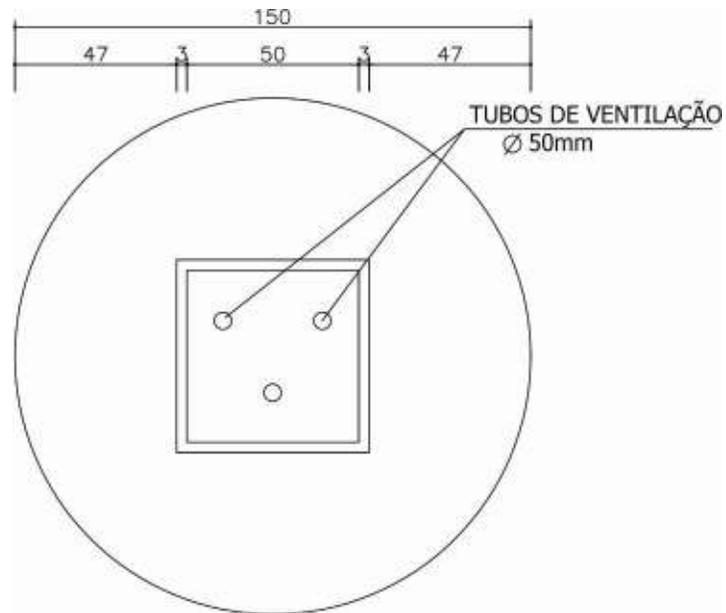
DETALHE 2.2 - Poço de coleta de chorume



DETALHE 2.3 - Travessia / Circulação da rede de coleta de chorume

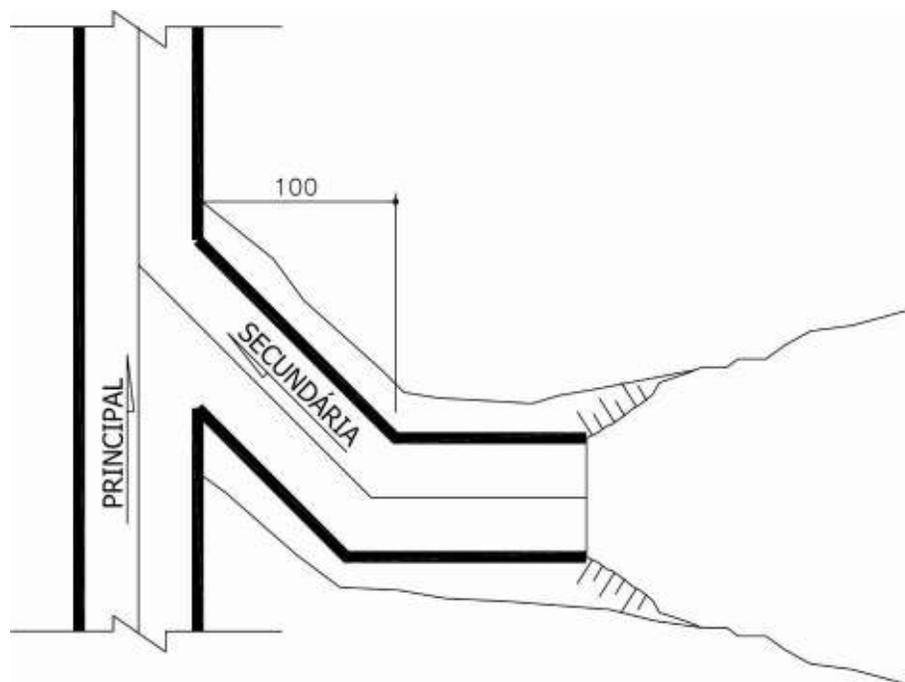


DETALHE 2.4 - Planta da tampa e tubo de ventilação



DETALHE 3 - Detalhes da drenagem de águas pluviais

