

## **6. DESCRIÇÃO DO PROJETO**

### **6.1. OBJETIVOS E METAS**

O empreendimento proposto tem como meta atender em parte ao Sistema Regional de Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos Urbanos do Projeto “Espírito Santo Sem Lixão”, mais especificamente da unidade de destinação final da Região Doce Oeste, formada pelos municípios de Afonso Cláudio, Águia Branca, Alto Rio Novo, Baixo Guandú, Colatina, Governador Lindemberg, Itaguaçu, Itarana, Laranja da Terra, Mantenópolis, Marilândia, Pancas, São Domingos do Norte, São Gabriel da Palha, São Roque do Canaã e Vila Valério (Figura 6.1-1).

Prevê-se que a demanda destes municípios seja de, aproximadamente, 330 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos, para atender uma população de aproximadamente 350.000 habitantes.

A concepção do Centro de Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos de Colatina – CTR Colatina propõe, de maneira geral, a implantação de um aterro sanitário com vida útil de 25 anos, voltado para atender a demanda de destinação final dos resíduos sólidos urbanos gerados na região Doce Oeste, incluindo o município de Colatina – ES, obedecendo todas as normas técnicas e a legislação ambiental existentes, utilizando para tanto a melhor tecnologia disponível. Adotou-se a concepção de aproveitamento do aterro atual, já licenciado e operado pela SANEAR, pertencente ao município de Colatina, onde se propõe um projeto com aumento de vida útil estimada para 15 anos. Foi considerada ainda uma avaliação ambiental e volumétrica para uma área adjacente, com a vida útil complementar para mais 10 anos.

Instalado em ampla gleba de 500 ha, o aterro de resíduos pode ser recuperado e, se dotado de novos processos de implantação e operação, pode voltar a ser denominado aterro sanitário, conforme as Normas Técnicas Brasileiras.

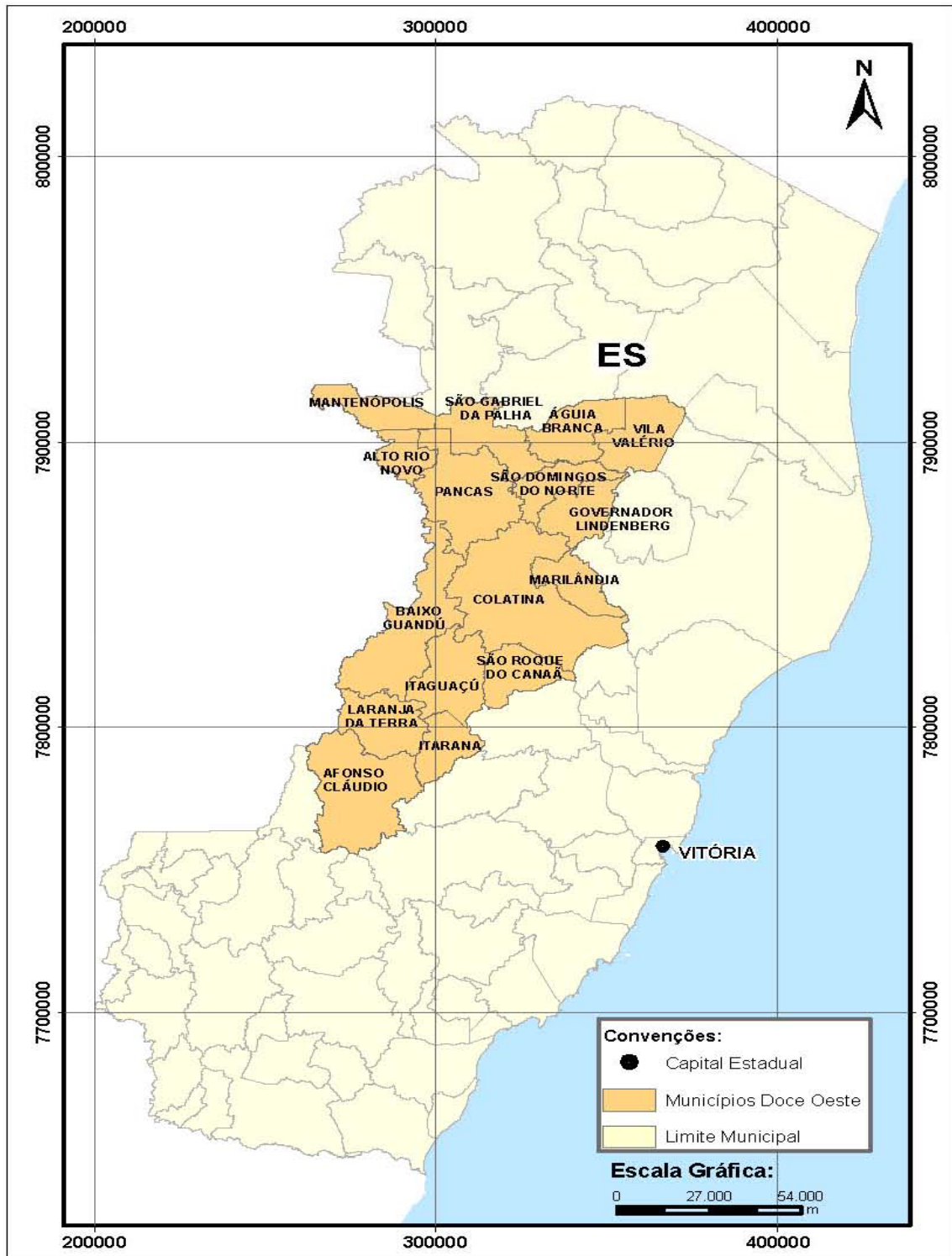


Figura 6.1-1: Municípios da Região Doce Oeste.

A implantação do aterro sanitário ocorrerá simultaneamente à operação de aterro dos resíduos dos municípios da regional, ou seja, obra e operação foram concebidas para serem executadas ao mesmo tempo.

Os resíduos sólidos recém-chegados ao aterro serão dispostos conjuntamente com aqueles resíduos anteriormente aterrados que serão cortados para reconfiguração geométrica do aterro.

A reconfiguração do aterro (corte e novo aterro do lixo velho) é necessária para garantir principalmente a estabilidade geométrica dos maciços, a instalação de drenagem de líquidos percolados e de biogás.

## **6.2. JUSTIFICATIVAS**

O aterro sanitário convencional se apresenta como uma das melhores alternativas para os países em desenvolvimento para a destinação final em oposição ao vazadouro (lixão) ou aterro controlado.

O aterro sanitário é um método de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite um confinamento ambiental seguro com proteção à saúde pública.

O Brasil ao longo dos últimos 10 anos acumulou larga experiência em aterro sanitários e tem continuamente melhorado e aperfeiçoado os elementos de controle ambiental através do monitoramento, estudos e pesquisas dos seus empreendimentos.

A operação básica do aterro consiste basicamente no espalhamento dos resíduos sobre o solo, em camadas sucessivas compactando-o com trator, ao menor volume prático possível, e recobrando-o com uma camada de terra, de espessura conveniente, ao final de cada trecho de trabalho.

A massa específica dos resíduos de origem urbana varia desde 150 a 250 kg/m<sup>3</sup> nos locais de coleta, 400 a 600 kg/m<sup>3</sup> no transporte, com média de 700 kg/m<sup>3</sup> no momento de disposição no aterro.

Empregando-se compactadores especiais ou tratores de esteira com lâmina e peso operacional acima de 16 toneladas, controlando-se o grau de adensamento e contando com a natural decomposição da fração orgânica do lixo e consequente geração de

biogás pode-se chegar após 05 anos de aterro a um valor de 1 tonelada de resíduos aterrados por m<sup>3</sup>.

Se por um lado, o Aterro sanitário não possibilita uma recuperação de parte potencialmente reciclável do lixo, por outra tem grandes vantagens, sobre outros tipos de opções tecnológicas, tais como:

- Rapidez na sua implantação e tecnologia amplamente dominada;
- Sistema eficiente no controle de efluentes (líquido percolado), impedindo a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, do solo e da população do entorno;
- Processo flexível, podendo adaptar-se ao crescimento da população e ao incremento da produção de lixo;
- Eliminação dos problemas sociais, estéticos, de segurança, de saúde encontrados nos lixões;
- Solução sanitária com maior viabilidade técnica-econômica e de menores investimentos se comparado com os de outros processos sanitários (importante observar que existem limites para o financiamento público).

### **6.3. LOCALIZAÇÃO, SITUAÇÃO E DIMENSÃO TOTAL DA ÁREA**

A área destinada à Central de Tratamento e Disposição de Resíduos de Colatina – CTR Colatina encontra-se localizada no município de Colatina, ES, estando situada sob as coordenadas UTM 327.750 (E) e 7.843.750 (N), referenciadas ao Meridiano Central nº 39º 00', fuso -24, datum SAD 69. (Figura 6.3-1 - Anexo 2).

A CTR Colatina será implantada em área que já se encontra em funcionamento, operando como vazadouro. A área destinada à CTR Colatina apresenta 500.000 m<sup>2</sup>, que juntamente com a área de ampliação, com 250.000 m<sup>2</sup>, totaliza 750.000 m<sup>2</sup>. O acesso principal à área em questão se dá através do km 54 da BR 259, município de Colatina/ES.

#### **6.4. VIAS DE ACESSO EXISTENTES E PROJETADAS**

O acesso principal a CTR Colatina será realizado pela Rodovia BR 259 podendo também ser acessado pela ES 080 pelos municípios norte da região Doce Oeste. O fluxo de veículos, internamente, se dará pela nova portaria projetada.

Está previsto construção de apenas uma pista de acesso interno e será mantido o acesso existente para uso futuro, quando a cota facilitar o acesso e para atendimento em períodos de estiagem. A pista de acesso interno foi planejada apresentando largura mínima de 7,00 m, sendo niveladas e tratadas com uma camada de pedra britada compactada de 5 cm de espessura com declividades e dispositivos de drenagem, convenientemente dimensionados, para assegurar o adequado escoamento de águas superficiais durante o período operacional e após o encerramento da disposição de resíduos.

Estão previstos acessos internos provisórios e definitivos. O acesso interno definitivo será aquele que terá a função de assegurar o trânsito dos equipamentos desde o início até o término da operação do aterro, sem sofrer grandes alterações, enquanto que os acessos internos provisórios corresponderão aos de uso temporário para cada fase da obra e serão reaterrados pela disposição de resíduos sólidos nas fases seguintes de operação.

A estrada de acesso interna do aterro seguirá o *greide* do terreno natural seguindo a base da encosta junto a BR 259, de modo a evitar aterros desnecessários e facilidade de implantação de sistemas de drenagem pluviais. De modo a conceder as condições necessárias ao tráfego de veículos pesados e equipamentos, o acesso será executado de forma a garantir plataformas com largura mínima de 7,00m, rampa máxima de 12% e raio de curvatura mínima de 25,0m, sempre obedecendo às recomendações e normas exigidas pelos órgãos competentes, como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

As pistas de serviço serão executadas com os próprios equipamentos do aterro com antecedência suficiente para que não ocorra o estrangulamento na entrada de resíduos no aterro, por falta de acessos às frentes de serviço. Para tanto, o projeto executivo do aterro será desenvolvido considerando as particularidades regionais o regime de chuvas e as demandas de resíduos, com projeção de crescimento reavaliada a cada 6 (seis) meses.

Tal procedimento terá como objetivo básico antever as eventuais necessidades do preparo e/ou recuperação de frentes de acessos, e impedir a interrupção das operações de descarga, uma vez que tais serviços envolvem responsabilidades que podem afetar a descarga dos caminhões coletores. As eventuais recuperações destas serão executadas com o auxílio dos próprios equipamentos do aterro. Sobre a superfície regularizada, será executado o revestimento com brita, de forma a assegurar o trânsito normal dos veículos para qualquer época do ano.

O transporte e lançamento da brita serão realizados com caminhões basculantes, sendo, então, espalhada por meio de trator de esteira com potência adequada. A compactação será executada inicialmente pelo trânsito dos equipamentos de transporte e, caso necessário, pelo emprego de rolos compactadores vibratórios apropriados.

Ao longo da vida útil do aterro sanitário, progressivas derivações (vias transitórias) deverão ser feitas a partir do traçado permanente da via interna, de modo a permitir o acesso dos veículos coletores à base de operações do aterro em cada fase. Mesmo essas vias transitórias deverão ser implantadas e receber tratamento primário (encascalhamento compactado sobre a base previamente regularizada e escarificada).

Tanto a via permanente como as vias transitórias deverão ser objeto de um permanente serviço de conservação e manutenção, de maneira a que se assegure condições francas e seguras de acesso dos veículos coletores até a frente de operações, em cada fase.

## **6.5. PREVISÃO DE TRÁFEGO DE VEÍCULOS NAS FASES DE CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO**

Para a implantação do Aterro Sanitário prevê-se inicialmente a utilização dos seguintes equipamentos:

- Trator de esteira, com peso operacional  $\geq 16t$ , modelo D6 (Caterpillar) ou similar, no corte, espalhamento e compactação dos solos (1 equipamento);
- Escavadeira hidráulica, modelo PC 150 ou similar, no carregamento de terra para execução de corte e carga, tanto para terraplanagem da infra-estrutura quanto para implantação da macro drenagem (1 equipamento);
- Retro/pá carregadeira, CAT 416 ou similar, na construção da rede de drenagem pluvial e outros serviços (1 equipamento);
- Motoniveladora, modelo CAT 135 (Caterpillar) ou similar, na distribuição e uniformização das camadas de terra durante a recuperação e na conservação dos acessos internos (1 equipamento);
- Rolo compactador vibratório autopropulsor, modelo CA25 (Dynapac) ou similar na compactação da camada de capeamento trecho a trecho da pavimentação, e na conservação das vias internas (1 equipamento);
- Caminhão basculante, com capacidade volumétrica mínima de  $8m^3$ , no transporte de terra (6 caminhões);
- Caminhão irrigadeira, no umedecimento periódico das vias de acesso e da preparação do *liner*, se necessário, em épocas de estiagem (1 equipamento).

Na fase de operação estima-se que serão utilizados:

- 01 tratores de esteira tipo CAT D6, ou similar;
- 01 pá-carregadeira tipo CAT 924F, ou similar;
- 01 retroescavadeira tipo CAT 416C, ou similar;
- 03 caminhões basculantes  $8 m^3$ ;
- 01 caminhão pipa, 5000L;
- De maneira descontínua será utilizada 01(uma) moto-niveladora

O fluxo de veículos devido à operação do serviço de coleta e limpeza pública dos municípios pertencentes ao consórcio é estimado em 9 veículos/dia (considerando carretas de 27 t) e mais 12 veículos/dia (caminhões direto das coletas) originados de Colatina. O aterro terá um horário de funcionamento de 6h a 22h, com pico de funcionamento a partir das 19 h, quando começa a receber os caminhões das coletas noturnas.

### **6.6. MÃO DE OBRA UTILIZADA NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO**

A mão-de-obra necessária nas fases de construção e operação do CTR Colatina deverá ser oriunda de comunidades próximas ao empreendimento. Está prevista uma demanda de mão-de-obra de até 100 funcionários na fase de construção, enquanto para a fase de operação a previsão é de 30 funcionários.

### **6.7. INFRAESTRUTURA DE APOIO ÀS OBRAS**

Como este projeto visa o aproveitamento de todas as instalações do atual aterro de Colatina, neste projeto será previsto apenas a instalação de nova guarita de entrada, acesso e balança. As demais instalações para apoio técnico e administrativo serão as mesmas hoje existentes.

Estas instalações terão com o objetivo específico auxiliar a operação do aterro sanitário.

A infra-estrutura do aterro contará com:

- Guarita - para controle de entrada à Central,
- Balança - para controle de pesagem e qualidade dos resíduos afluentes a Central,
- Escritório – para as atividades de administração
- Refeitório – para o preparo de refeições
- Vestiário e Instalações sanitárias.

O detalhamento das novas instalações será apresentado na fase da elaboração do projeto executivo.



## **6.8. LIMPEZA E PREPARO DO TERRENO, REMOÇÃO DE VEGETAÇÃO, TERRAPLENAGEM E MOVIMENTO DE TERRA**

A limpeza deve ocorrer na área do acesso principal para que algumas atividades de implantação possam ser executadas gradualmente. A tarefa de limpeza irá compreender a completa remoção de vegetação, entulhos e outros materiais que ali estiverem, principalmente onde serão construídos os acessos internos e as plataformas iniciais. Como o aterro já se encontra implantado, e considerando ainda que a área encontra-se coberta predominantemente por vegetação rasteira (capítulo 7 item 7.2.1) a supressão ocorrerá apenas neste tipo de vegetação, não interferindo nas áreas com vegetação mais densa.

Finalizados os trabalhos de limpeza e raspagem está prevista a regularização da superfície de base do aterro por meio de serviços de terraplanagem, a fim de obter nivelamento e condições geotécnicas que atendam às especificações da fundação do empreendimento. Assim, serão definidas as cotas básicas para o desenvolvimento do aterro sanitário, com a execução dos sistemas que possibilitem a sua operação. Estes procedimentos deverão ser realizados em fases, dentro do planejamento de execução, de maneira que a atual operação não seja interrompida.

Todo o material gerado nas atividades de limpeza do terreno será depositado, temporariamente, nas áreas que fazem parte da primeira ampliação. A medida que o aterro venha sendo implantado, este material será encaminhado para disposição no aterro sanitário.

Como referência básica, a implantação efetiva de cada trecho das diversas plataformas de base do aterro deverá ser feita de modo a assegurar sua adequada operação no período máximo dos 12 (doze) meses seguintes. Portanto, os serviços de terraplenagem (limpeza do terreno; cortes; aterros; execução de acessos provisórios, da base impermeável e do sistema de drenagem de "chorume", etc.) serão realizados paulatinamente, conforme o ritmo de operação do aterro em cada fase, tendo como limite de planejamento o período de 12 meses.

### 6.8.1. MOVIMENTAÇÃO DE TERRA

Os solos provenientes do corte serão armazenados dentro da própria gleba. Este procedimento possibilitará que o solo seja escavado e armazenado próximo à área de disposição, facilitando as operações das máquinas. No armazenamento os solos serão dispostos formando elevações de alturas superiores a 2,0 metros e separados por leiras de solos compactados e valas escavadas no solo natural, de maneira a evitar processos erosivos durante a ocorrência de chuvas.

Os solos provenientes do material excedente das operações de corte, das etapas do planejamento executivo, serão armazenados em áreas próximas e/ou em áreas livres ao aterro em operação, dependendo muito da logística aplicada, utilizando-se os mesmos procedimentos citados no parágrafo anterior.

O Projeto de implantação e operação do aterro foi elaborado levando-se em conta que os solos gerados nos trabalhos de corte e preparação das células sejam utilizados na operação de cobertura do aterro em plataforma de cota inferior. Assim este balanceamento otimiza os espaços e os impactos do processo: corte, transporte, armazenamento, transporte e uso/aterro.

Não está prevista a geração de grande volume de material de construção, mas o que for gerado será utilizado na formação dos diques previstos no projeto.