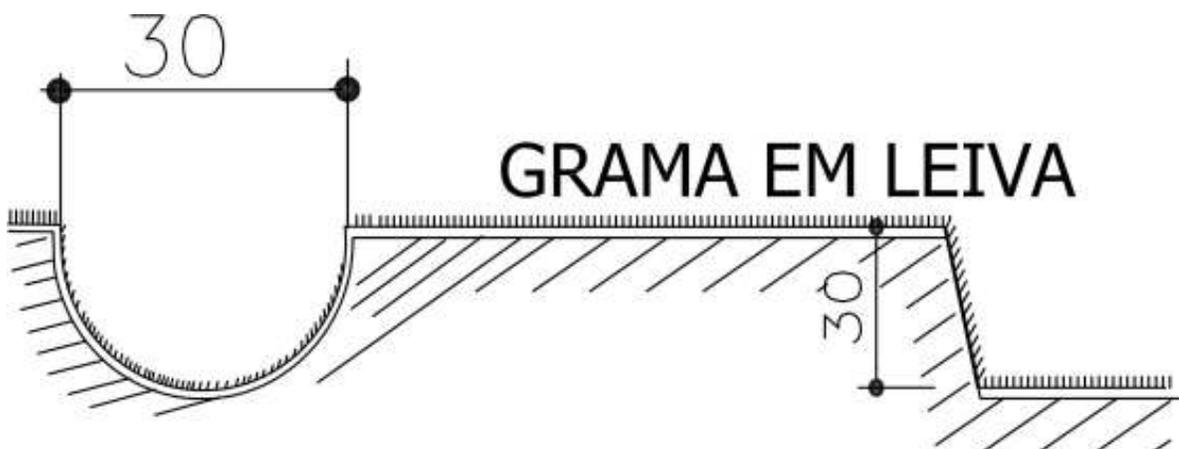
DETALHE 3.1 - Planta – Ligação da drenagem secundária com a drenagem principal



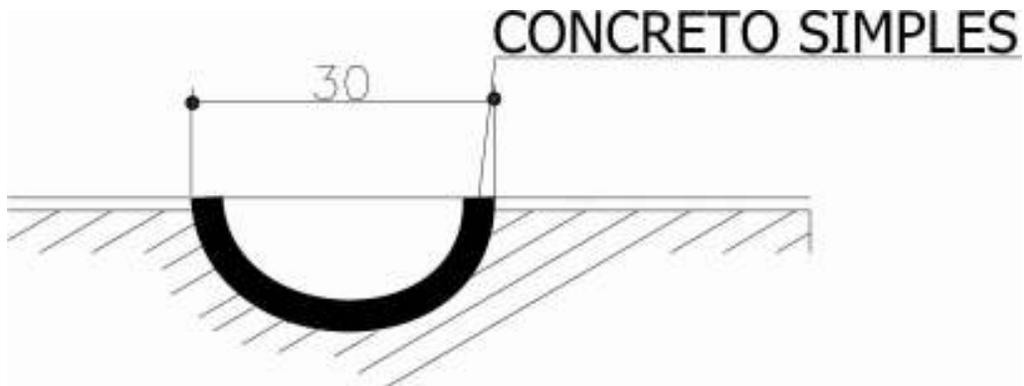
DETALHE 3.2 - Seção longitudinal – Ligação da drenagem secundária com a drenagem principal