A movimentação de terra, na próxima fase de implantação do empreendimento, compreenderá os serviços de terraplenagem necessários à execução da plataforma de instalações de apoio; à conformação da primeira plataforma da base do aterro sanitário (na EL 104), execução do liner de impermeabilização; a terraplanagem da plataforma para o tanque de acumulação de chorume e, ainda, à implantação do sistema viário interno. Para tanto, deverão ser mobilizados os equipamentos, máquinas e veículos apropriados para a execução dos serviços de escavação, transporte, carga, espalhamento, escarificação, umedecimento, compactação e nivelamento de solos.

Na execução do sistema viário e, particularmente, da primeira plataforma da base do aterro sanitário, deverão ser rigorosamente observados os elementos geométricos definidos no projeto executivo.

Ao longo das fases de desenvolvimento dos trabalhos de terraplenagem — que, conforme já mencionado, abrangerão praticamente todo o período de vida útil do aterro sanitário, embora de forma intermitente — deverá ser realizado, em cada caso e circunstância, à área estritamente necessária, de modo a minimizar os potenciais impactos negativos de uma terraplenagem excessiva sobre o desenvolvimento harmônico do próprio empreendimento, bem como sobre o meio ambiente de entorno do mesmo.

### **6.8.2. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE TERRAPLENAGEM – CORTES**

A presente especificação tem por finalidade estabelecer as condições técnicas de acordo com as quais, juntamente com os desenhos técnicos integrantes do projeto, deverão ser realizados os serviços de corte necessários para a construção das plataformas da base do aterro sanitário, as vias internas de acesso.

#### 6.8.2.1. GENERALIDADES

Neste projeto haverá a ocorrência das atividades típicas de terraplanagem de aterro, ou seja, na preparação de áreas naturais. Neste caso, além destas atividades haverá grande movimentação na realização de corte e retaludamento da massa de lixo. As operações de corte compreenderão:

- a) A remoção preliminar da camada superficial de solo (“terra vegetal”), com espessura nominal  $\leq 20$  cm, para uso posterior;
- b) A escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a cota da sub-base dos diversos componentes do projeto executivo em cada trecho, com especial atenção para com as inclinações dos taludes dos cortes, conforme indicado no mesmo projeto;
- c) A utilização progressiva e preferencial dos materiais resultantes da escavação quer para conformação da base impermeabilizante do aterro sanitário, quer para a conformação das capas (diária e final) da massa dos resíduos dispostos e compactados no mesmo aterro.

#### 6.8.2.2. MATERIAIS

Os materiais ocorrentes nos cortes serão classificados de conformidade com a seguinte definição:

- Materiais de 1ª categoria — compreendem solos em geral, residuais ou sedimentares; e seixos (rolados ou não), com diâmetro inferior a 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade que apresentem.

#### 6.8.2.3. EQUIPAMENTOS

A escavação dos cortes será executada mediante a utilização racional de equipamentos adequados, tais que possibilitem a execução dos serviços sob as condições especificadas e com a produtividade requerida pelo Município.

A seleção dos equipamentos obedecerá as seguintes indicações:

- Corte em materiais de 1ª categoria — serão empregados tratores de esteiras equipados com lâminas (preferencialmente com peso operacional  $\geq$  15 t). A operação incluirá, a título complementar, a utilização de retro-escavadeiras (particularmente para a abertura de valas e canaletas de drenagem) e motoniveladoras (essencialmente, nos serviços de acabamento e regularização final das superfícies dos cortes).

#### 6.8.2.4. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

A execução dos cortes subordinar-se-á àqueles explicitamente constantes do projeto, bem como à normalização técnica brasileira concernente à matéria.

Deverão ser tomadas as precauções necessárias para se evitar escavações além dos alinhamentos limítrofes definidos em projeto, fase a fase.

A escavação será precedida das operações de destoca, limpeza e, se necessário, de drenagem provisória (particularmente em situações nas quais o material a ser cortado e/ou removido se apresente com elevado teor de umidade). A drenagem provisória, nesses casos, será constituída por drenos tipo “espinha-de-peixe”, constituídos preferencialmente por materiais drenantes encontrados no próprio local das obras.

A limpeza da área consistirá na remoção da camada superficial do solo, contendo raízes e "terra vegetal", que deverá, obrigatoriamente, ser disposta nas áreas de estocagem para utilização posterior.

O desenvolvimento da escavação se processará sempre tendo em vista a utilização — adequada e, sempre que possível, imediata — da maior parcela possível dos materiais dela resultantes.

Os materiais de boa qualidade, que se enquadrem na especificação para a execução de aterros (base impermeabilizante e/ou capeamento do aterro sanitário) e que não possam ser utilizados imediatamente após sua escavação, deverão ser convenientemente estocados em leiras posicionadas nas imediações das áreas em que poderão ser futuramente empregados.

Caso se apresentem com teores de umidade próximos àquele definido pelo controle geotécnico como ótimo para a compactação de aterros, deverão essas leiras, sempre que possível, ser cobertas por lona plástica, com a finalidade de se evitar a perda excessiva da sua umidade natural.

### **6.8.3. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE TERRAPLENAGEM – ATERROS**

#### **6.8.3.1. MATERIAIS**

Os materiais a serem utilizados nos aterros serão, essencialmente, provenientes das escavações realizadas no âmbito do próprio empreendimento. No caso específico da base impermeabilizante das diversas plataformas do aterro sanitário, deverão ser utilizados os estratos de solos com maior teor de argila encontrados nas operações de corte, tendo-se como referência o índice de permeabilidade vertical, após adequada compactação, igual ou inferior a  $1 \times 10^{-6}$  cm/seg. Todos os cuidados plausíveis deverão ser tomados para que esses solos estejam isentos de matéria orgânica e/ou de sedimentos micáceos. Essa base impermeabilizante deverá ter espessura nominal de 1,10m (0,70 + PEAD + 0,40).

Em princípio, enquadram-se nessa categoria mínima desejável os solos bem graduados existentes na camada subsuperficial da gleba do empreendimento, tais que apresentem as seguintes características:

- a) percentual que passa na peneira # 200  $\geq 65\%$ ;
- b) Percentual retido na peneira # 10  $\leq 10\%$ ;
- c) Limite de liquidez: LL  $\geq 40$ ;
- d) Índice de plasticidade: IP  $\geq 10$ ;
- e) Expansão máxima: 2,0 %.

#### 6.8.3.2. EQUIPAMENTOS

Deverão ser empregados, nas operações de aterro, tratores de esteiras equipados com lâminas (preferencialmente com peso operacional  $\geq 15$  t), caminhões basculantes, caminhões-pipa, motoniveladoras, rolos compactadores (lisos, de pneus, ou dotados de "pés-de-carneiro"; estáticos ou vibratórios), tratores de pneus ("jericos") equipados com grades rotativas; e, em casos específicos (particularmente no reaterro de valas para embutimento de tubulações enterradas) placas vibratórias de acionamento manual ("sapos mecânicos"). As características técnicas dos equipamentos de compactação a serem utilizados deverão ser definidas pela equipe de controle geotécnico, caso a caso, tendo em vista a natureza e os requisitos de adensamento de cada serviço de aterro específico.

#### 6.8.3.3. EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

A execução de aterros em geral e, em particular, do "liner" impermeabilizante das plataformas do aterro sanitário, subordinar-se-á aos elementos técnicos constantes do projeto. Deverão, além disso, atender as normas técnicas do DNER e da ABNT concernentes a esse tipo específico de serviço de terraplenagem.

O material deverá ser adequadamente umedecido (ou secado, por revolvimento) anteriormente à compactação de cada camada, de modo a que a variação de seu teor de umidade não ultrapasse de  $\pm 2\%$  (dois por cento, a mais ou a menos) o teor médio especificado para a construção de aterros em geral, tendo em vista os solos disponíveis no local. No caso específico da execução do "liner" impermeabilizante das plataformas do aterro sanitário, a faixa de tolerância de variação da umidade do

material ao ser compactado será de - 0,5 % a + 2,0 % da umidade ótima do solo a ser empregado, caso a caso.

O lançamento e espalhamento do solo nos aterros serão feitos em camadas longitudinais, de tal forma que a espessura da camada do material no estado solto não seja superior, em qualquer ponto, a 20 cm. Em áreas restritas, em que se deva processar a compactação por equipamentos ou ferramentas de acionamento manual, a espessura da camada não deverá exceder a 10 cm.

Não serão permitidos caminhos preferenciais de circulação de veículos e/ou equipamentos nas áreas em que esteja sendo feita a execução de aterros, devendo-se deslocar sistematicamente as pistas de tráfego, de modo a impedir a ocorrência do fenômeno de laminação, derivado da compactação irregular promovida pelos pneus dos mesmos veículos.

As sucessivas passadas dos rolos compactadores deverão ser feitas de modo a que ocorra sempre uma superposição mínima de 20 cm entre as superfícies cobertas pelas passadas adjacentes dos mesmos.

Os serviços de compactação deverão ser realizados de maneira sistemática, ordenada e contínua. Os materiais, lançados e espalhados na espessura conveniente, serão imediatamente adensados, com o emprego de rolos compactadores aprovados pela fiscalização.

Para efeito desta especificação, entende-se como grau de compactação a razão entre a massa específica aparente seca, medida no campo, e a massa específica aparente seca máxima obtida com o mesmo tipo de material no ensaio de Proctor Normal. O grau de compactação mínimo requerido para os aterros em geral será de 97% do Proctor Normal, devendo a média mínima ser de 98% dessa referência. No caso específico dos "liners" impermeabilizantes das diversas plataformas do aterro sanitário, o grau de compactação mínimo admissível será de 100% do Proctor Normal. A uniformidade do serviço será aferida pelo desvio padrão verificado em amostras adequadamente recolhidas no local das obras, desvio padrão esse que não deverá ser superior a 2%.

A base impermeabilizante ("liner") das plataformas do aterro sanitário, uma vez concluída (trecho a trecho), deverá ser mantida permanentemente úmida enquanto permanecer exposta, ou seja, enquanto não vier a ser efetivamente utilizada para a disposição de lixo. Trincas ou fissuras de quaisquer dimensões, decorrentes do efeito

de contração por secagem, deverão ser imediatamente recompostas, conforme os procedimentos recomendados pela fiscalização e pelo controle geotécnico, de maneira a não comprometer a taxa de permeabilidade definida como referência nas atuais especificações ( $k \leq 1 \times 10^{-6}$  cm/seg).

#### 6.8.3.4. CONTROLE

O controle dos aterros será efetuado tanto sobre os materiais lançados e compactados, camada a camada (controle tecnológico, ou geotécnico), quanto sobre o produto final da construção (controle geométrico, ou topográfico).

O controle geométrico, ou topográfico, será efetuado após a completa execução dos aterros, bem como da base impermeabilizante ("*liner*") das plataformas do aterro sanitário, compreendendo a relocação e o nivelamento (dos eixos e dos bordos, caso a caso), sendo admitidas as seguintes tolerâncias:

- a)  $\pm 5\%$  (cinco por cento, a mais ou a menos), em relação às cotas de nível definidas no projeto executivo, desde que mantidos os caimentos mínimos estabelecidos, caso a caso;
- b) Variação máxima de largura das plataformas de + 30 cm, não se admitindo variação para menos;
- c) O acabamento dos taludes de concordância entre as diversas plataformas da base impermeabilizante ("*liner*") das plataformas do aterro sanitário, deverá obedecer — Com as devidas adequações operacionais — os procedimentos anteriormente descritos com relação às próprias plataformas, apenas sendo admitidas para os mesmos as inclinações máximas indicadas no projeto executivo, trecho a trecho.

O controle tecnológico referente à execução dos aterros compreenderá as seguintes atividades, que deverão ser observadas longitudinalmente, ao longo de todo o período de execução dos mesmos:

- a) Controle da remoção da "terra vegetal" e de bolsões arenosos nas áreas de corte;
- b) Reconhecimento e caracterização geotécnica dos solos em escavação;



- c) Observação das condições de fundação dos aterros, para efeito de lançamento de suas camadas iniciais;
- d) Reconhecimento e análise dos materiais lançados nas diversas camadas dos aterros, caso a caso;
- e) Acompanhamento e verificação da espessura nominal das camadas de solo solto e de regularidade da praça de trabalho, caso a caso;
- f) Acompanhamento e verificação das operações de compactação, camada a camada, observando-se as condições de trabalho dos rolos compactadores (regularidade, número de passadas por faixa, sobreposição das passadas adjacentes, etc.), teor de umidade dos solos empregados, grau de compactação das camadas, condições finais da superfície de cada camada (anteriormente ao lançamento camada posterior), etc.;
- g) Execução sistemática de ensaios de campo e de laboratório, objetivando a caracterização dos materiais a serem empregados, o grau de compactação e o desvio do teor de umidade estabelecido na presente especificação, tanto para liberação da execução dos serviços quanto para eventual recebimento dos mesmos, ou determinação de sua demolição e re-execução, se e quando for o caso. Para este tipo de controle, deverão ser executados ensaios referentes a, no máximo, cada 250 m<sup>3</sup> de material compactado.

#### **6.9. LOCAIS DE EMPRÉSTIMO E BOTA-FORA DO MATERIAL PARA A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO**

Não haverá local de empréstimo fora da gleba da construção do aterro. Não haverá necessidade de bota-fora externo ao empreendimento.

Os locais de empréstimo e bota-fora do material serão no próprio local de implantação e de caráter temporário durante a operação do aterro.

As operações de corte para construção das bases para as plataformas da FASE 1 irão gerar volume de solo necessário, por sua vez, para a implantação do dique estrutural, para a construção da plataforma para Estação de Tratamento de Chorume, da implantação do acesso interno e como reserva para o uso como material de cobertura operacional diária do aterro.

### 6.10. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE COLATINA (EM MILHÃO DE R\$)																			
ITEM	ATIVIDADES	MESES																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Licença de Ambiental																		
1.1	Início do Processo: Caracterização do Empreendimento - FCE																		
1.2	Emissão de IT																		
1.3	Elaboração de EIA/RIMA																		
1.4	Análise pelo IEMA																		
1.5	Emissão da Licença ambiental																		
3	Obra de instalação																		
3.1	Instalação de canteiro e mobilização																		
3.2	Preparo da área-escavação, aterro e regularização e drenagem de base																		
3.3	Impermeabilização - instalação de manta																		
3.4	Sistema de percolados e gases																		
3.5	Construção de Edificações																		
3.6	Construção de Tanques Armazenamento Líquidos																		
4	Licença de Operação																		
4.1	Vistoria e emissão de LO																		
4.2.	Início de Operação																		

A Estimativa de custo para implantação do Aterro Sanitário de Colatina é de R\$ 4.000.000(quatro milhões de reais)

## **6.11. ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO ATERRO**

Este item tem por objetivo apresentar a análises de estabilidade do Aterro Sanitário de Colatina no Município de Colatina, no Estado do Espírito Santo, dentro dos estudos e projetos dos sistemas regionais de destinação final adequada de resíduos sólidos urbanos do projeto "Espírito Santo Sem Lixão".

### **6.11.1. DADOS BÁSICOS UTILIZADOS**

Para o desenvolvimento da análise de estabilidade da seção típica do Aterro Sanitário de Colatina foi utilizado o Software Phases.

A partir da seção típica do aterro e das propriedades de resistência dos materiais e níveis piezométricos de chorume, este programa de cálculo determina o fator de segurança mínimo de maciços para a condição de equilíbrio limite.

As experiências internacionais e brasileira recente, de análises do comportamento de maciços de resíduos sólidos, têm demonstrado que o principal condicionante a estabilidade de aterros sanitários é sem duvida nenhuma as condições de fundação dessas estruturas.

Tem-se demonstrado que, a maioria de acidentes que ocorreram nessas estruturas está quase sempre associado à construção de aterros sobre fundações inadequadas (solos moles, existência de horizontes geológicos apresentando foliações desfavoráveis, condições inadequadas de drenagem de lençóis d'água sob o aterro, que geraram sub-pressões elevadas). Adicionalmente, alguns acidentes estão relacionados à níveis piezométricos elevados, oriundos de drenagens deficientes dos percolados e gases do interior dos aterros.

Para definir os condicionamentos geológico-geotécnicos que constituirão a fundação do Aterro foram analisadas as investigações geológico-geotécnicas desenvolvidas na área, que compreenderam sondagens a percussão com medida de SPT.

Como não se tem disponíveis ensaios para definir os parâmetros de resistência de fundação do aterro, os valores adotados foram obtidos a partir de da experiência dos

técnicos da ATRIUM em solos similares aos existentes na fundação do Aterro Sanitário de Colatina.

Como premissa de projeto considerou-se que após as escavações de fundação para remoção de solos inadequados, como solos moles, inconsistentes e mal drenados, o Aterro Sanitário de Colatina será apoiado em solos de SPT maiores que 10 golpes, e que eventuais nascentes e/ou afloramentos do lençol freático serão canalizadas e drenadas adequadamente para evitar subpressões indesejáveis na fundação do Aterro.

Para as análises aqui apresentadas, foram empregados os parâmetros de resistência dos materiais de fundação e de aterros de solo compactado, através de correlações com solos similares, obtidos da literatura técnica, bem como da experiência de emprego desses tipos de solos em obras na região.

Os valores de resistência ao cisalhamento adotados para os solos de fundação foram:

- Coesão -  $c' = 10$  kPa
- Ângulo de Atrito  $\phi' = 30^\circ$
- Peso Específico  $\gamma = 18$  kN/m<sup>3</sup>

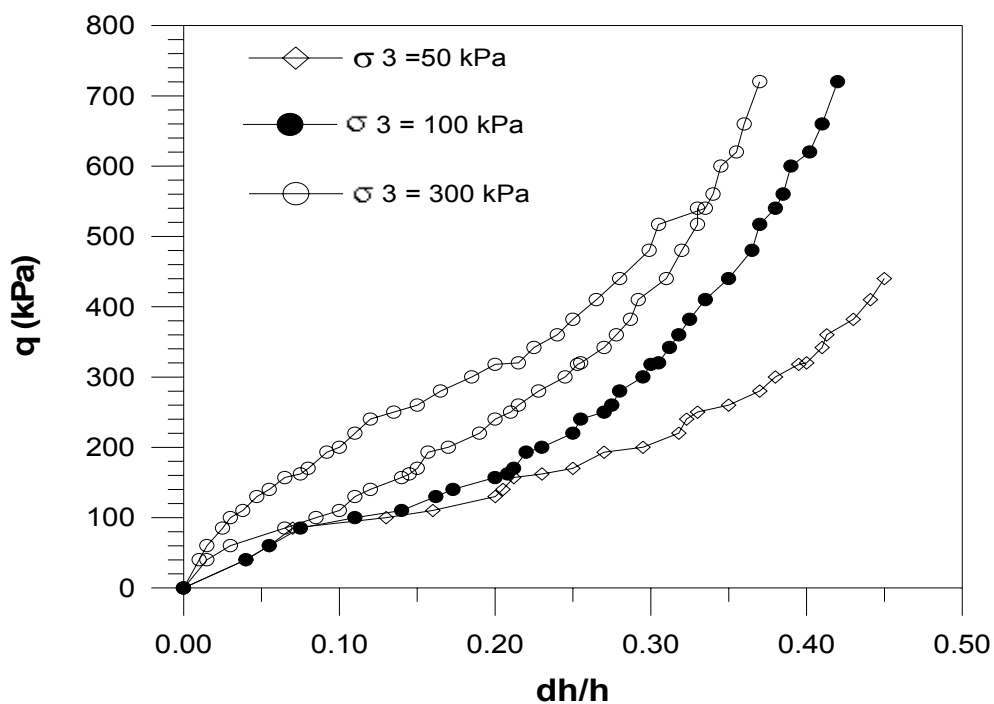
Quanto ao maciço de resíduos sólidos, sabe-se que estes materiais apresentam grande quantidade de plásticos, que conferem a esses maciços o efeito similar a de solos reforçados, como amplamente demonstrado, em ensaios de campo e de laboratório por diversos autores.