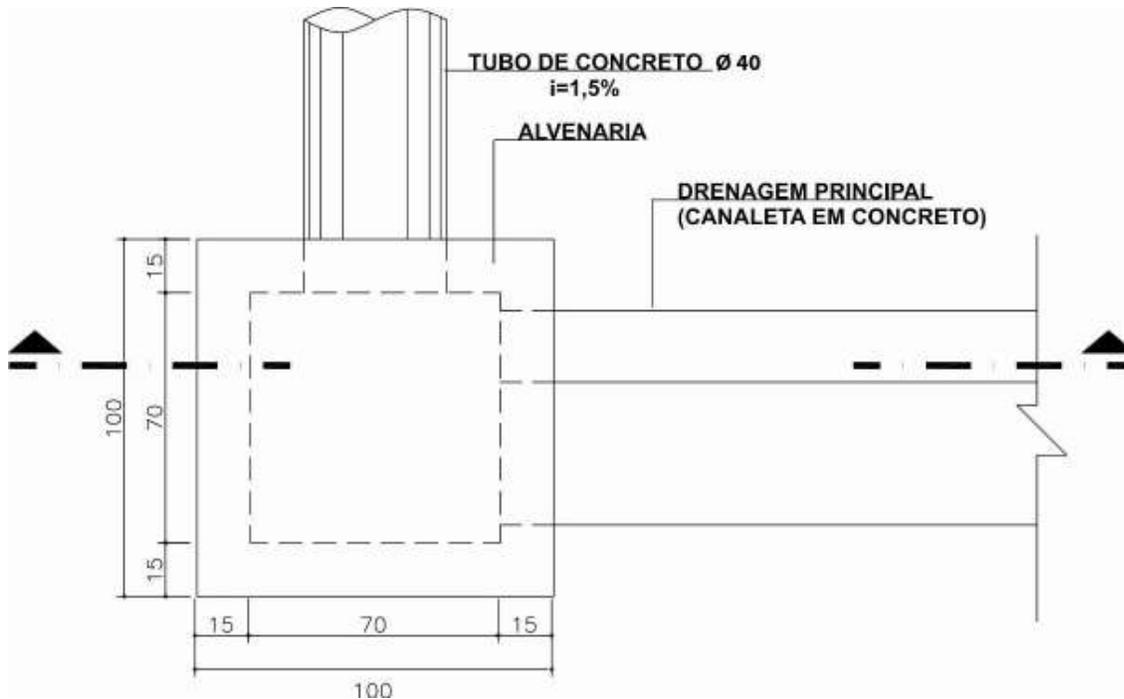
DETALHE 3.3 - Seção longitudinal – Detalhe da drenagem secundária



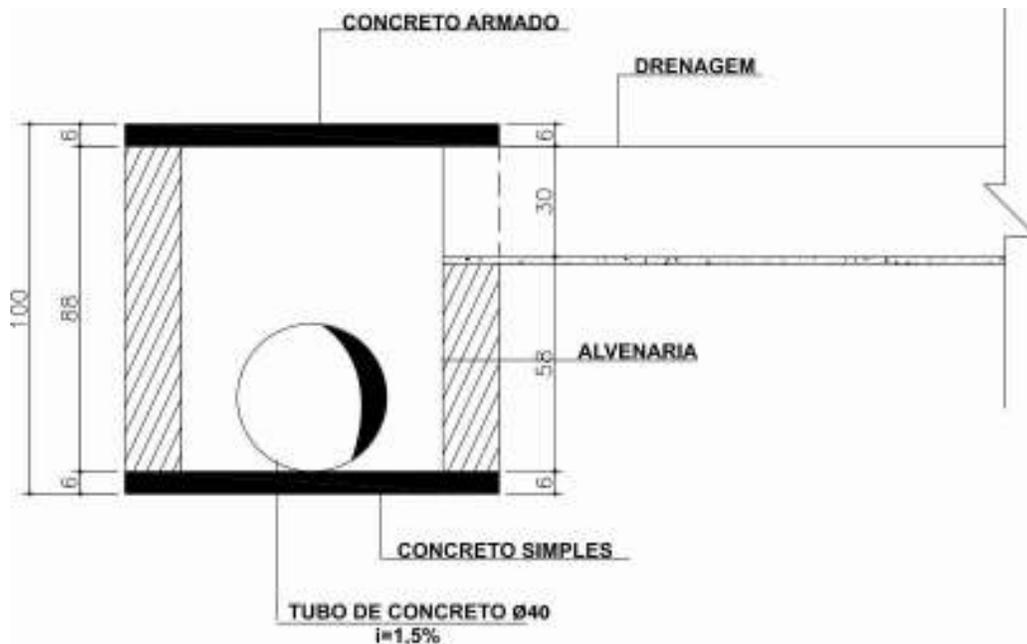
DETALHE 3.4 - Seção longitudinal – Detalhe da drenagem