Os valores de resistência ao cisalhamento adotados nos estudos foram baseados no trabalho de Grisolia et al, no artigo "The Use of Triaxial Testes for Mechanical Characterization of MSW" Proceedings Sardinha 95, Fifth International Landfill Symposium, Calliari, Italy, October 1995, que demonstram que à medida que os resíduos se deformam, estes apresentam ganhos sensíveis de resistência. Saliente-se que este comportamento foi recentemente confirmado para nossos resíduos, através

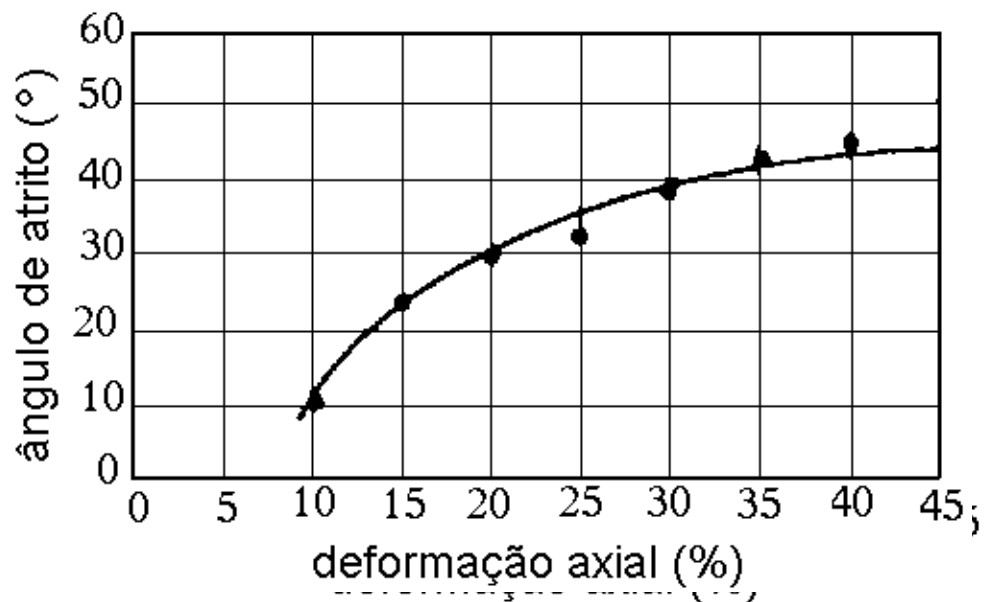
de estudos e pesquisas desenvolvidas sobre amostras representativas do Aterro Sanitário Bandeirantes de São Paulo, pela Eng.<sup>a</sup> Miriam F. Carvalho na sua tese de doutorado na Escola de Engenharia de São Carlos, em 1999.

As Figuras 6.11.1-1 a 6.11.1-3 apresentam os resultados de parâmetros de resistência sintetizados no trabalho de Grisolia et AL, referenciado acima.

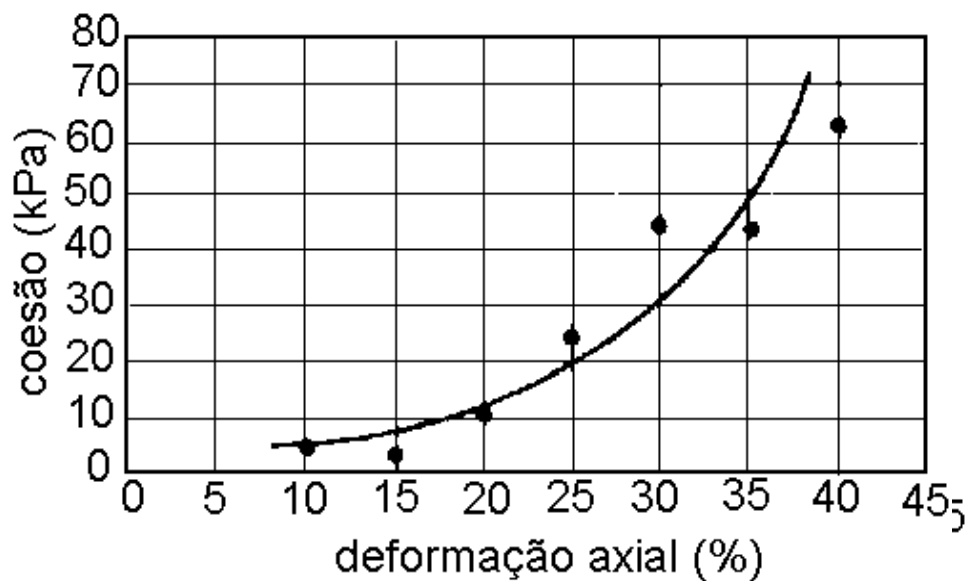
Com relação ao maciço de resíduos previu-se que o aterro deverá dispor um eficiente sistema de drenagem de percolados e gases, para assegurar que no corpo do Aterro Sanitário não ocorrerão pressões internas superiores a um gradiente de 25%.



**Figura 6.11.1-1:** Curvas Tensão Deformação de Resíduos Sólidos.



**Figura 6.11.1-2:** Variação do Ângulo de Atrito em Função da Deformação de Resíduos Sólidos Urbanos



**Figura 6.11.1-3:** Variação do Ângulo de Atrito em Função da Deformação de Resíduos Sólidos Urbanos

Assim, para as análises desenvolvidas para o Aterro Sanitário de Colatina, adotaram-se os seguintes parâmetros para o maciço de resíduos sólidos:

- Coesão -  $c' = 20$  kPa
- Ângulo de Atrito  $\phi' = 30^\circ$
- Peso Específico  $\gamma = 13$  kN/m<sup>3</sup>.

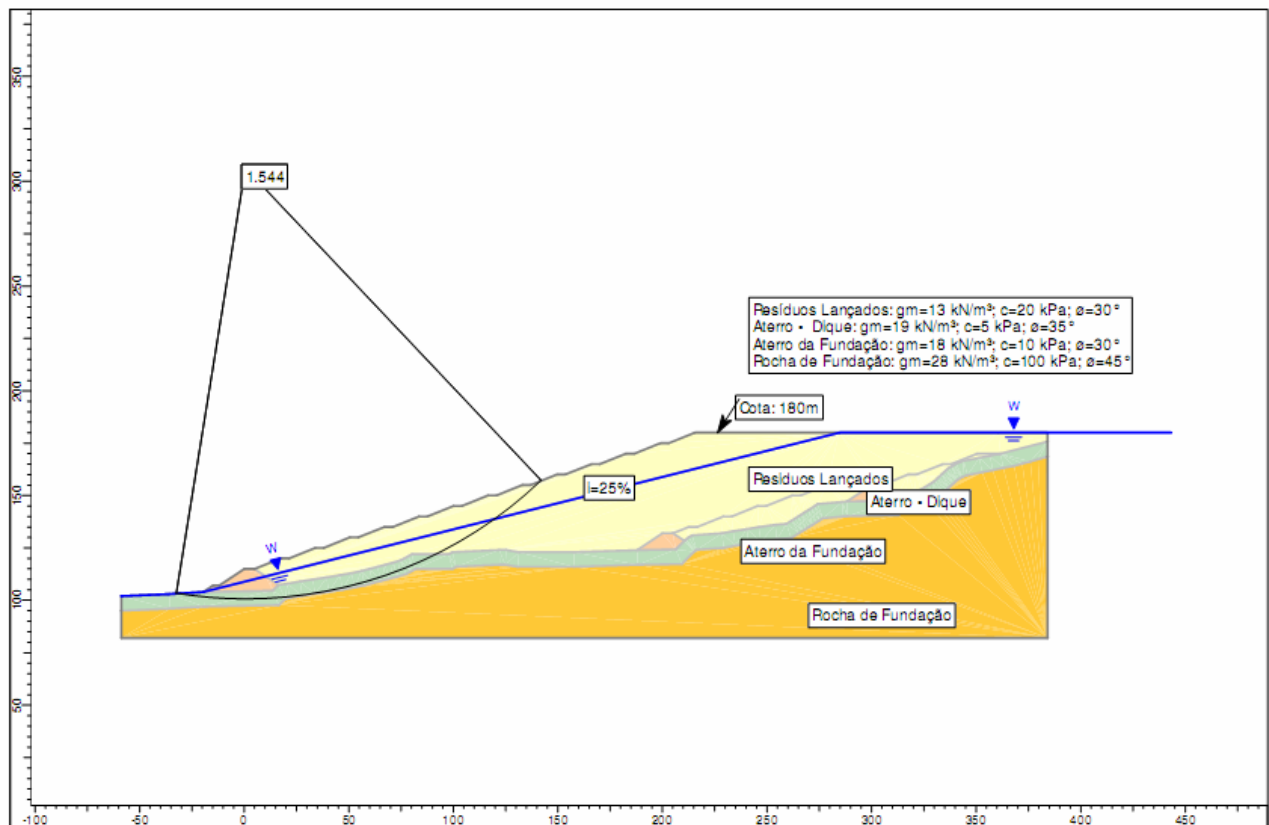
Finalmente, considerou-se que junto ao pé do aterro será implantado um Dique de Contenção construído com materiais granulares compactados obtidos pelo processamento de entulho de demolição de construção civil, para o qual se adotou os seguintes parâmetros de resistência:

- Coesão -  $c' = 5$  kPa
- Ângulo de Atrito  $\phi' = 35^\circ$
- Peso Específico  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>.

#### 6.11.1.2. RESULTADO OBTIDO

A Figura 6.11.1.2-1 apresenta o resultado obtido para a análise de estabilidade em questão.

Verifica-se que o valor do fator de segurança obtido é de  $FS = 1,544$ , valor este que é ligeiramente superior ao valor mínimo de  $FS$  aceitável é de 1,5, tradicionalmente aceito na prática corrente de projetos de Aterros Sanitários no Brasil e na grande maioria de países.



**Figura 6.11.1.2-1:** Aterro Sanitário de Colatina - Gradiente de Cromo - 25%



## **6.12. DADOS TÉCNICOS DO PROJETO**

Este projeto terá duas grandes etapas: a primeira, com vida útil para 15 anos, utilizará o atual aterro para operação com atendimento aos municípios do Consórcio da região Doce Oeste. Serão feitas diversas obras de retaludamento, formação de diques e ampliação da frente do aterro com implantação de manta. A segunda etapa será a implantação de novo subaterro em área adjacente com capacidade volumétrica de mais 10 anos de operação.

O aterro de Colatina irá conter inicialmente:

- Um aterro para resíduos não-perigosos (Classe II-A e II-B, conforme ABNT),
- Uma unidade de tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde com a utilização de autoclavagem (projeto a ser apresentado em fase posterior).
- Uma estação para tratamento dos líquidos percolados (a ser detalhada na fase de projeto executivo).

A unidade de disposição final a ser implantada é um aterro de resíduos sólidos não-perigosos concebido e projetado com base na Norma Técnica Brasileira NBR-13896 – Aterro de Resíduos Não Perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. O aterro de resíduos é um método de disposição no solo de resíduos sólidos de origem urbana, que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite um confinamento ambiental seguro com proteção à saúde pública.

A operação deste aterro será feito por empresas especializadas (a ser contratada em regime de concorrência para concessão pública) com vasta experiência em operação de aterros de resíduos sólidos e que deverão, continuamente, aperfeiçoar os elementos de controle ambiental através do monitoramento, estudos e pesquisas dos seus empreendimentos.

## **6.12.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

### 6.12.1.1. CONCEPÇÃO GERAL

O Centro de Tratamento de Resíduos de Colatina - CTR Colatina será implantado na área adjacente ao aterro já existente. A implantação do empreendimento foi concebida em 3 fases:

- Fase 1 - Quando será realizada a reconfiguração geométrica do maciço de lixo já aterrado com vazadouro, estabelecendo taludes e bermas de equilíbrio. Nesta fase será pequeno o ganho volumétrico, mas permitirá a execução da remediação e do aterro de novos resíduos;
- Fase 2 - A implantação avançará para o terço médio da gleba, construindo toda a infraestrutura de controle ambiental;
- Fase 3 - O aterro cresce para a parte inferior da gleba e permitirá que se faça a verticalização maior do maciço pela base construída.

Este seqüenciamento de construção e operação pode ser observado nas figuras apresentadas no Anexo 2.

Estão previstos todos os sistemas necessários para a operação e controle ambiental do empreendimento como:

- Acessos permanentes e operacionais adequados;
- Sistema de drenagem profunda;
- Implantação de liner de impermeabilização duplo com argila e manta de PEAD;
- Sistema de drenagem de líquidos percolados;
- Sistema de drenagem de biogás gerado no aterro;
- Sistema de drenagem pluvial;
- Unidade de Tratamento de Chorume;
- Sistema de controle de entrada e acesso com balança;
- Isolamento e vigilância patrimonial.

A Figura 6.12.1.1-1 (Anexo2) apresenta a topografia original de instalação, a partir da qual foram elaborados todos os desenhos do projeto, enquanto a Figura 6.12.1.1-2 (Anexo 2) apresenta o arranjo geral do CTR Colatina.

#### 6.12.1.2. CONCEPÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Nesse projeto, foi adotada a opção operacional de aterramento mista, em rampa e área.

A operação de aterro fará a ocupação da área com sucessivas células executadas através dos seguintes métodos de operação:

- Aterro em rampa quando o lixo é compactado contra uma inclinação que tanto pode ser uma célula anteriormente como o talude da topografia reconformada.
- Operação em área, na qual as células de aterro são construídas com a compactação horizontal do lixo, processo este usado especialmente em áreas com pequeno pátio de manobra, característico de glebas de topografia variável como a escolhida.

As Figuras 6.12.1.2-1 a 6.12.1.2-6 apresentam a seqüência de etapas de ocupação.

A concepção geral é de um aterro em camadas, de uso técnico corrente com vários exemplos nacionais. Para proteção de possíveis surgências encontradas durante a fase de construção, especialmente nos cortes de reconformação topográfica propõe-se um sistema de drenagem de base, para as águas de fundação em "espinha de peixe", composto por drenos de brita, geotêxtil e tubos de perfurados, podendo o sistema ser visualizado no desenho de detalhes citados mais adiante no texto.

Esta drenagem está projetada para ser implantada em elevação inferior à camada impermeabilizante da fundação do aterro, ficando inclusive, com a função de drenos-testemunhos do desempenho dos sistemas de coleta de percolados e camada impermeabilizante.

Será possível a obtenção de volumes consideráveis de solos para a construção e operação do aterro proveniente de cortes, devido a espessura do manto de solo local. Os solos mais argilosos que serão usados para compor a camada impermeabilizante

de solo compactado com permeabilidade da ordem de  $10^{-6}$  cm/s serão retirados na sua maior parte de jazida dentro da área do empreendimento. Os solos menos nobres utilizados para cobertura diária das células de resíduos poderão ser obtidos totalmente no próprio local ou com a utilização de parte dos resíduos sólidos inertes recebidos para aterramento.

A camada impermeabilizante de fundação foi projetada, o "liner", é composta por solo argiloso compactado, formando uma camada de 0,70 m de espessura total, com permeabilidade igual ou inferior a  $1.10^{-6}$  cm/s, e uma geomembrana do tipo PEAD de 2 mm, que deverá evitar todo o contato dos resíduos com o solo. Por sobre esta geomembrana será aplicado 0,40 metros de solo argiloso compactado de proteção e, após este, os resíduos deverão ser colocados na fase de operação do aterro. Este sistema tem a função de isolar os resíduos e os percolados do contato com o solo natural, evitando-se a percolação dos lixiviados para o lençol freático local e conseqüentemente para o sistema aquífero regional. Os detalhes deste sistema podem ser visualizados nas Figuras 6.12.1.2-7 e 6.12.1.2-8.

Por sobre este sistema impermeabilizante foi concebido o sistema de drenagem de líquidos percolados de base, em contato direto com os resíduos, composto por drenos de pedra e tubos perfurados em disposição de malha, retirando os percolados para o sistema de tratamento de percolados.

Para a construção das plataformas de lixo serão utilizados tratores de esteira (D6 ou similares), com ocupação da arena formada pela topografia natural da gleba, em plataformas de 5 metros de altura, taludes com inclinação de 1V:2,5H e bermas com largura de 4m. A declividade da frente do maciço (taludes e bermas somente) de 1:3,3 (V:H). A Figura 6.12.1.2-9 apresentada no Anexo 2 detalha o exposto acima.

Serão implantados os sistemas mais modernos de controle ambiental entre materiais e processos, construindo-se uma base de impermeabilização de *liner* duplo composto de argila compactada e membrana de PEAD de 2,0mm uma rede de drenagem sub-superficial para captação e transferência da surgência (drenagem envelopada), sistema de drenagem de líquidos percolados, drenagem do biogás gerado no aterro, drenagem pluvial, instalações de instrumentos de monitoramento (poços de monitoramento da água subterrânea, piezômetros e outros do monitoramento geotécnicos). O isolamento (através de cerca) de toda a gleba já foi implantado.

O controle de entrada e saída será feito por 1 balança rodoviária eletrônica na unidade de Pesagem e Inspeção, com capacidade de 60 toneladas.

A cada camada de resíduos de 5,0 metros de altura final, drenos cegos de brita nº 4, serão instalados interconectando-se às várias camadas com a de base, através dos drenos verticais de biogás.

Durante o período da seca, o líquidos percolados coletados poderão ser recirculados a partir dos tanques do sistema de tratamento de chorume. A cobertura dos resíduos, ao final de cada jornada de trabalho, se dará diariamente por solos compactados com espessura máxima de 0,20 m, compondo a cobertura operacional. Diariamente esta cobertura deverá ser raspada para a operação de aterramento de lixo de modo a otimizar o contato lixo-lixo.

A cobertura definitiva do aterro, que deverá ser implantada nas regiões das bermas e taludes ao final de cada camada de 5,0 m de altura de resíduos acabada (ou seja, na qual não haverá mais deposição de lixo), dar-se-á primeiramente com solo compactado argiloso, com 0,50m de espessura, recoberto por sua vez por solo vegetal e plantio de gramíneas.

#### 6.12.1.3. OPÇÃO TECNOLÓGICA ADOTADA

O aterro será operado adotando as formas tradicionais com lançamento dos resíduos em células para compactação em rampa ou em área, utilizando-se tratores de esteira, conforme será descrito a seguir. Os resíduos receberão cobertura diária de forma que na conclusão da célula serão instalados novos sistemas de drenagem para os líquidos percolados e para captação do biogás.

#### 6.12.1.4. EQUIPAMENTOS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Genericamente um aterro sanitário, em qualquer escala, tem a vantagem de flexibilidade operacional que permite receber e acomodar quantidades de resíduos (lixo) conforme a demanda, adaptando-se com facilidade às necessidades de médias e grandes comunidades e ao crescimento populacional. A seguir apresentamos alguns dados técnicos essenciais utilizados para a implantação e construção do referido empreendimento.

Na implantação e operação do Aterro Sanitário contaremos com a utilização de equipamentos apropriados tais como, trator de esteira, escavadeira hidráulica, retro-pá carregadeira, caminhão basculante e caminhão irrigadeira, moto-niveladora (patrol), dentre outros equipamentos.

Na concepção de execução do projeto, devido as características físicas e geográficas da área, foi adotada a opção operacional de aterramento misto, ou seja, método do tipo rampa e método tipo área. Esta é uma operação convencional, ou seja, os veículos contendo o "lixo" são orientados no sentido de descarregarem os resíduos na frente de serviço, ao pé dos taludes (jusante da frente de serviços), mantendo a menor frente possível, onde o equipamento de terraplenagem apropriado (trator D6) empurra os resíduos em camadas finas compactadas pela passagem do equipamento sobre a superfície, construindo assim células com declividade (talude) do maciço de 1:3 (V:H) e com alturas de aproximadamente 5,00 metros, ao final de cada jornada o plano superior destas células são recobertos com uma camada contínua de material inerte (solo) com espessura que varia na ordem de 10 a 20 cm.

Os trabalhos, na operação da frente de serviço do aterro sanitário, consistirão nas atividades de espalhamento, compactação e recobrimento dos resíduos sólidos ali lançados pelos caminhões coletores, como também os trabalhos de corte de material (solo) concernentes à progressiva abertura dos trechos das plataformas de base imediatamente adjacentes e/ou a montante da mesma frente de serviço, de modo a obter material (solo) para recobrimento dos resíduos depositados e compactados, como também obter material (solo) para execução da base impermeabilizante das referidas plataformas, trecho a trecho. Portanto, as frentes de serviço serão dimensionadas e ajustadas, fase a fase, de forma a atender tanto à intensidade de fluxo e à frequência de descarga dos veículos coletores, quanto à capacidade operacional do trator de esteiras.

Está prevista a manutenção de uma área operacional mínima, destinada á descarga emergencial, no período de chuvas excessivas.

Serão implantados os sistemas mais modernos de controle ambiental entre materiais e processos, construindo-se uma base de impermeabilização de *liner* duplo composto de argila compactada e membrana de PEAD de 2,0 mm, uma rede de drenagem sub-superficial para captação e transferência da surgência (drenagem envelopada), sistema de drenagem de líquidos percolados, drenagem do biogás gerado no aterro, drenagem pluvial, instalações de instrumentos de monitoramento (poços de monitoramento da água subterrânea, piezômetros e outros do monitoramento

geotécnicos), fechamento correto do entorno contra a entrada de animais e intrusos. O Controle de entrada e saída será feito pelo sistema de guarita e balança eletrônica, equipamento utilizado para pesagem de todo o resíduo que entra.

#### 6.12.1.5. ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL E CAPACIDADE VOLUMÉTRICA

- Estimativa de demanda volumétrica de RSU para 25 anos

Conforme descrito anteriormente, o alcance dos 25 anos de vida útil, conforme definido pelo Projeto Espírito Santo Sem Lixão, será alcançado em duas etapas. A proposta de aterro apresentado para avaliação neste EIA/RIMA contempla, mas detalhadamente, a primeira etapa, prevista para 15 anos, onde buscou-se aproveitar as instalações hoje existente. A avaliação da demanda volumétrica para o Aterro Sanitário de Colatina é apresentada na Tabela 6.12.1.5-1.

**Tabela 6.12.1.5-1:** Demandas volumétricas por 15 anos (1ª etapa)

ANO CALENDÁRIO	DEMANDA VOLUMÉTRICA
2010	
2011	103.811
2012	208.141
2013	312.993
2014	418.369
2015	524.272
2016	630.705
2017	737.670
2018	845.170
2019	953.208
2020	1.061.786
2021	1.170.907
2022	1.280.574
2023	1.390.789
2024	1.501.555
<b>2025</b>	<b>1.612.875</b>

- Cálculo da Vida Útil

No empreendimento em análise, temos uma estimativa de demanda, ou seja, quantidade de "lixo" gerado na região Doce Oeste de aproximadamente 1.612.875 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) ao longo de 15 anos.

Conforme projeto geométrico apresentado, a capacidade volumétrica é de aproximadamente 1.646.861 m<sup>3</sup> para o aterramento dos resíduos sólidos comerciais/domiciliares. A Tabela 6.12.1.2-2 mostra a capacidade volumétrica por Fase de Implantação do empreendimento.

**Tabela 6.12.1.5-2:** Capacidade volumétrica por fase de projeto.

<b>FASE 1</b>	
<b>Cotas</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
151 a 155	2.757
155 a 160	10.229
160 a 165	11.864
165 a 170	12.271
<b>TOTAL</b>	<b>37.122</b>
<b>FASE 2</b>	
135 a 140	13.660
140 a 145	14.912
145 a 150	14.847
150 a 155	16.556
132 a 135	5.713
128 a 132	2.518
<b>TOTAL</b>	<b>68.206</b>
<b>FASE 3</b>	
<b>Cotas</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
107 a 115	14.403
115 a 120	27.341
120 a 125	43.894
125 a 130	61.564
130 a 135	70.746
135 a 140	80.568
140 a 145	90.759
145 a 150	103.108
150 a 155	116.337
150 a 155	148.432
160 a 165	185.996
165 a 170	208.281
170 a 175	212.822
175 a 180	177.283
<b>TOTAL</b>	<b>1.541.534</b>



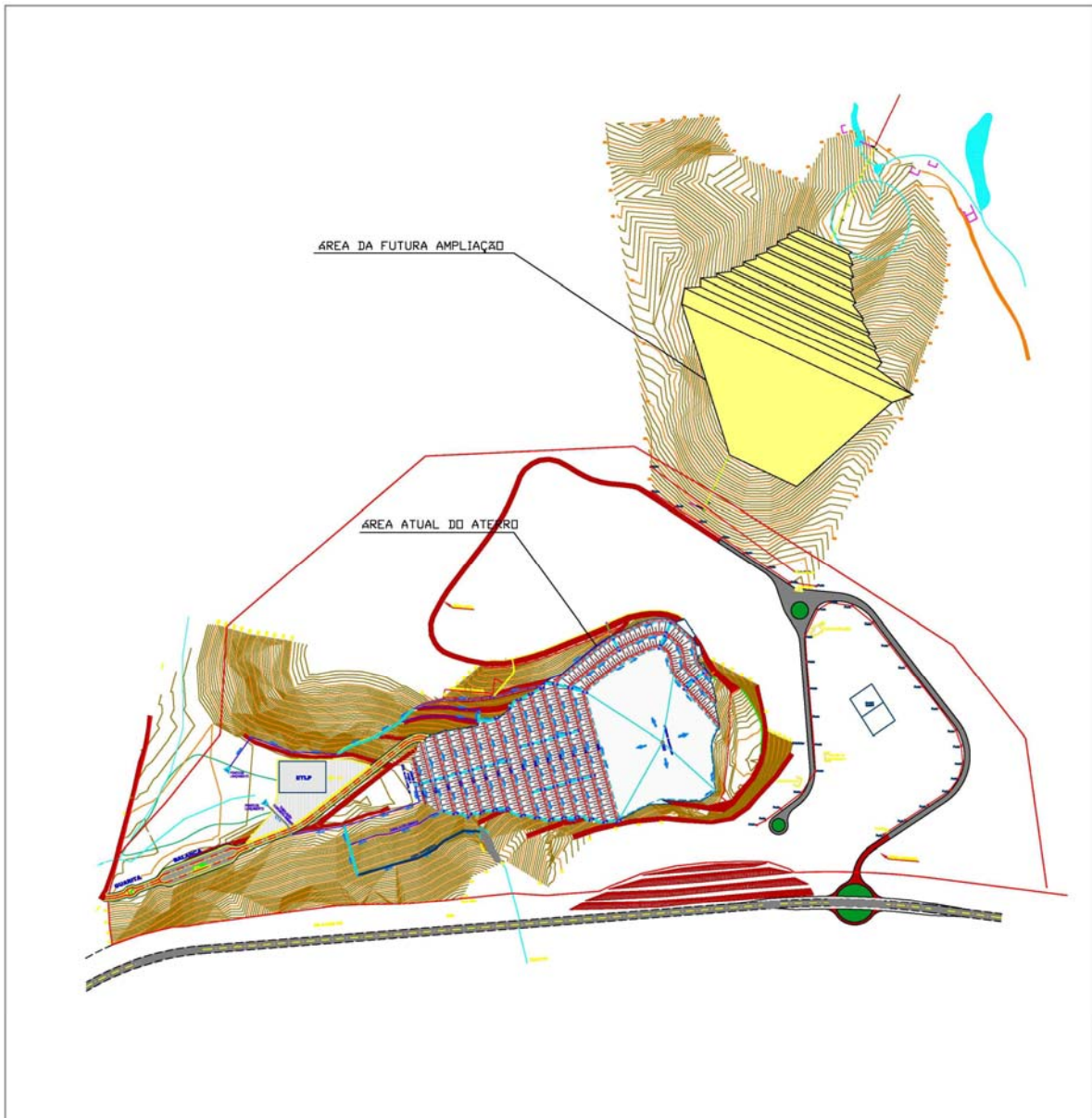
A vida útil, comparando a demanda com a capacidade, é de aproximadamente 15 anos, observadas as premissas de cálculo. Se necessário, a capacidade poderá ser aumentada com alguns procedimentos operacionais como a raspagem diária da cobertura operacional da frente de descarga, antes de dispor os resíduos do dia seguinte, conseguindo-se às vezes a recuperação de até 40% deste solo e ainda, como opção de cobertura operacional o uso dos enlonados e/ou encerados, ou seja, esta opção estará condicionada caso o trabalho de aterramento dos resíduos se sobreponha ao de raspagem de cobertura para reutilização, dificultando a operação ou até mesmo nos períodos de chuva excessiva.

Destaca-se que, a favor da segurança, estas práticas não foram consideradas no cálculo da capacidade do aterro, sendo apresentada de maneira sintética a evolução da vida útil para o Aterro Sanitário de Colatina Tabela 6.12.1.5-3.

**Tabela 6.12.1.5-3:** Síntese da capacidade volumétrica do Aterro projetado.

FASES	CAPACIDADE VOLUMÉTRICA (m <sup>3</sup> )		VIDA UTIL (anos)	
	POR FASE	ACUMULADO	POR FASE	ACUMULADA
FASE 1	37.122	37.122	1	1
FASE 2	68.206	125.328	1	2
FASE 3	1.541.534	1.646.861	13	15

Para a fase de ampliação na área adjacente, a estimativa volumétrica é de 1.300.000 m<sup>3</sup>, que suporta mais 10 anos de operação. A conformação aproximada do aterro na área de ampliação é mostrado na Figura 6.12.1.5-1.



**Figura 6.12.1.5-1:** Configuração futura do aterro na área de ampliação.

### 6.12.2. CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS A SEREM DISPOSTOS

A demanda quantitativa do Aterro Sanitário de Colatina se encontra em uma faixa que vai da somatória de todos os resíduos gerados na região Doce Oeste até aquele valor efetivamente organizado, que neste momento não é possível estabelecer com precisão.

Assim para este estudo utilizou-se a demanda máxima estimada (tabela 6.12.2-1) observando que a diminuição desta demanda (advinda da não participação de algum município ou por ser menor do que a estimada) significa o aumento da vida útil do empreendimento.

**Tabela 6.12.2-1:** apresenta a estimativa do total de resíduos a serem destinados pela regional no ano de 2010 (ano zero do empreendimento)

MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO PROJETADA 2010	GERAÇÃO MÉDIA PER CAPITA (KG/HABxDIA)	GERAÇÃO DIÁRIA DE RESÍDUOS (T/DIA)
Colatina	106.677	0,996	106
Afonso Cláudio	30.778	0,852	26
São Gabriel da Palha	28.862	0,852	25
Baixo Guandu	28.618	0,852	24
Pancas	18.455	0,852	16
Itaguaçu	13.876	0,756	10
Vila Valério	13.654	0,756	10
Mantenópolis	11.454	0,756	9
Itarana	10.828	0,756	8
Laranja da Terra	10.740	0,756	8
Marilândia	10.226	0,756	8
São Roque do Canaã	10.405	0,756	8
Águia Branca	9.293	0,756	7
Governador Lindenberg	9.893	0,756	7
São Domingos do Norte	7.872	0,756	6
Alto Rio Novo	6.218	0,756	5
<b>TOTAL</b>	<b>327.849</b>		<b>283</b>

Se considerarmos a ocorrência de um crescimento de 0,5% da geração de resíduos (fator de segurança, já que todos os esforços estão sendo realizados para a reciclagem e reuso) e um grau de adensamento de 1,0 t/metro cúbico no aterro,

pode-se calcular enfim a demanda volumétrica anual por um longo período. O que pode ser observado na Tabela 6.12.2-2.

**Tabela 6.12.2-2:** Demanda volumétrica da Região Doce Oeste.

ANO CALENDARIO	ANO EMPREENDIMENTO	DEMANDA (M <sup>3</sup> )	DEMANDA VOLUMÉTRICA ACUMULADA
2010	0	103.295	
2011	1	103.811	103.811
2012	2	104.331	208.142
2013	3	104.852	312.994
2014	4	105.376	418.370
2015	5	105.903	524.273
2016	6	106.433	630.706
2017	7	106.965	737.671
2018	8	107.500	845.171
2019	9	108.037	953.209
2020	10	108.578	1.061.786
2021	11	109.120	1.170.906
2022	12	109.666	1.280.572
2023	13	110.214	1.390.787
2024	14	110.765	1.501.552
2025	15	111.319	1.612.871
	<b>Média anual</b>	<b>107.260</b>	
	<b>Média diária</b>	<b>294</b>	

### 6.12.3. FORMA DE OPERAÇÃO DO ATERRO

#### 6.12.3.1. SISTEMA DE ATERRAMENTO E RECOBRIMENTO

O sistema de aterramento diário de lixo deverá ser executado em rampa, com inclinação nominal de 1:2,5 (vertical : horizontal), com a utilização de trator de esteira com lâmina, tipo D6 / Caterpillar ou similar (peso operacional  $\geq$  15 toneladas). Os resíduos, após serem descarregados na frente de serviço (cujas larguras deverão ser a menor possível, da ordem de 15 m), serão espalhados (em camadas com espessura nominal de, no máximo, 30 cm de material solto) e compactados no talude.

É imprescindível que o trator execute tantas passadas quanto necessárias, estimadas em 5 a 6 passadas, até que se verifique a “nega” (quando atingi-se um determinado ponto de resistência desejada, ou coesão) do processo de adensamento.

A altura máxima da "célula" diária de lixo compactado não deverá exceder 5m. Assim sendo, uma vez atingida essa altura máxima deverá ser conformado um "patamar" horizontal no topo da "célula", patamar esse de largura variável (conforme a massa de resíduos disposta no aterro sanitário a cada dia. Desse modo, a forma típica da "célula diária" do aterro será a de um prisma regular de base retangular.

A densidade aparente mínima de referência para os resíduos compactados no aterro será de 0,8 t/m<sup>3</sup> para o dia aterramento. Periodicamente, essa densidade aparente deverá ser aferida pela equipe topográfica de monitoramento, através da restrição de uma frente de aterramento definida, na qual deverá ser disposta uma massa conhecida de resíduos (através do registro da carga útil — em toneladas — ali lançada pelos diversos veículos coletores, durante o período de aferição).

Concluída a operação de compactação, serão topograficamente aferidos o comprimento e a altura efetivos da "célula" assim conformada, possibilitando, portanto, determinar com precisão o volume ocupado, após o adensamento, pela referida massa de resíduos. Caso a densidade aparente dessa "célula" evidencie ser inferior àquela de referência, deverá ser alterado o processo de disposição usual dos resíduos no aterro, quer através da redução da espessura das diversas camadas, quer através do incremento do número de passadas do trator sobre cada uma dessas camadas.

Ao final do período diário de trabalho deverá ser efetuado seu recobrimento com terra, somente no topo da "célula", com uma camada de material solto com espessura nominal de 20 cm, a ser intensamente compactada de forma a permitir o tráfego imediato dos veículos coletores sobre a mesma. No dia subsequente, os resíduos deverão ser dispostos de maneira tal que as faces inclinadas da célula de lixo compactado do dia anterior sejam recobertas com lixo "novo". Com essa providência, elimina-se o risco de proliferação de moscas no aterro a partir da eclosão de ovos depositados na superfície não recoberta da célula e que permaneçam expostos ao ar livre por mais de 24 horas. Esta cobertura operacional poderá ser "laminada", reservada para ser reutilizada diariamente de modo a maximizar o contato lixo-lixo.

Ao final da jornada de trabalho dos sábados, assim como nas vésperas de quaisquer feriados prolongados, ou de eventos de qualquer natureza em que o aterro (ou uma determinada frente de operações) não seja operado (a) por mais de dois dias

consecutivos, deverá ser feito também o recobrimento das faces inclinadas da "célula diária", evitando a exposição do lixo ao ar livre por tempo excessivo. Essa camada de recobrimento, nesses casos específicos, deverá ter espessura nominal de 20 cm, não devendo ser compactada, a menos que deva essa frente de operações permanecer inativa durante período superior a 30 dias. A manutenção no estado solto desse capeamento provisório das faces inclinadas da "célula" visa facilitar sua posterior remoção, quando da retomada da operação do aterro nessa frente de trabalho.

De fato, o moderno conhecimento da dinâmica da movimentação dos gases gerados na massa dos aterros sanitários evidencia que o fluxo pleno dos mesmos em direção aos drenos verticais fica substancialmente comprometido pelo capeamento das faces laterais das células que não sejam diretamente perpassadas por uma dessas "chaminés".

Efetivamente, enquanto esse capeamento se mantiver íntegro e coeso, representará um obstáculo à livre movimentação dos gases gerados no interior de cada célula, tornada relativamente "estanque" pelo capeamento que, nos aterros sanitários convencionais, a envolve completamente.

Obviamente, com o passar do tempo, a natural expansão volumétrica desses gases (associada à contração volumétrica do maciço de resíduos, devida à decomposição de sua fração orgânica) irá terminar por romper de forma desordenada essas capas de solo compactado, gerando linhas de fluxo igualmente desordenadas até a superfície do aterro e, daí, para a atmosfera, dificultando a possibilidade de combustão controlada de grande parcela dos gases gerados no maciço.

Na fase de encerramento, nas superfícies acabadas do aterro sanitário, em todos e quaisquer trechos que, de conformidade com o projeto executivo, não devam ser mais utilizados para a disposição final de RSU, deverá ser prontamente executado o capeamento impermeabilizante superior, destinado a minimizar a penetração de águas pluviais nessas superfícies expostas (taludes, bermas intermediárias e platôs superiores do aterro), bem como a direcionar os gases gerados no maciço para os queimadores instalados no segmento final dos drenos verticais. Constituir-se-á essa capa superior impermeabilizante de uma camada energeticamente adensada de solo argiloso, com espessura nominal final de 90cm.

Na seleção dos materiais a serem utilizados na conformação dessa capa superior deverá ser dada preferência aos solos que, compactados com energia equivalente a 100% do ensaio de Proctor Normal, apresentem (tal como na base do aterro) coeficiente de permeabilidade  $k \leq 1 \times 10^{-6}$  cm/s.