DETALHE 3.5 - Caixa de passagem

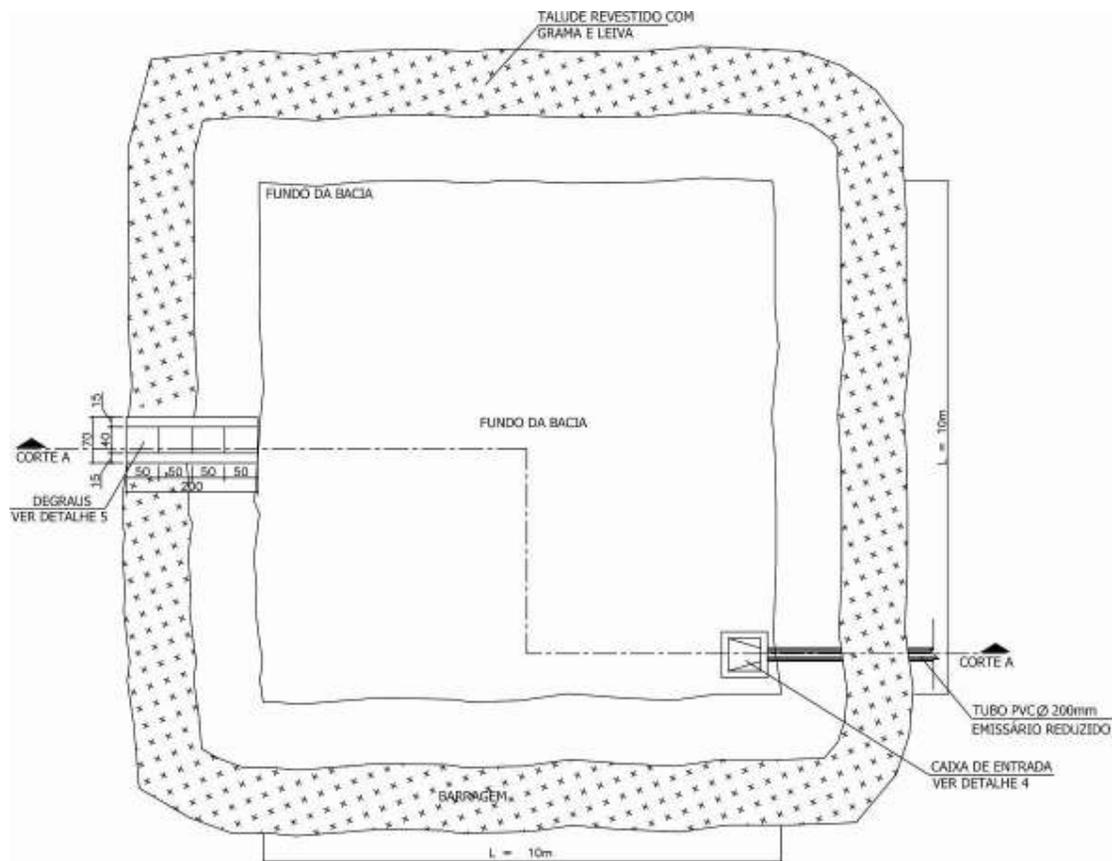


DETALHE 3.6 - Detalhe em corte da caixa de passagem

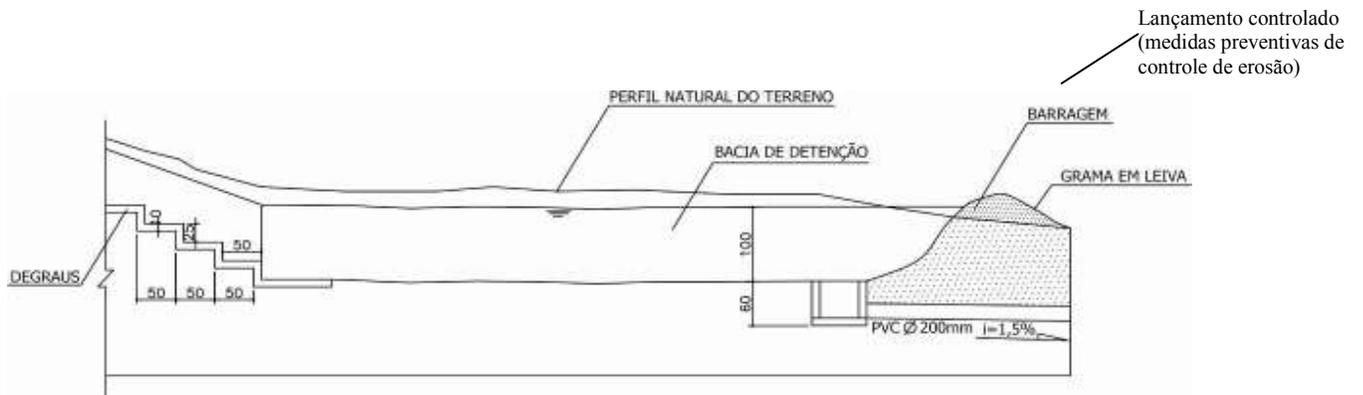