Sobre essa capa impermeabilizante, deverá ser distribuída uma camada de terra vegetal (não compactada), com espessura nominal de 10 cm, como substrato para o plantio de gramíneas e espécies vegetais arbustivas, destinadas a tornar a superfície final do aterro relativamente resistente à erosão pluvial. Na conformação dessa camada final deverão ser utilizados os materiais resultantes da raspagem superficial das áreas terraplenadas, adequadamente estocadas para este fim.

#### 6.12.3.2. CONSERVAÇÃO DOS ACESSOS E VIAS INTERNAS

Ao longo da vida útil do aterro sanitário, progressivas derivações (vias transitórias) deverão ser feitas a partir do traçado permanente da via interna, de modo a permitir o acesso dos veículos coletores à base de operações do aterro em cada fase. Mesmo essas vias transitórias deverão ser implantadas e receber tratamento primário (encascalhamento compactado sobre a base previamente regularizada e escarificada).

A via de acesso interna à frente de operações deverá ter largura da caixa de rolamento de, no mínimo, 7m. Existindo um desnível topográfico significativo deve-se levar em conta que as vias operacionais deverão ser construídas com a declividade máxima de 10% (dez por cento), considerada como o limite superior admissível para o tráfego seguro dos veículos coletores a plena carga, no interior do empreendimento.

Tanto a via permanente como as vias transitórias deverão ser objeto de um permanente serviço de conservação e manutenção, de maneira a que se assegure condições francas e seguras de acesso dos veículos coletores até a frente de operações, em cada fase.



#### 6.12.3.3. MEDIDAS DE SEGURANÇA E ISOLAMENTO

A Central de Tratamento de Resíduos contará com os serviços de Vigilância Patrimonial para a segurança da operação do sistema.

Não será permitida a presença de pessoas não autorizadas, sendo expressamente proibida a triagem de lixo na frente de operação do aterro (catação).

Toda a entrada no Aterro Sanitário será registrada em relatório próprio, identificando nome, assunto, identificação, dentre outras informações.

Quanto ao isolamento da área, todo o terreno hoje encontra-se cercado e protegido com um cinturão verde, que será enriquecido quando da nova operação pela empresa concessionária.

#### 6.12.3.4. OBRAS E SERVIÇOS COMPLEMENTARES

A continuidade de implantação do aterro sanitário, assim como a implantação das unidades de apoio implicará, ainda:

- na construção das caixas de passagem destinadas ao direcionamento do fluxo dos líquidos percolados;
- na implantação e instrumentalização dos poços de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas na área do empreendimento, a montante e a jusante de suas unidades componentes abrangendo o fornecimento dos materiais, equipamentos e instrumentos necessários;
- na execução do sistema de drenagem pluvial, provisório e definitivo e abrangendo toda a área do empreendimento, inclusive fornecimento dos materiais necessários;
- na execução dos serviços de proteção dos taludes internos e externos, inclusive fornecimento dos materiais necessários;
- na complementação dos serviços de urbanização do empreendimento, conforme indicado no projeto executivo e nas planilhas de orçamento, inclusive fornecimento dos materiais necessários.



#### 6.12.4. DIMENSIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PROJETO

##### 6.12.4.1 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO INFERIOR

A execução das bases impermeabilizantes das diversas plataformas do aterro sanitário deverá ser objeto de controle tecnológico particularmente rigoroso, de modo a se assegurar a obtenção do índice máximo de permeabilidade previsto no presente projeto. Essa base impermeabilizante do aterro ("liner") deverá ter a espessura nominal mínima de 1,10m (composto por camada inicial de 70cm, manta PEAD (Polietileno de Alta Densidade) de 2 mm e outra camada de 0,40) e o controle de sua execução deverá abranger, no mínimo, 4 pontos de amostragem / hectare. A locação desses pontos de amostragem deverá ser feita de forma a que sua distribuição pela área de cada plataforma seja uniforme. No entanto, caso venha a ser constatada a ocorrência de variação nos tipos de solos utilizados na execução dessa base impermeabilizante, o número de pontos de amostragem por hectare deverá ser aumentado de conformidade com a avaliação do responsável técnico pela empresa de controle geotécnico contratada para a supervisão dessa atividade.

Sempre que possível, a conformação da base impermeabilizante das plataformas do aterro sanitário deverá ser feita com o emprego dos solos de melhores características para esse fim encontrados, durante a fase de corte, no próprio trecho em obras, ou em sua proximidade imediata. Caso esses materiais sejam caracterizados como de características inferiores àqueles estocados a partir de operações de corte anteriores, deverá ser dada prioridade ao emprego destes, ainda que essa decisão implique em um relativo incremento de custos operacionais, devido à necessidade de seu carregamento e transporte até a frente de trabalho. Serão utilizados como referências essenciais para definição da umidade ótima e do teor de compactação os ensaios de permeabilidade e de Proctor Normal, realizados periodicamente com os melhores solos localmente disponíveis, tendo-se como referência para a base impermeabilizante o coeficiente de permeabilidade  $k \leq 1 \times 10^{-6}$  cm/s.

#### 6.12.4.2. SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Em primeiro lugar será necessária a implantação de macro drenagem na periferia do maciço de lixo, com transferência das águas pluviais por canais e escada ao longo de todo o perímetro. No maciço de aterro a adoção das canaletas nas bermas e as interligações verticais com escadas formarão a micro-drenagem.

Nas estruturas de apoio e operação toda a drenagem deverá receber especial atenção de modo a não prejudicar o sistema geral, interligando-se todas as estruturas.

Não somente a drenagem definitiva, mas também a drenagem provisória de águas pluviais deverão ser interligadas.

O sistema de drenagem pluvial da área deverá ser adequado de maneira a criar-se desvios das águas de chuva passando ao lado das áreas destinadas aos resíduos através da implantação de canaletas, escadas d'água, caixas de passagem, tubos de concreto, de maneira a circundar o aterro sanitário. O término de drenagem é em caixa de dissipação de energia a ser construída em concreto armado com lançamento no córrego Barbeiro.

No maciço do Aterro, na sua configuração final, deverá ser instalado um sistema definitivo com canaletas de concreto circundando as áreas do aterro, canaletas de concreto nas bermas dos taludes, desaguando num sistema de caixas de passagem, escadas de água em gabião tipo manta, tubos de concreto armado enterrados e caixa de dissipação de energia e retenção de areia. Este sistema definitivo deve ser implantado gradualmente, à medida que o aterro for subindo, de jusante para montante, integrado com o sistema operacional e de cobertura definitiva. As Pranchas de detalhes apresentam os conceitos destas unidades de gabião.

A drenagem dos taludes e bermas finais do aterro será composta por canaletas internas nas bermas dos taludes, bermas essas que terão declividades no sentido interno e longitudinal de 2%. Os detalhes gerais de canaletas, escadas d'água, caixas de passagem, tubos de concreto podem ser visualizados nos desenhos de detalhes.

Dentro do sistema de drenagem pluvial é de suma importância observar-se o sistema de drenagem operacional. Esta drenagem deverá ser integrada com a drenagem definitiva de jusante, tendo por último percurso a caixa de retenção de areia, de maneira a reter os sólidos eventualmente carregados.

Adequando-se gradualmente as atividades à realizar e o espaço ocupado, minimizar-se-á a entrada de águas para as praças de trabalho. Este procedimento deverá ser usado inclusive nas operações de disposição dos resíduos e acessos às frentes de trabalho.

A Figura 6.12.4.2-1 (Anexo 2) apresenta a proposta de macro-drenagem para a CTR COLATINA considerando o Arranjo Final esperado para o maciço.

No projeto executivo deve-se observar a estrada de acesso com um dos elementos estruturantes da macro-drenagem captando todo o fluxo de águas pluviais da gleba e conduzindo-as por canaletas até os dissipadores de energia e enrocamentos para o lançamento na drenagem natural a jusante da gleba. Deverão ser dimensionados preferencialmente 2 tipos de canais: um trapezoidal e outro retangular para os drenos principais devido a sua facilidade de manutenção e limpeza.

- Memória de dimensionamento da drenagem pluvial

A seguir apresentam-se os conceitos adotados e os elementos de cálculos para o dimensionamento dos canais, a serem detalhados no projeto executivo.

Como não foram encontrados dados de chuva intensa já consolidados para o município de Colatina, optou-se por utilizar o estudo realizado pela Universidade de Viçosa e a COPASA.MG para o município de Aimorés.MG, que está situado a 45 km de Colatina, no mesmo vale do Rio Doce, considerando-se assim que tenham aproximadamente o mesmo regime de chuvas críticas.

O estudo em questão tem como referência bibliográfica o documento Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais (FREITAS *et al*, 2001).

### Marcha de cálculo:

a) T = tempo de recorrência= 10 anos

b) tc = tempo de concentração = duração da chuva?

Bacia L típico= 1,02 Km

H típica= 100,00 m

A típica= 0,6334 km<sup>2</sup>

I= 0,0977 m/m

Equação de Kirpich modificada

$$tc(hs) = 1,42 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad tc(hs) = 0,248$$

Fórmula de Ventura

$$tc(hs) = 0,127 \left( \frac{A}{I} \right)^{0,5} \quad tc(hs) = 0,323$$

tc mínimo adot = 0,248 hs ou em minutos 15,00

c) Precipitação intensa?

Tendo como referência o trabalho EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS - Copasa/UFV -2001 para o município de Aimorés-MG, considerando o método de regressão não-linear Gauss-Newton, para a estação pluviométrica do INMET no município tem-se a seguinte equação de intensidade-duração-frequência:

$$i = \frac{5695,919T^{0,179}}{(t + 36,719)^{1,033}}$$

Onde T= tempo de retorno em anos

t = tempo de duração da chuva em minutos

i = intensidade máxima média de precipitação ( mm/h)

Considerando: T = 10 anos t = 15,00 minutos

Tem-se i = 146,0034882 mm/h

d) Vazões de projeto?

Método Racional

$$Q = 166,67.C.i.Ad$$

Sendo:

Q= deflúvio superficial direto máximo em l/s

C = coeficiente de *runoff*, adotado de pastagem= 0,20

i = intensidade média da chuva em mm/min= 2,43 mm/min

Ad = Área de drenagem em hectares, ha

A Tabela 6.12.4-1 apresenta algumas vazões esperadas nas estruturas.

**Tabela 6.12.4.2-1:** Vazões estimadas para o projeto.

ÍNDICE DE ÁREA	ÁREA (HA)	ESTRUTURA	VAZÃO (L/S)
Descarga total	63,34	Lançamento	5.138
Área de aterro	1,00	Canais/passagem	81
Área de aterro	2,00	Canais/passagem	162
Área de aterro	3,00	Canais/passagem	243
Área de aterro	4,00	Canais/passagem	324
Área de aterro	5,00	Canais/passagem	406
Área de aterro	10,00	Canais/passagem	811
Área de aterro	50,00	Canais/passagem	4.056

Durante o detalhamento das estruturas de drenagem pluvial a ser realizado no projeto executivo, espera-se que sejam seguidas as tabelas a seguir, com restrição de velocidade para cada geometria proposta.

Observando o critério de segurança, facilidade construtiva fez-se o dimensionamento da macro drenagem pluvial do CTR Colatina com o uso da equação de Chézy com coeficiente de Manning

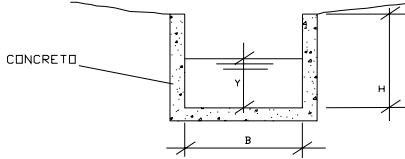
$$Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Foram adotados os critérios de faixa de declividade de modo a permitir ao engenheiro construtor limites da capacidade do canal e flexibilizar o trabalho de implantação do leito e base para os canais.

A drenagem no acesso segue do padrão normal de sarjetas triangulares na via e canais de meia cana de 500 mm de diâmetro à montante da estrada.

São apresentados a seguir cálculos de dimensionamento dos canais e suas capacidades de vazão e velocidades limites, considerando a construção em concreto.

CANALETAS TRAPEZOIDAIS										SEÇÃO TRANSVERSAL					
ÁREA DE APLICAÇÃO: MACRO DRENAGEM PLUVIAL DE ATERROS															
DIMENSÕES DAS CANALETAS															
TIPO: Alvenaria em bloco de concreto com fundo de concreto simples															
Item	Simb.	Uni	1	2	3	4	5	6		FÓRMULA DE DIMENSIONAMENTO					
Base menor	B	m	0,400	0,500	0,900	1,000	1,500	1,500		Fórmula de Chézy com coeficiente de Manning $Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$  n = coeficiente de rugosidade de Ganguillet e Kutter; Q = vazão (m3/s); I = declividade do fundo do canal (m/m); A = área molhada do canal (m2); Rh = Raio Hidráulico (m).					
Base maior	A	m	0,808	1,180	1,376	1,680	2,520	2,520							
Profundidade	h	m	0,600	1,000	0,700	1,000	1,500	1,500							
Altura lâmina d'água	y	m	0,500	0,950	0,650	0,950	1,450	1,450							
talude (h:v)	m	-	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340							
Área molhada	A	m²	0,5850	1,0444	1,3362	1,7819	3,3024	3,3024							
Per. molhado	P	m	1,46	2,51	2,27	3,01	4,56	4,56							
Raio hidráulico	Rh	m	0,402	0,417	0,588	0,593	0,724	0,724							
Coef. de rugosidade	n	-	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013							
CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS CANALETAS												OBSERVAÇÕES:			
DECLIVIDADE		1		2		3		4		5				6	
i(m/m)	%	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)			Q (l/s)	v (m/s)
0,0020	0,2000	1095,7	1,87	2004,0	1,92	3225,4	2,41	4324,7	2,43	9157,4	2,77			9157,4	2,77
0,0050	0,5000	1732,4	2,96	3168,6	3,03	5099,8	3,82	6837,9	3,84	14479,2	4,38			14479,2	4,38
0,0100	1,0000	2450,0	4,19	4481,1	4,29	7212,3	5,40	9670,2	5,43	20476,7	6,20			20476,7	6,20
0,0150	1,5000	3000,6	5,13	5488,2	5,26	8833,2	6,61	11843,6	6,65	25078,7	7,59			25078,7	7,59
0,0200	2,0000	3464,8	5,92	6337,2	6,07	10199,7	7,63	13675,8	7,68	28958,4	8,77			28958,4	8,77
0,0250	2,5000	3873,8	6,62	7085,2	6,78	11403,6	8,53	15235,4	8,58	32376,4	9,80			32376,4	9,80
0,0300	3,0000	4243,5	7,25	7761,5	7,43	12492,0	9,33	16500,0	9,37	35466,6	10,74			35466,6	10,74
0,0350	3,5000	4583,5	7,84	8383,4	8,03	13299,5	10,10	17711,4	10,15	38308,3	11,60			38308,3	11,60
0,0400	4,0000	4900,0	8,38	8962,2	8,58	14424,3	11,00	19340,5	10,85	40953,3	12,40			40953,3	12,40
0,0450	4,5000	5197,2	8,88	9505,9	9,09	15399,5	11,45	20513,7	11,51	43437,6	13,15			43437,6	13,15
0,0500	5,0000	5478,4	9,36	10000,0	9,59	16127,1	12,07	21623,3	12,14	45787,2	13,87			45787,2	13,87
0,0550	5,5000	5745,7	9,82	10509,1	10,06	16914,3	12,66	22678,7	12,73	48022,0	14,54			48022,0	14,54

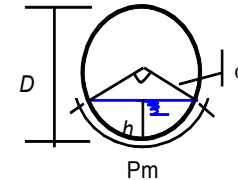
CANAL RETANGULAR										SEÇÃO TRANSVERSAL				
ÁREA DE APLICAÇÃO: MACRO-DRENAGEM														
DIMENSÕES DO CANAL														
Item	Simb.	Uni	T.I.P.O. CONCRETO							FÓRMULA DE DIMENSIONAMENTO				
Fórmula de Chézy com coeficiente de Manning $Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$														
Base	B	m	0,600	0,700			1,00							
Profundidade	h	m	0,600	0,700			1,00							
Altura lâmina d'água	y	m	0,540	0,630	1,080	1,125								
Área molhada	A	m <sup>2</sup>	0,3240	0,4410	1,2960	1,6875								
Per. molhado	P	m	1,68	1,96	3,36	3,75								
Raio hidráulico	Rh	m	0,193	0,225	0,386	0,450								
Coef. de rugosidade	n	-	0,016	0,016	0,016	0,016								
CAPACIDADE HIDRÁULICA DO CANAL												OBSERVAÇÕES:		
DECLIVIDADE - CANAL i (m/m)	SEÇÃO 01		SEÇÃO 02		SEÇÃO 03		SEÇÃO 04							
	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)						
0,0040	427,5	1,32	644,9	1,46	2714,5	2,09	3917,1	2,32						
0,0047	464,6	1,43	700,8	1,59	2950,0	2,28	4256,9	2,52						
0,0050	478,0	1,48	721,0	1,63	3034,9	2,34	4379,4	2,60						
0,0055	501,3	1,55	756,2	1,71	3183,1	2,46	4593,2	2,72						
0,0060	523,6	1,62	789,8	1,79	3324,6	2,57	4797,4	2,84						
0,0070	565,5	1,75	853,1	1,93	3591,0	2,77	5181,8	3,07						
0,0080	604,6	1,87	912,0	2,07	3838,9	2,96	5539,6	3,28						
0,0090	641,3	1,98	967,3	2,19	4071,8	3,14	5875,6	3,48						
0,0100	676,0	2,09	1019,6	2,31	4292,0	3,31	6193,4	3,67						
0,0200	955,9	2,95	1442,0	3,27	6069,8	4,68	8758,9	5,19						
0,0300	1170,8	3,61	1766,0	4,00	7434,0	5,74	10727,4	6,36						
0,0400	1351,9	4,17	2039,2	4,62	8584,0	6,62								
0,0500	1511,5	4,67	2279,9	5,17	9597,3	7,41								
0,0600	1655,7	5,11	2497,6	5,66	10513,3									
0,0700	1788,4	5,52	2697,7	6,12	11355,6									
0,0800	1911,9	5,90	2883,9											
0,0900	2027,9	6,26	3058,9											
0,1000	2137,5	6,60	3224,3											
0,1100	2241,9	6,92	3381,7											



CANALETAS TRIANGULARES												SEÇÃO TRANSVERSAL			
ÁREA DE APLICAÇÃO: DRENAGEM PLUVIAL DE ATERROS															
DIMENSÕES DAS CANALETAS															
Item	Simb.	Uni	TIPO: Concreto simples , Fck = 13,5 Mpa												
			cdap 1	cdap2	cdap3	cdap4	cdap5								
Profundidade	h	m	0,400	0,300	0,400	0,300	0,500								
talude (h:v)	m	-	1,375	1,500	2,063	2,000	1,375								
Largura do canal	L	m	1,100	0,900	1,650	1,200	1,375								
Altura lâmina d'água	y	m	0,300	0,200	0,300	0,200	0,400								
Área molhada	A	m <sup>2</sup>	0,1238	0,0600	0,1856	0,0800	0,2200								
Per. molhado	P	m	1,02	0,72	1,38	0,89	1,36								
Raio hidráulico	Rh	m	0,121	0,083	0,135	0,089	0,162								
Coef. de rugosidade	n	-	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013								
CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS CANALETAS												FÓRMULA DE DIMENSIONAMENTO			
DECLIVIDADE		cdap 1		cdap2		cdap3		cdap4		cdap5				<p>Fórmula de Chézy com coeficiente de Manning</p> $Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$ <p>n = coeficiente de rugosidade de Ganguilliet e Kutter; Q = vazão (m<sup>3</sup>/s); I = declividade do fundo do canal (m/m); A = área molhada do canal (m<sup>2</sup>); Rh = Raio Hidráulico (m).</p>	
i(m/m)	%	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)				
0,005	0,50	164,9	1,33	62,2	1,04	265,7	1,43	87,0	1,09	355,2	1,615				
0,010	1,00	233,3	1,89	88,0	1,47	375,7	2,02	123,1	1,54	502,4	2,284				
0,020	2,00	329,9	2,67	124,4	2,07	531,3	2,86	174,1	2,18	710,5	3,229				
0,030	3,00	404,0	3,26	152,4	2,54	650,8	3,51	213,2	2,66	870,2	3,955				
0,040	4,00	466,5	3,77	175,9	2,93	751,4	4,05	246,2	3,08	1004,8	4,567				
0,050	5,00	521,6	4,22	196,7	3,28	840,1	4,53	275,2	3,44	1123,4	5,106				
0,060	6,00	571,4	4,62	215,5	3,59	920,3	4,96	301,5	3,77	1230,6	5,594				
0,070	7,00	617,2	4,99	232,7	3,88	994,0	5,36	325,6	4,07	1329,2	6,042				
0,080	8,00	659,8	5,33	248,8	4,15	1062,7	5,72	348,1	4,35	1421,0	6,459				
0,090	9,00	699,8	5,66	263,9	4,40	1127,1	6,07	369,2	4,62	1507,2	6,851				
0,100	10,00	737,7	5,96	278,2	4,64	1188,1	6,40	389,2	4,87	1588,7	7,221				
0,110	11,00	773,7	6,25	291,7	4,86	1246,1	6,71	408,2	5,10	1666,2	7,574				
0,120	12,00	808,1	6,53	304,7	5,08	1301,5	7,01	426,4	5,33	1740,3	7,911				
0,130	13,00	841,1	6,80	317,2	5,29	1354,7	7,30	443,8	5,55	1811,4	8,234				
												OBSERVAÇÕES:			

CANALETAS MEIA CANA										SEÇÃO TRANSVERSAL					
ÁREA DE APLICAÇÃO: BERMAS DAS PLATAFORMAS DO MACIÇO															
DIMENSÕES DAS CANALETAS															
Item	Simb.	Uni	TIPO: CONCRETO							FÓRMULA DE DIMENSIONAMENTO	Fórmula de Chézy com coeficiente de Manning $Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$				
			$\phi$ 300	$\phi$ 300	$\phi$ 400	$\phi$ 400	$\phi$ 500	$\phi$ 500	$\phi$ 600						
Diâmetro	$\phi$	m	0,300	0,300	0,400	0,400	0,500	0,500	0,600	n = coeficiente de rugosidade de Ganguillet e Kutter; Q = vazão (m3/s); I = declividade do fundo do canal (m/m); A = área molhada do canal (m2); Rh = Raio Hidráulico (m).					
Raio	r	m	0,150	0,150	0,200	0,200	0,250	0,250	0,300						
Altura lâmina d'água	y	m	0,130	0,140	0,180	0,190	0,230	0,230	0,280						
h		m	0,020	0,010	0,020	0,010	0,020	0,020	0,020						
Ângulo central	a	°	164,7	172,4	168,5	174,3	170,8	170,8	172,4						
s		m	0,297	0,299	0,398	0,399	0,498	0,498	0,599						
b		m	0,37	0,42	0,53	0,58	0,69	0,69	0,84						
Área molhada	A	m²	0,0295	0,0325	0,0551	0,0592	0,0886	0,0886	0,1301						
Per. molhado	P	m	0,37	0,42	0,53	0,58	0,69	0,69	0,84						
Raio hidráulico	Rh	m	0,079	0,077	0,104	0,102	0,129	0,129	0,154						
Coef. de rugosidade	n	-	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013						
CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS CANALETAS											OBSERVAÇÕES:				
DECLIVIDADE i (m/m)	$\phi$ 300		$\phi$ 300		$\phi$ 400		$\phi$ 400		$\phi$ 500			$\phi$ 500		$\phi$ 600	
	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)		Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0,0050	29,5	1,00	32,1	0,99	66,3	1,20	70,5	1,19	123,2	1,39		123,2	1,39	203,7	1,57
0,0100	41,7	1,41	45,4	1,39	93,7	1,70	99,7	1,68	174,3	1,97		174,3	1,97	288,0	2,21
0,0150	51,0	1,73	55,6	1,71	114,8	2,08	122,1	2,06	213,4	2,41		213,4	2,41	352,8	2,71
0,0200	58,9	2,00	64,2	1,97	132,6	2,41	140,9	2,38	246,5	2,78		246,5	2,78	407,4	3,13
0,0250	65,9	2,24	71,7	2,21	148,2	2,69	157,6	2,66	275,6	3,11		275,6	3,11	455,4	3,50
0,0300	72,2	2,45	78,6	2,42	162,4	2,95	172,6	2,92	301,9	3,41		301,9	3,41	498,9	3,84
0,0350	78,0	2,65	84,9	2,61	175,4	3,18	186,5	3,15	326,0	3,68		326,0	3,68	538,9	4,14
0,0400	83,3	2,83	90,7	2,79	187,5	3,40	199,3	3,37	348,5	3,93		348,5	3,93	576,1	4,43
0,0450	88,4	3,00	96,2	2,96	198,9	3,61	211,4	3,57	369,7	4,17		369,7	4,17	611,0	4,70
0,0500	93,2	3,16	101,4	3,12	209,6	3,81	222,9	3,77	389,7	4,40		389,7	4,40	644,1	4,95
0,0550	97,7	3,32	106,4	3,27	219,8	3,99	233,7	3,95	408,7	4,61		408,7	4,61	675,5	5,19
0,0600	102,1	3,46	111,1	3,42	229,6	4,17	244,1	4,12	426,9	4,82	426,9	4,82	705,6	5,42	
0,0650	106,3	3,61	115,7	3,56	239,0	4,34	254,1	4,29	444,3	5,01	444,3	5,01	734,4	5,65	

CANAL CIRCULAR											SEÇÃO TRANSVERSAL				
ÁREA DE APLICAÇÃO: GALERIAS, PASSAGENS															
DIMENSÕES															
Item	Simb.	Uni	TIPO: CONCRETO												
			TIPO 01	TIPO 02	TIPO 03	TIPO 04	TIPO 05	TIPO 06	TIPO 07						
Diâmetro	$\theta$	m	1,500	1,200	1,000	0,800	0,600	0,500	0,400						
Altura lâmina d'água	h	m	1,125	0,984	0,750	0,600	0,450	0,375	0,300						
Ângulo interno	$\alpha$	rad	4,189	4,531	4,189	4,189	4,189	4,189	4,189						
Área molhada	Am	m <sup>2</sup>	1,4217	0,9925	0,6319	0,4044	0,2275	0,1580	0,1011						
Per. molhado	Pm	m	3,1416	2,7184	2,0944	1,6755	1,2566	1,0472	0,8378						
Raio hidráulico	Rh	m	0,4525	0,3651	0,3017	0,2413	0,1810	0,1508	0,1207						
Coef. de rugosidade	n	-	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013						
CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS CANALETAS															
DECLIVIDADE		TIPO 01		TIPO 02		TIPO 03		TIPO 04		TIPO 05		TIPO 06		TIPO 07	
i (m/m)	%	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0,0050	0,5000	4558	3,21	2758	2,78	1546	2,45	853	2,11	396	1,74	243	1,54	134	1,33
0,0075	0,7500	5582	3,93	3378	3,40	1893	3,00	1044	2,58	485	2,13	298	1,89	164	1,63
0,0100	1,0000	6446	4,53	3900	3,93	2186	3,46	1206	2,98	560	2,46	344	2,18	190	1,88
0,0125	1,2500	7207	5,07	4361	4,39	2444	3,87	1348	3,33	626	2,75	385	2,44	212	2,10
0,0150	1,5000	7895	5,55	4777	4,81	2678	4,24	1477	3,65	686	3,01	422	2,67	233	2,30
0,0175	1,7500	8527	6,00	5160	5,20	2892	4,58	1595	3,94	741	3,26	455	2,88	251	2,48
0,0200	2,0000	9116	6,41	5516	5,56	3092	4,89	1705	4,22	792	3,48	487	3,08	269	2,66
0,0225	2,2500	9669	6,80	5850	5,89	3279	5,19	1809	4,47	840	3,69	516	3,27	285	2,82
0,0250	2,5000	10192	7,17	6167	6,21	3457	5,47	1907	4,71	885	3,89	544	3,45	300	2,97
0,0275	2,7500	10689	7,52	6468	6,52	3626	5,74	2000	4,94	928	4,08	571	3,61	315	3,12
0,0300	3,0000	11165	7,85	6756	6,81	3787	5,99	2089	5,16	970	4,26	596	3,78	329	3,25
0,0325	3,2500	11621	8,17	7030	7,08	3941	6,24	2174	5,38	1009	4,44	621	3,93	342	3,39



FÓRMULA DE DIMENSIONAMENTO

Fórmula de Chézy com coeficiente de Manning  

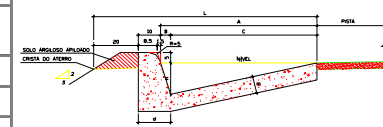
$$Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

n = coeficiente de rugosidade de Ganguillet e Kutter;  
 Q = vazão (m<sup>3</sup>/s);  
 I = declividade do fundo do canal (m/m);  
 A = área molhada do canal (m<sup>2</sup>);  
 Rh = Raio Hidráulico (m).

OBSERVAÇÕES:

**NÃO RECOMENDADO**

SARJETAS TRIANGULARES										SEÇÃO TRANSVERSAL						
ÁREA DE APLICAÇÃO: ESTRADA DE ACESSO E DE SERVIÇO - ATERRO																
DIMENSÕES DAS SARJETAS																
Item	Simb.	Uni	TIPO: CONCRETO				TIPO: SOLO-CIMENTO									
			SCA 70/10	SCA 70/15	SCA 70/20	SCA 70/25	SSCA 70/15	SSCA 70/20	SSCA 70/25							
L	-	m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					
A	-	m	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70					
B	-	m	0,030	0,045	0,060	0,075	0,045	0,060	0,075	0,045	0,060					
C	-	m	0,670	0,655	0,640	0,625	0,655	0,640	0,625	0,655	0,640					
D	-	m	0,130	0,145	0,160	0,175	0,145	0,160	0,175	0,145	0,160					
H	-	m	0,10	0,15	0,20	0,25	0,15	0,20	0,25	0,15	0,20					
inclinação tal. 1 (H/B)	m	-	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33					
inclinação tal. 2 (H/C)	n	-	0,15	0,23	0,31	0,40	0,23	0,31	0,40	0,23	0,31					
Área molhada	A	m <sup>2</sup>	0,04	0,05	0,07	0,09	0,05	0,07	0,09	0,05	0,07					
Per. molhado	P	m	0,78	0,83	0,88	0,93	0,83	0,88	0,93	0,83	0,88					
Raio hidráulico	Rh	m	0,045	0,063	0,080	0,094	0,063	0,080	0,094	0,063	0,080					
Coef. de rugosidade	n	-	0,016	0,016	0,016	0,016	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018					
CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS SARJETAS																
DECLIVIDADE - VIAS DE ACESSO i (m/m)			SCA 70/15		SCA 70/20		SCA 70/25		SCA 70/30		SSCA 70/15		SSCA 70/20		SSCA 70/25	
			Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0,0100	ou	1,0%	27,6	0,79	52,2	0,99	81,0	1,16	112,8	1,29	46,4	0,88	72,0	1,03	100,3	1,15
0,0200	ou	2,0%	39,0	1,11	73,8	1,40	114,5	1,64	159,5	1,82	65,6	1,25	101,8	1,45	141,8	1,62
0,0300	ou	3,0%	47,8	1,36	90,3	1,72	140,2	2,00	195,4	2,23	80,3	1,53	124,6	1,78	173,7	1,98
0,0400	ou	4,0%	55,2	1,58	104,3	1,99	161,9	2,31	225,6	2,58	92,7	1,77	143,9	2,06	200,5	2,29
0,0500	ou	5,0%	61,7	1,76	116,6	2,22	181,0	2,59	252,2	2,88	103,7	1,97	160,9	2,30	224,2	2,56
0,0600	ou	6,0%	67,6	1,93	127,7	2,43	198,3	2,83	276,3	3,16	113,5	2,16	176,3	2,52	245,6	2,81
0,0700	ou	7,0%	73,0	2,08	138,0	2,63	214,2	3,06	298,4	3,41	122,6	2,34	190,4	2,72	265,3	3,03
0,0800	ou	8,0%	78,0	2,23	147,5	2,81	229,0	3,27	319,0	3,65	131,1	2,50	203,5	2,91	283,6	3,24
0,0900	ou	9,0%	82,7	2,36	156,5	2,98	242,9	3,47	338,4	3,87	139,1	2,65	215,9	3,08	300,8	3,44
0,1000	ou	10,0%	87,2	2,49	164,9	3,14	256,0	3,66	356,7	4,08	146,6	2,79	227,6	3,25	317,1	3,62
0,1100	ou	11,0%	91,5	2,61	173,0	3,29	268,5	3,84	374,1	4,28	153,7	2,93	238,7	3,41	332,5	3,80
0,1200	ou	12,0%	95,5	2,73	180,7	3,44	280,5	4,01	390,7	4,47	160,6	3,06	249,3	3,56	347,3	3,97
FÓRMULA DE DIMENSIONAMENTO																
Fórmula de Chézy com coeficiente de Manning $Q = (A/n) \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$																
n = coeficiente de rugosidade de Ganguillet e Kutter; Q = vazão (m <sup>3</sup> /s); I = declividade do fundo do canal (m/m); A = área molhada do canal (m <sup>2</sup> ); Rh = Raio Hidráulico (m).																
OBSERVAÇÕES:																



#### 6.12.4.3 SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO DE PERCOLADO

O sistema de drenagem dos líquidos percolados através do aterro sanitário será composto por uma rede de drenos primários e drenos secundários, a ser progressivamente implantada em cada uma das plataformas da base do aterro.

Em sua extremidade inferior, esses drenos secundários deverão ser interligados aos drenos primários, dispostos longitudinalmente ao longo das plataformas e aos drenos de pés dos taludes de concordância entre as diversas plataformas da base do aterro sanitário

Sempre que tecnicamente possível é recomendável a abertura e o preenchimento de valas (externas ao maciço do aterro) utilizando, respectivamente, de retro-escavadeira e "sapos mecânicos".

- Drenagem de Percolados

Na concepção do sistema de drenagem dos líquidos percolados adotou-se que o sistema de drenagem de percolados associa-se ao sistema de drenagem de gases, ou seja, os drenos verticais de gases estarão interligados pela drenagem horizontal dos percolados. Este sistema é implantado para coletar e conduzir o líquido percolado para a estação de tratamento, reduzir as pressões internas sobre a massa do "lixo" e impedir que este líquido migre para o solo.

Sobre o *liner duplo* será construído o sistema de drenagem de líquidos percolados de base, em contato direto com os resíduos, composto por drenos de pedra e tubos perfurados em disposição de malha, retirando os percolados para o sistema de tratamento de percolados.

As Figuras 6.12.4.3-1 a 6.12.4.3-6 apresentam o arranjo e os critérios de locação da drenagem. Os percolados coletados serão destinados ao sistema de tratamento, com capacidade projetada em função da análise do balanço hídrico.

O sistema de drenagem de percolados se completa com a construção de alguns drenos de percolados interconectados verticalmente que levam os percolados para a drenagem de base de percolados. Esse fluxo descendente de líquidos, conduzindo os

líquidos para o sistema de drenagem de percolados de base dos resíduos associa-se portanto com o sistema de drenagem de gases.

As seções típicas deste sistema podem ser visualizadas no desenho de detalhes.

A cada camada de resíduos de 5,0 metros de altura final, drenos cegos de brita nº 4, serão instalados interconectando-se às várias camadas com a de base, através dos drenos verticais de biogás.

A Figura 6.12.4.3-7 a seguir apresentam instalações semelhantes construídas em outros aterros similares.



**Figura 6.12.4.3-7:** Drenagem de percolados na base, sobre o *liner*.

- Caracterização dos líquidos percolados

O Tratamento dos Líquidos Percolados do CTR de Colatina, ES é condicionado por duas questões fundamentais: a grande variação tanto da vazão quanto da qualidade dos líquidos percolados no maciço de aterro ao longo da vida útil e as especificidades do local de implantação no que diz respeito às características tanto do lixo quanto do clima.

A melhor condução para solucionar o tratamento deste líquido percolado em um aterro sanitário não é estabelecer um modelo de tratamento rígido, imutável para toda a vida útil, mas a partir do monitoramento de alguns indicadores operacionais e ambientais

implantar um sistema de tratamento que possa ser acrescido, transformado ao longo do tempo para acompanhar as mudanças na qualidade do chorume.

#### Variação das características dos líquidos percolados

Um aterro sanitário é um processo dinâmico onde interagem múltiplos fatores ao longo da operação e mesmo após o encerramento. Ocorre uma grande interação entre inúmeros fatores, entre as características ambientais (antropo-bio-físicas) da região de implantação de um aterro sanitário:

- Como as condições climáticas (vento, precipitação, evapotranspiração, evaporação, de fundação, solo, para citar algumas),
- As características dos resíduos a serem aterrados (fração orgânica, umidade, pH, fração inerte, triturado, ensacado, presença de resíduos refratários a tratamento biológico, toxicidade peculiar etc),
- As condições de reação para degradação anaeróbia dos resíduos (umidade, temperatura, presença de gases, nutrientes etc)
- As estruturas de construção do aterro sanitário (impermeabilização com Manta ou não, liner de argila ou não, material de cobertura diária, dimensionamento da drenagem de biogás, de líquidos etc)
- O modo de operação do aterro sanitário (grau de compactação, retirada ou não da cobertura diária, recirculação dos líquidos com o incremento da velocidade de decomposição da fração orgânica).

A afirmação de que um aterro sanitário é um reator biológico em processo de estabilização é hoje amplamente aceita e comprovada cientificamente.

Estudos do biogás comprovam que suas características se alteram ao longo da vida útil.