DETALHE 4 - Detalhes da bacia de detenção

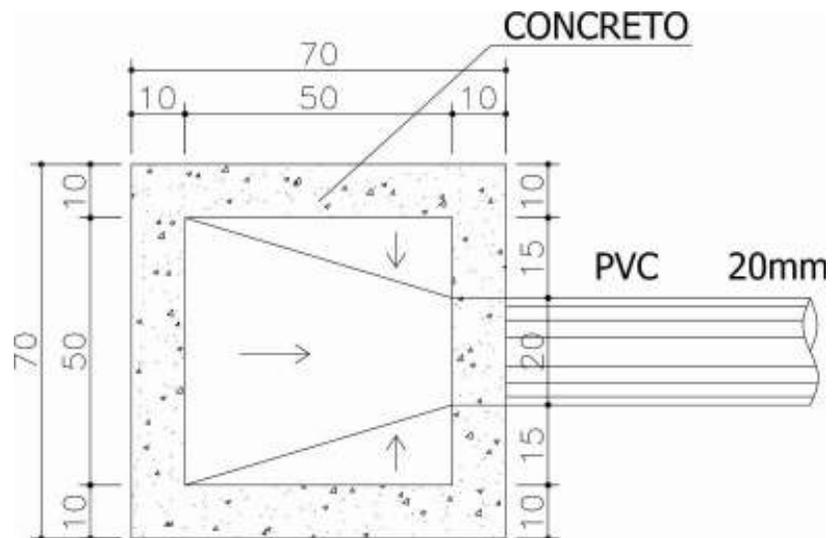
DETALHE 4.1 - Bacia de detenção



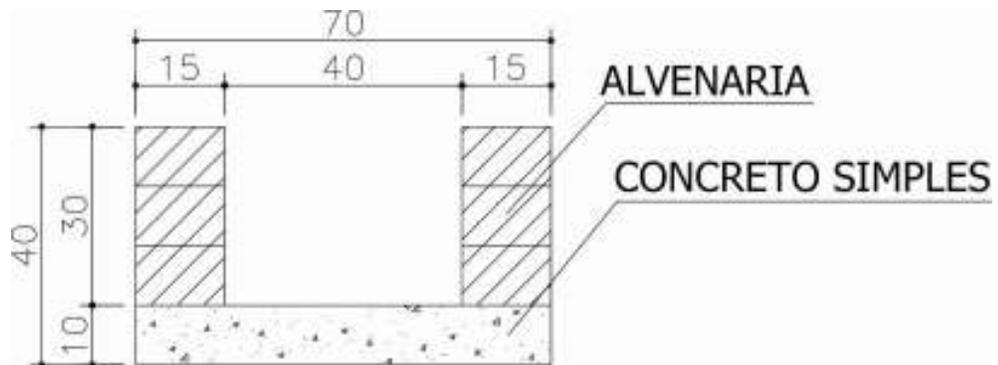
DETALHE 4.2 - Bacia de retenção – corte esquemático