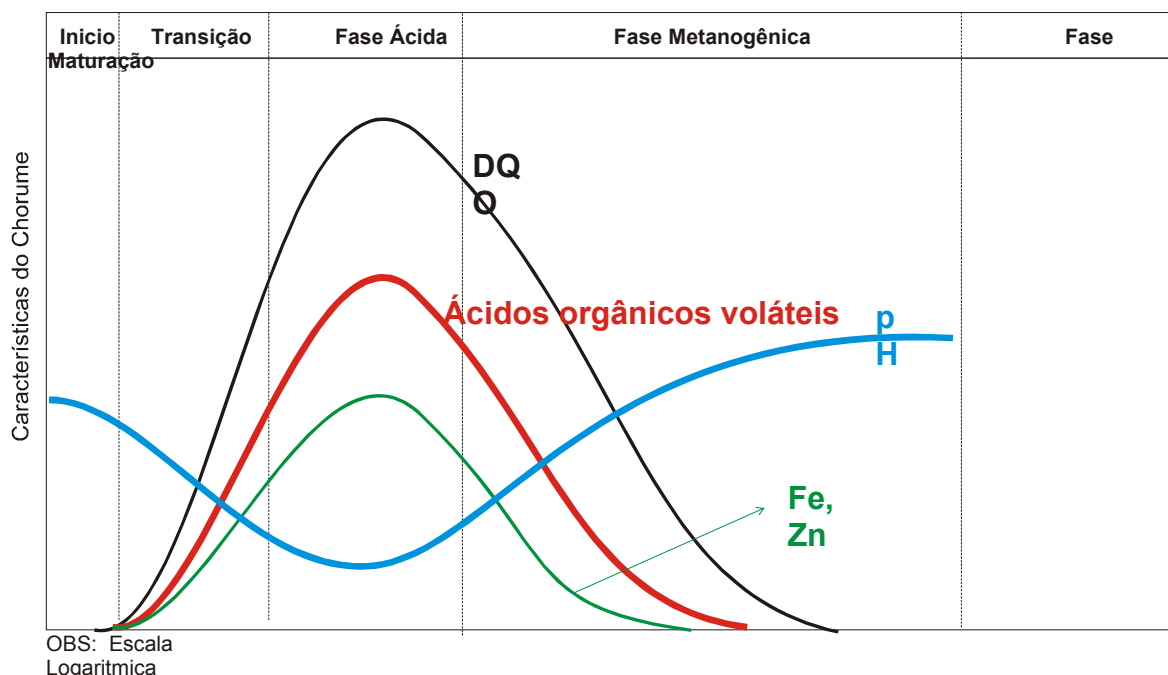
A composição do biogás no início da operação do aterro tem até 5% de presença de  $H_2S$ , 10% de  $CH_4$ , 10% de  $O_2$  e Nitrogênio em sua maior porção, passa à sua maior parte da vida útil em quase ausência de oxigênio, com fração de 50% de metano, para então ao fim do processo de estabilização retornar a composições de  $CO_2$ ,  $O_2$  e  $N_2$  normais sem a presença significativa de  $CH_4$ .



Os líquidos percolados são o resultado principalmente da decomposição anaeróbia da fração orgânica do lixo somada as águas precipitadas diretamente sobre o aterro e percoladas por todo o maciço (ou ainda da recirculação destes mesmos líquidos), as suas características são testemunhas, indicadores de todos os processos internos ao aterro. A mais de 20 anos vários autores atestam, conforme cita PESSIN et al , que a quantidade, ou fluxo volumétrico, de líquidos percolados e sua composição estão condicionados a uma série de fatores podendo ser destacados: o tipo e a idade dos resíduos, a técnica de manejo, condições climáticas e hidrogeológicas do sítio, construção e operação do sistema (JOHANSEN e CARLSON, ROBINSON e MARIS, FULLER et al., LEMA et al. e CLEMENT).

A passagem da fase acetogênica para metanogênica do aterro (em período de aproximadamente 5 anos) tem significativa conseqüência na caracterização dos líquidos passando de altas concentrações orgânicas, com altos valores para DQO (da ordem de 50.000 mg/l) para valores de 500 mg/l.

TCHOBANOGLIOUS apresenta conclusivamente um gráfico (Figura 6.12.4.3-8) que mostram as alterações esperadas para a composição dos líquidos percolados ao longo do tempo em um aterro sanitário, em estreita relação com a produção do biogás e sua porção de metano.



**Figura 6.12.4.3-8:** Variações das características do chorume em função do tempo e das fases de degradação e geração de gases (Tchobanoglous, 1993).



Após análise da figura, pode-se observar a elevação dos valores de DQO e seu posterior declínio na fase metanogênica do aterro, a estabilidade considerável do pH (comprovação da capacidade de tamponamento do aterro) e a evolução das concentrações de metais e ácidos voláteis ao longo do tempo.

A Tabela 6.12.4.3-1 apresenta valores típicos esperados da composição de chorume para aterros novos e antigos.

**Tabela 6.12.4.3-1:** Composição típica do chorume.

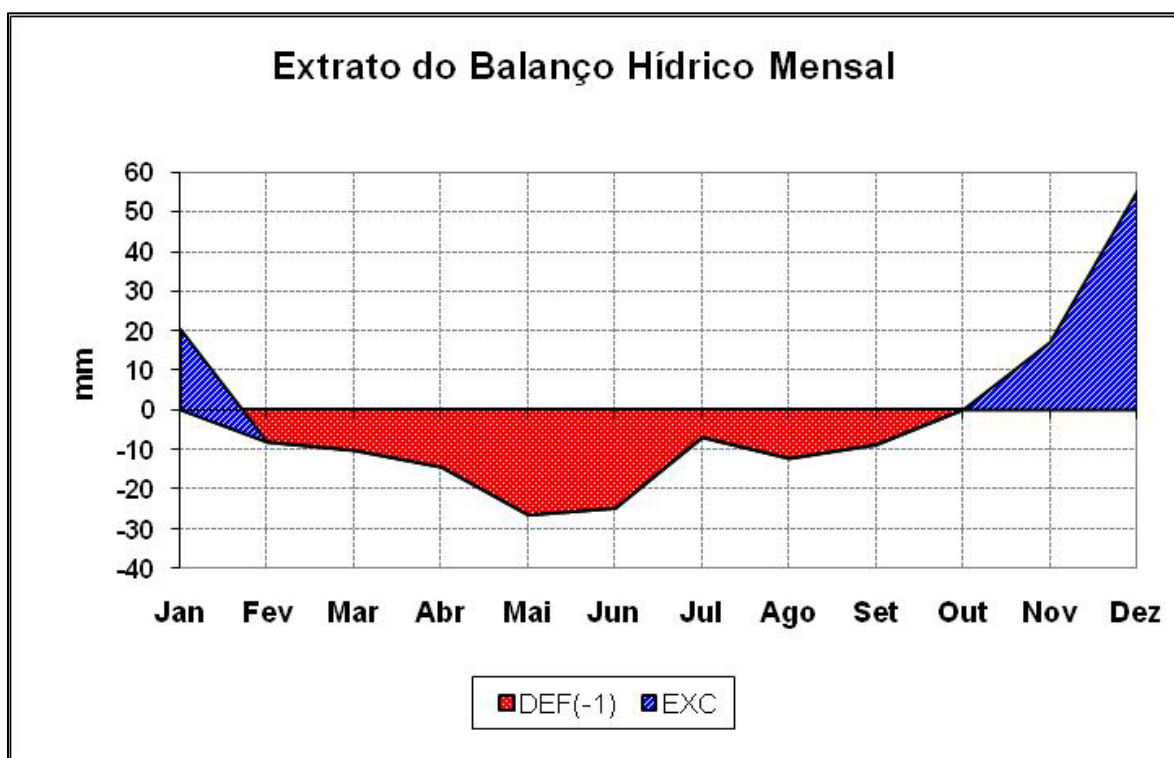
<b>VALORES TÍPICOS DA COMPOSIÇÃO DE CHORUME.</b>			
<b>Características</b>	<b>Valores</b>		
	<b>Novos Aterros</b>		<b>Aterros antigos</b>
	<b>Faixa de variação</b>	<b>Típico</b>	<b>(mais de 10 anos)</b>
DBO <sub>5</sub>	2.000 – 30.000	10.000	100-200
Carbono Orgânico Total	1.500 - 20.000	6.000	80-160
DQO	3.000 – 60.000	18.000	100-500
Sólidos suspensos totais	200 – 2.000	500	100-400
Nitrogênio orgânico	10-800	200	80-120
Nitrogênio Amoniacal	10-800	200	20-40
Nitrato	5-40	25	5-10
Fósforo total	4-100	30	5-10
Alcalinidade	1.000-10.000	3.000	200-1.000
pH	4,5 – 7,5	6	6,6 -7,5
Dureza total	300 -10.000	3.500	200-500

Assim a demonstração desta variação de qualidade ao longo da vida útil do aterro sanitário deve ser levada em consideração nos fundamentos da concepção do sistema de tratamento a ser implantado na CTR Colatina.

#### Geração de Líquidos Percolados

A geração de líquidos percolados é diretamente proporcional às condições climáticas da região onde será implantado. A precipitação pluviométrica, a evaporação e a evapotranspiração condicionam a sazonalidade da vazão de percolados.

As Figuras 6.12.4.3-9 a 6.12.4.3-12 referentes ao balanço hídrico foram elaboradas pela ESALQ-SP / Departamento de Física e Meteorologia (para o conjunto de Estudos de Balanços Hídricos no Brasil) para o município de Linhares. Este balanço hídrico será utilizado como aquele possível para Colatina dentre as alternativas de ausência de Normais Climáticas para aquele município.



**Figura 6.12.4.3-9:** Extrato do Balanço Hídrico Mensal

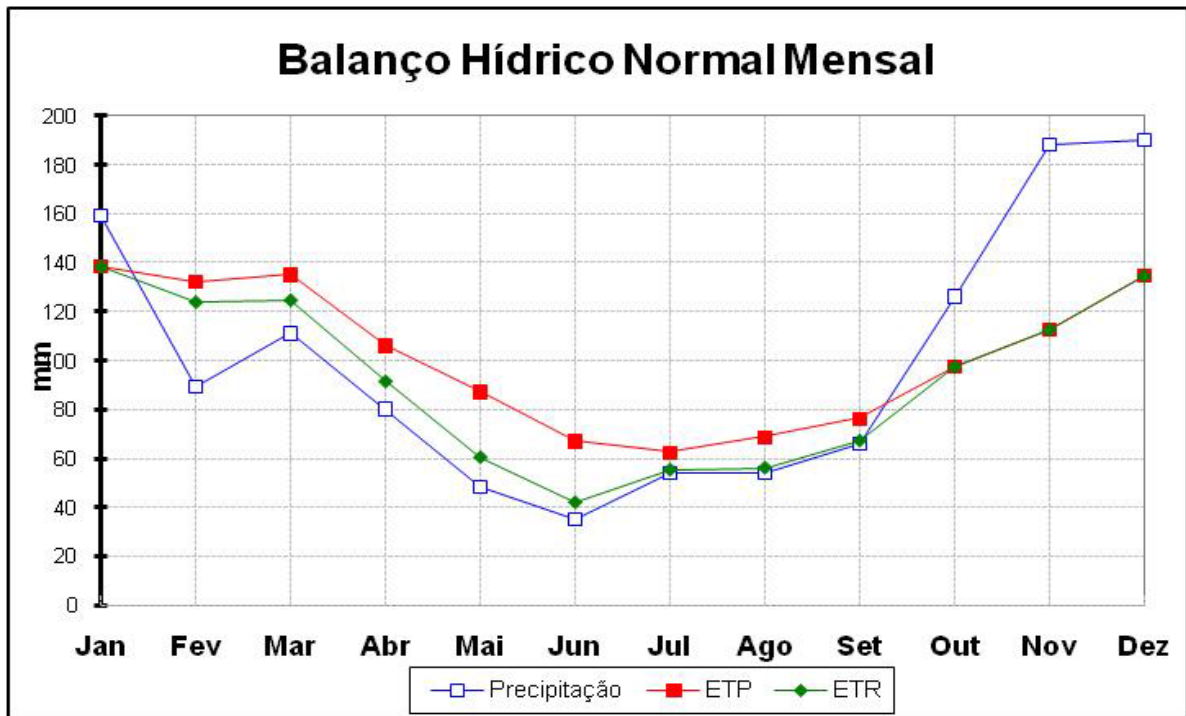


Figura 6.12.4.3-10: Balanço Hídrico Normal Mensal.

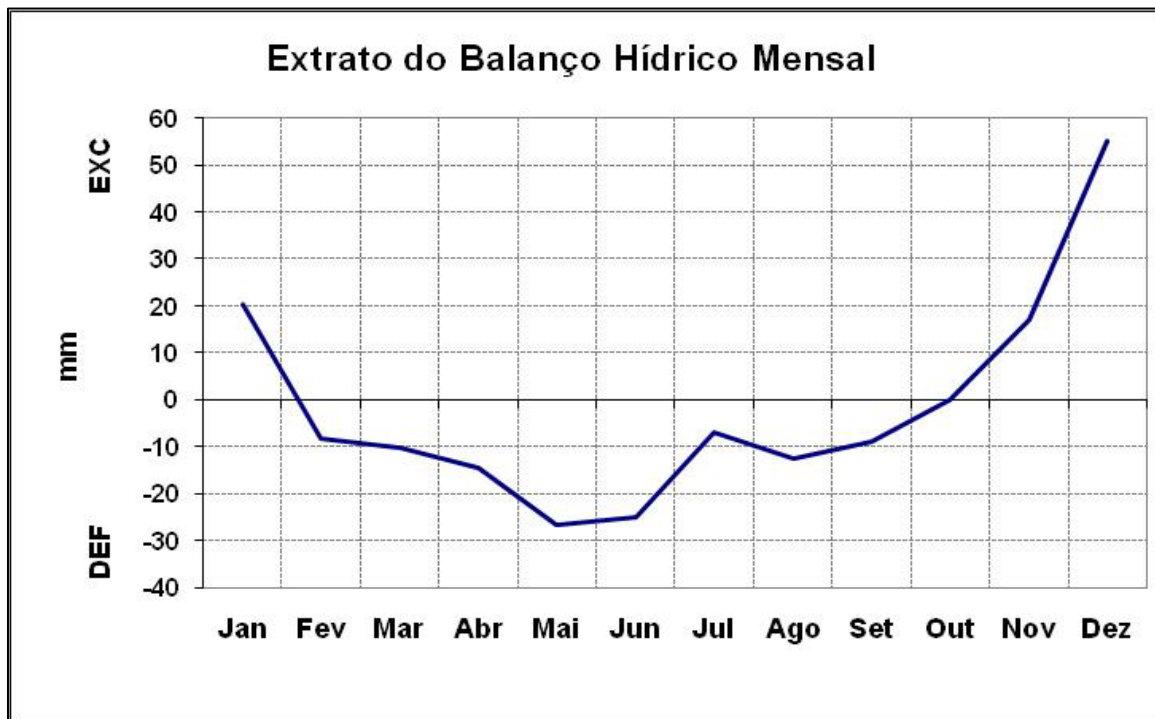
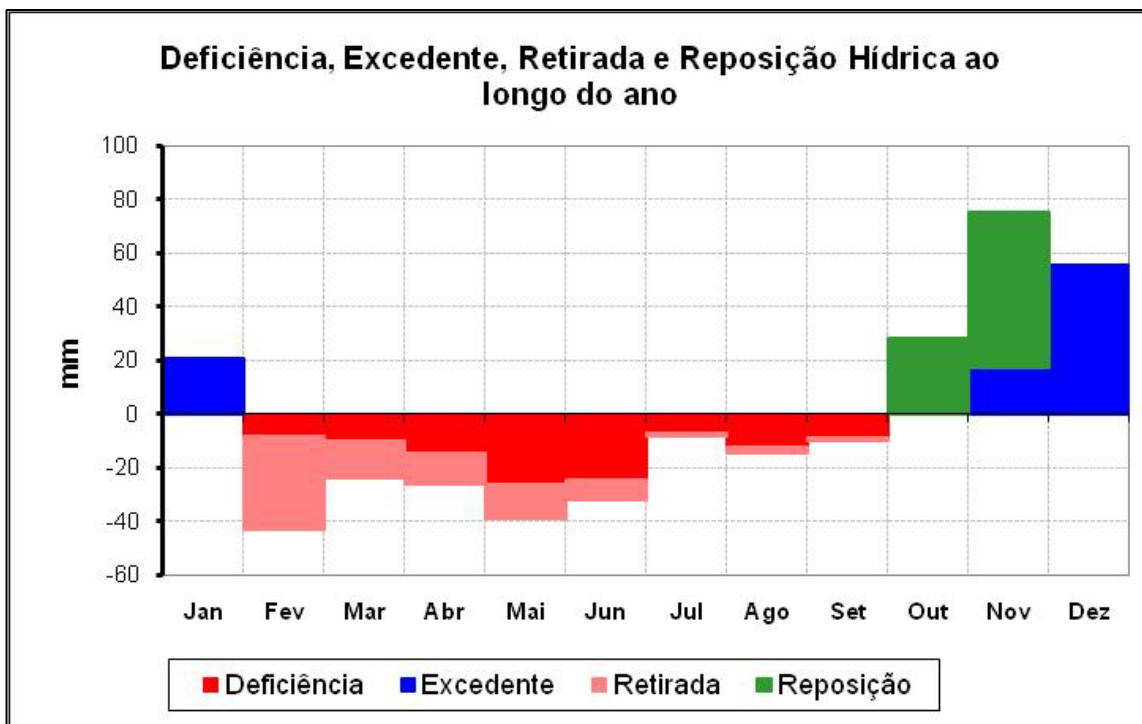


Figura 6.12.4.3-11: Extrato do Balanço Hídrico Mensal



**Figura 6.12.4.3-12:** Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano.

Este estudo e nesta etapa de Licenciamento Prévio, onde são analisadas as viabilidades ambientais do empreendimento, foi elaborado um Balanço Hídrico específico para o aterro de resíduos do CTR Colatina para subsidiar a escolha do sistema de tratamento de percolado. A Tabela 6.12.4.3-2 a seguir apresenta os resultados da interação simulando a precipitação, evapotranspiração, percolação e geração de líquidos para o Arranjo Geral do empreendimento. Os dados climáticos se referem ao período de 1970-1990.

Como pode-se observar estima-se a geração em média de 31 m<sup>3</sup>/dia de líquidos percolados em média diária para o final de plano.

**Tabela 6.12.4.3-2:** Balanço Hídrico para estimativa de vazão de líquidos percolados

**BALANÇO HÍDRICO PARA ESTIMATIVA DE VAZÃO DE LÍQUIDOS PERCOLADOS**

**CONDIÇÕES DE LIMITE CRÍTICO:**

1) aterro em operação, plataforma descoberta, material arenoso

Área plana de =	42.000 m <sup>2</sup>	C=0,10 a 0,20
Área de taludes =	14.000 m <sup>2</sup>	C=0,20 a 0,50
Área total =	56.000 m <sup>2</sup>	

2) Precipitação - INMET - período de 1970-1990

Evapotranspira

4) Espessura considerada p Capacidade de campo= 0,60 m

5) Capacidade campo inicial - Asc -siltoso= 120

6) Para simular uma condição crítica, não será considerado o escoamento superficial da precipitação C=0,0

7) CONDIÇÃO CRÍTICA - Escoamento zero

8) Umidade do lixo

Meses	PARÂMETROS (em mm)											Q (l/s)	
	EP	Pp total	C'	ES	I	I-EP	Σ NEG (I-EP)	AS	Δ AS	ER	PER		
Janeiro	138,7	159,00	0,00	0,00	159,00	20,34	0,00	120	0,00	138,66	20,34	0,685	
Fevereiro	132,4	89,00	0,00	0,00	89,00	(43,39)	(43,39)	52	(68,00)	157,00	0,00	0,000	
Março	135,3	111,00	0,00	0,00	111,00	(24,26)	(67,65)	102	50,00	61,00	0,00	0,000	
Abril	106,2	80,00	0,00	0,00	80,00	(26,22)	(93,87)	101	(1,00)	81,00	0,00	0,000	
Maio	87,3	48,00	0,00	0,00	48,00	(39,29)	(133,16)	108	7,00	41,00	0,00	0,000	
Junho	67,1	35,00	0,00	0,00	35,00	(32,11)	(165,27)	120	12,00	23,00	0,00	0,000	
Julho	62,6	54,00	0,00	0,00	54,00	(8,59)	(173,86)	81	(39,00)	93,00	0,00	0,000	
Agosto	68,7	54,00	0,00	0,00	54,00	(14,73)	(188,60)	75	(6,00)	60,00	0,00	0,000	
Setembro	76,4	66,00	0,00	0,00	66,00	(10,35)	(198,95)	68	(7,00)	73,00	0,00	0,000	
Outubro	97,7	126,00	0,00	0,00	126,00	28,30	0,00	96	28,30	97,70	0,00	0,000	
Novembro	112,9	188,00	0,00	0,00	188,00	75,09	0,00	120	23,70	112,91	51,40	1,731	
Dezembro	134,8	190,00	0,00	0,00	190,00	55,18	0,00	120	0,00	134,82	55,18	1,858	
Anual	1220,03	1200,00											
												MÉDIA (l/s)	0,36
												m3/dia	30,77



- Concepção do Tratamento de Líquidos Percolados

A concepção proposta para o Tratamento de Líquidos Percolados não é simplesmente uma unidade de tratamento, e sim um sistema de tratamento que se altera, é acrescido e transformado com as mudanças de qualidade e quantidade dos líquidos a serem tratados e considera, principalmente, a especificidade local do balanço hídrico.