DETALHE 4.3 - Planta da caixa de entrada

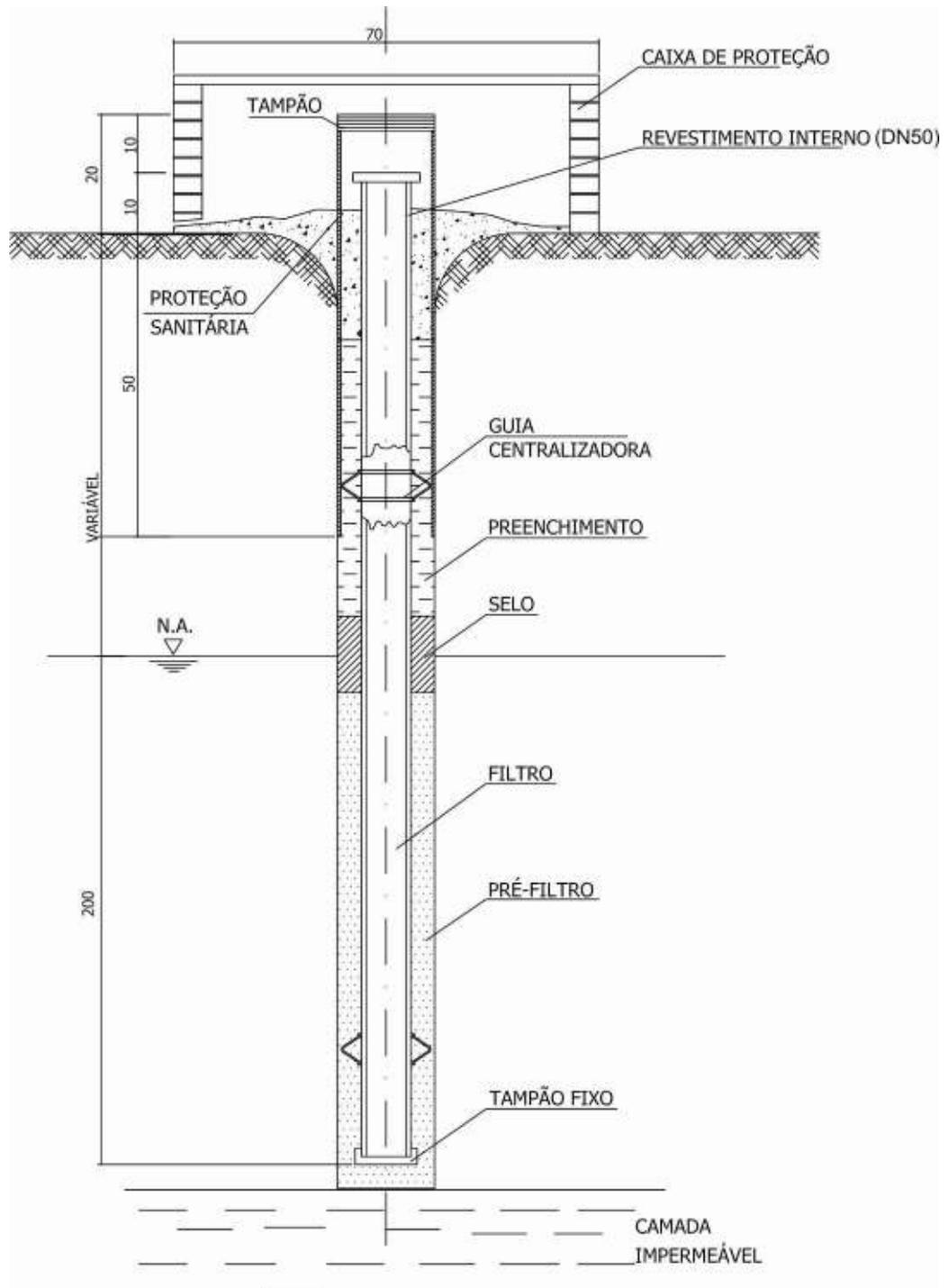


DETALHE 4.4 - Seção dos degraus



DETALHE 5 - Detalhes do poço de monitoramento

DETALHE 5.1 - Perfil esquemático do poço de monitoramento



DETALHE 5.2 - Detalhes da guia centralizadora