Hamada (1998) citando Forgie (1988) sugere um critério para permitir a decisão na seleção de processos. Quando o chorume apresentar DQO elevada (acima de 10.000 mg/l), baixa concentração de nitrogênio amoniacal e uma relação DBO/DQO entre 0,4 e 0,8, e uma concentração significativa de ácidos graxos voláteis de baixo peso molecular, o tratamento pode ser efetuado por ambos os processos, ou seja anaeróbio e aeróbio. O tratamento físico-químico neste caso não é indicado.

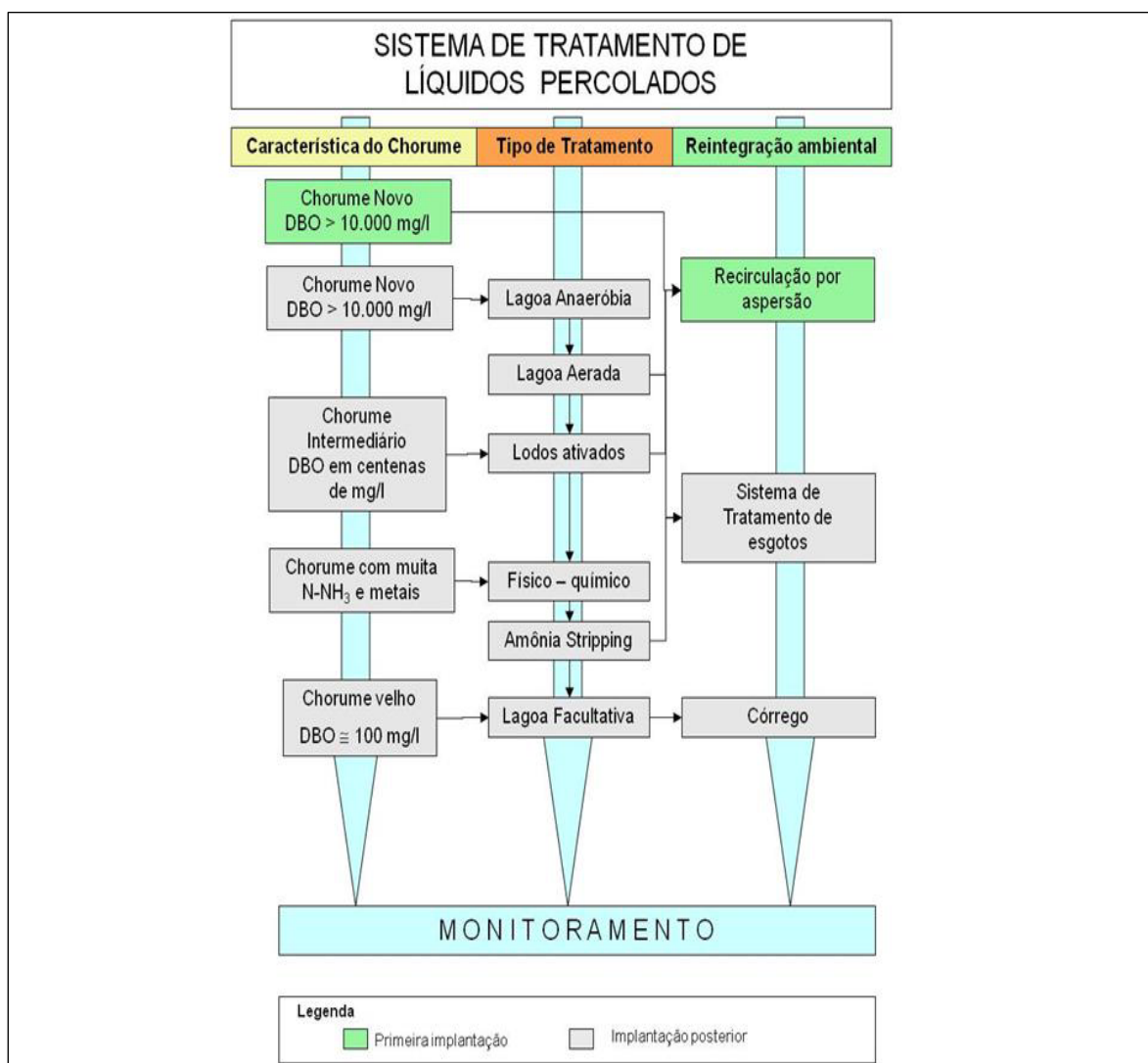
Quando o chorume apresenta as características com DQO entre 1.500 e 3.000 e relações DBO/DQO menor que 0,4, presume-se baixa fração orgânica biodegradável. Neste caso, espera-se também uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal. Isto significa que, tanto o tratamento aeróbio como anaeróbio podem ser limitados na remoção desses compostos orgânicos. Porém para remoção do nitrogênio amoniacal, o tratamento aeróbio pode ser indicado, auxiliando inclusive na remoção de DBO remanescente.

Quando a relação DBO/DQO tornar-se muito baixa, inferior a 0,1, a provável concentração de ácidos graxos voláteis será muito baixa, o que indicaria preferencialmente um processo físico-químico.

Com base nessas possibilidades, e considerando tanto a variação do chorume foi concebido como proposta para tratamento do chorume inicialmente um fluxograma de decisão e implantação. A Figura 6.12.4.3-13 apresenta a proposta de tratamento, mostrando a seqüência de implantação, características do chorume, tipo de tratamento para cada característica geral do chorume, proposta de reintegração dos líquidos tratados.

O tratamento dos líquidos percolados no aterro sanitário será realizado por unidade de tratamento implantada em módulos, sendo utilizada a melhor concepção de tratamento disponível atualmente, combinando a tecnologia de lodos ativados, com desnitrificação e tratamento físico-químico.

Na primeira etapa propõe-se a instalação de um tanque de acumulação de chorume para o monitoramento da sua qualidade e vazão real com a sua reintegração ambiental por aspersão sobre o maciço.



**Figura 6.12.4.3-13:** Sistema de Tratamento e Líquidos Percolado.

A reintegração ambiental do líquido tratado será preferencialmente pela recirculação por aspersão com caminhão tanque, esta é a melhor opção dada a pequena geração de líquidos esperada.

O monitoramento do sistema, ou seja, a amostragem, ensaio e análises laboratoriais, das características do chorume afluente, da eficiência de cada unidade de tratamento e do efluente tratado reintegrado ao meio ambiente perpassam toda a proposta de tratamento aqui sugerida. O monitoramento é que será o guia das implantações e acréscimos do sistema de tratamento, orientando o empreendedor no planejamento.

- Sistema proposto após monitoramento

Mesmo estando sujeito ao monitoramento físico-químico dos líquidos percolados pode-se propor a partir da experiência a implantação de um sistema de tratamento de líquidos percolados pelo sistema de lodos ativados agregado a um tratamento físico-químico.

A seguir expõe-se um extrato de projeto básico desenvolvido pela empresa SER Engenharia Ltda e Bombas Hidráulicas que descreve o sistema para tratamento de chorume que corresponde a escolha de tecnologia, pois achasse implantada em vários aterros sanitários e operada com sucesso atendendo a legislação.

Este sistema de tratamento dos líquidos deve ser implantado em módulos, de acordo com a vazão de demanda. Por se tratar de utilização de aterro já existente, no período de monitoramento deverá ser realizada medidas periódicas em calha Parshall instalada a montante do tanque de acumulação para a obtenção da melhor média da vazão de dimensionamento.

O tratamento será do tipo físico-químico, biológico por lodos ativados aeração prolongada fluxo contínuo e utilização de Lagoas de maturação e de Wetland como polimento final.

O lançamento do efluente líquido tratado será em córrego de jusante e os resíduos sólidos em células para Bags, que após desidratação física deverão ser descartados na própria CTR.



## Justificativa

### a) Grau de Tratamento

O Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos Percolados - Chorume escolhido propicia a eficiência máxima em termos de remoção de DBO<sub>5</sub> e DBO, para preservação do curso d'água dentro das classificações legais.

Assim, propõe-se a implantação de um Sistema de Tratamento que atenda aos padrões de lançamento exigidos pela Lei, que seja capaz de reduzir a carga orgânica do efluente na faixa de 85 %, o que é extremamente satisfatório.

### b) Processo de Tratamento Escolhido

O Sistema de Tratamento, atualmente em operação no território nacional correspondem, a sua esmagadora maioria, a processos biológicos de depuração dos dejetos industriais e domésticos, distribuídos em tipos de Sistemas que se sucedem, desde aqueles extremamente simples em termos operacionais, até Sistemas de alta sofisticação operacional.

A escolha de tais processos está intimamente relacionada a aspectos peculiares de cada comunidade, citando-se, dentre outros: as grandezas do empreendimento (vazão, carga orgânica), disponibilidade de área adequada, custos convenientes, disponibilidade de pessoal capacitado para operação e manutenção dos Sistemas.

Analisando a escala de processos operacionais, o Tratamento físico-químico e Biológico por Lodos Ativados aeração prolongada, é o processo perfeitamente adequados a minimização de odores e que conduz a uma eficiência, em termos de remoção de DBO<sub>5</sub>, DQO, ambos compatíveis com a Legislação.

## Descrição das unidades

A Estação de Tratamento de Efluentes será constituída por:

- Tratamento Primário;
- Tratamento Físico-Químico;
- Tratamento Biológico;

#### - Tratamento Terciário Polimento

Durante a operação do sistema as etapas serão descritas a seguir:

O chorume proveniente do tanque de recebimento é encaminhado por bombeamento até o tanque de equalização, com a finalidade de diminuir os "picos" de vazões e homogeneizar as cargas dos constituintes presentes no meio líquido. Após, o fluxo é encaminhado ao tanque de mistura, iniciando o tratamento físico-químico, no qual dosado através de bomba dosadora, solução contendo cal, elevando pH para a próxima etapa de tratamento. Ao ingressar no tanque de retirada de gás, o efluente entrará em "repouso" favorecendo a remoção de gases.

Na seqüência de tratamento o efluente novamente passa por outro tanque de mistura hidráulica ocorrendo aí dosagem de reagentes químicos necessários para a remoção dos sólidos solúveis existentes no meio líquido. Nesta etapa a mistura que já sofreu contato para formação do aglutinado, é direcionada ao floccodecantador, tendo leve agitação e assim proporcionando à formação de flocos e conseqüentemente sedimentação dos sólidos passíveis de decantação e ou precipitação. O lodo físico-químico sofre tratamento de adensamento e posterior desidratação em bags para filtração e separação dos sólidos. Antes de ingressar na fase de tratamento biológica ocorrerá mais uma dosagem de reagente químico de modo a ajustar o pH.

Nos reatores aeróbios iniciam o tratamento biológico, devido à adição contínua de efluente oriundo do tratamento físico-químico. Neste tanque ocorrerão às reações bioquímicas de minimização da matéria orgânica presentes no afluente. A biomassa existente nos reatores utilizarão dessa matéria orgânica como substrato (alimento) para se desenvolverem. Com a entrada contínua de alimento, na forma de DBO<sub>5</sub> e na presença de oxigênio, introduzidos pelos equipamentos de aeração, os microorganismos crescerão e se reproduzirão continuamente. Para manter o Sistema em equilíbrio é necessário que se retire aproximadamente a mesma quantidade de biomassa que aumenta no Sistema por reprodução. Após, o efluente ingressa no decantador secundário, ocorrendo à sedimentação dos sólidos (Biomassa), permitindo a clarificação da fase líquida.

Os sólidos sedimentados no fundo do decantador serão recirculados para os reatores, aumentando a concentração de biomassa no mesmo, sendo esta responsável pela elevada eficiência no tratamento.

O lodo biológico excedente, que deve ser extraído do Sistema, é retirado diretamente da linha de recirculação do decantador secundário e bombeado para adensador de lodo, tendo a separação distinta das fases sólido-líquido.

O lodo adensado é descartado em bags que auxiliam a filtração do meio líquido retendo apenas os sólidos, devido à malha do geotecido.

O efluente tratado passa por medição em calha parshall que deságua em lagoa de maturação para as remoções de agentes patogênicos, sólidos, nitrogênio e fósforo devido ao elevado tempo de permanência, na fase final do tratamento o efluente ainda ingressa em lagoa de wetland, tendo a finalidade de minimizar os compostos nitrogênio e fósforo, para que o lançamento não provoque qualquer modificação ao corpo receptor desta região.

#### 6.12.4.4. SISTEMA DE DRENAGEM DE GASES

O sistema de drenagem de gases adotado no projeto do aterro sanitário será passivo, isto é, sem a utilização de exaustão forçada, ao longo de seu período de operação efetiva. Entretanto, quando do encerramento de sua vida útil poderá vir a ser instalado, na extremidade dos diversos drenos verticais ("chaminés de exaustão de gases"), um sistema de exaustão forçada associada a um conjunto de queimadores especiais ("*flares*"), de modo a incrementar a eficácia do funcionamento desse sistema de drenagem e tratamento de efluentes gasosos durante a fase de atividade biológica do aterro sanitário, não obstante as deformações naturais da massa de resíduos de que o mesmo será composto.

O sistema de drenagem de gases será composto por um conjunto difuso de drenos verticais apropriados, que serão construídos desde diversos pontos de cada plataforma da base, conforme definido no projeto executivo, até a superfície final acabada do aterro sanitário na prumada correspondente, caso a caso.

Os drenos verticais de gases deverão ser interligados, em sua base, com a rede de drenos "horizontais" de líquidos percolados, de modo a funcionarem também como drenos verticais de "chorume". Nessas "chaminés" verticais, gases e líquidos terão fluxos de sentido contrário, ascendente e descendente, respectivamente.

As Figuras 6.12.4.3-1 a 6.12.4.3-6 apresentam os sistemas de drenagem de percolados e gases propostos para o CTR Colatina.

A seção típica do dreno de gás como primeira opção: Dreno de 1,10 de diâmetro com interior de 60 cm vazio, formadas por telas de aço. Este dreno apesar de apresentar um boa área de drenagem de gases tem mostrado na prática comportamentos diferentes. Em aterro menores onde a movimentação de máquinas é menor, o aterro é mais baixo, a movimentação geotécnica é menor por possibilidade de maior capacidade de adensamento esta solução tem sido executada com êxito. Mas em aterro maiores tem-se observado o colapso das estruturas de tela de aço, diminuindo a seção de escoamento dos gases e performance da drenagem. Assim após o início da operação do aterro verificado que existem problemas executivos deverá ser adotada a especificação tradicional de drenagem de gases conforme descrito a seguir.

A Segunda Opção de Dreno de gases que tem sua conformação a partir da base tradicionalmente é realizada com a utilização, a título de guia (ou fôrma), de um tubo cilíndrico de aço, de chapa de # 3/16", com diâmetro de 1,0 m e altura da ordem de 2,00 m, dotado de alças para seu içamento. À medida que o aterro se vá elevando, o tubo é preenchido com brita (ou pedra-de-mão) e progressivamente içado para nível superior. Para este içamento é usualmente utilizado o braço mecânico (de acionamento hidráulico) de uma retro-escavadeira.

Entretanto, diversos outros dispositivos de conformação dessas "chaminés de drenagem de gases" têm sido largamente utilizados com igual ou melhor eficiência em aterros sanitários, como, por exemplo, tambores imprestáveis de óleo (utilizados como fôrma perdida, após terem suas tampas removidas e suas paredes perfuradas de forma difusa), ou pilhas de pneus de automóveis descartados (igualmente como fôrma perdida). Esses dispositivos apresentam, além do mérito intrínseco de reduzirem o custo de execução desses drenos verticais, a vantagem adicional de dar uma destinação adequada e útil a dois tipos de resíduos de muito difícil manejo nos aterros sanitários.

Os queimadores de gases — a serem instalados no trecho superior dos drenos verticais, a partir do momento em que a porção do aterro por eles drenada começar a gerar gás — serão essencialmente constituídos de um tubo de ferro galvanizado (ou de material equivalente), com diâmetro de 25 mm e altura em torno de 2,00 m. A base desses queimadores constituir-se-á de uma chapa de ferro no 16, com dimensões mínimas de 60 x 60 cm (na hipótese de uso de pneus usados na conformação dos drenos verticais), com um furo central para a passagem e fixação (por solda, ou através de porcas) do tubo. Esses queimadores deverão ser dotados de um dispositivo de controle do retorno de chama (através de um registro de esfera adequado); e de um cilindro envoltório protetor do bico de queima, igualmente em chapa de ferro no 16, que protege a chama contra o vento, evitando que a mesma se apague com facilidade.

#### 6.12.4.5. SISTEMA DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para a mitigação dos impactos ambientais e a manutenção da qualidade ambiental local, prevenindo o incômodo à vizinhança, devida a implantação do aterro e mais especificamente da obra de sua implantação e de sua operação ao longo de toda vida útil, indica-se os processos, procedimentos e operações descritos a seguir.

- Medidas de Atenuação e Controle da Instalação do Canteiro de Obras

As medidas mitigadoras para atenuação dos impactos ambientais decorrentes dessa fase de implantação do empreendimento proposto, constarão de:

- Pavimentação adequada e manutenção da via de acesso ao empreendimento, a partir da BR 259;
- Pavimentação, no mínimo, primária (encascalhamento compactado após escarificação da base) e irrigação periódica da via de acesso interna do empreendimento, nos períodos de estiagem, para atenuação da emissão de poeira.

Embora inócua com respeito a essa fase específica da execução do empreendimento, deverá ser iniciada concomitantemente com a mesma a implantação e manutenção do

“cinturão verde” previsto no projeto, tendo em vista a minimização do nível de emissão de materiais particulados e de ruídos, bem como de eventuais impactos visuais decorrentes de sua futura operação.

- Medidas de atenuação e controle da instalação da infra estrutura

As medidas mitigadoras para atenuação dos impactos ambientais decorrentes dessa fase de implantação do empreendimento proposto, constaram de:

- Execução periódica, a montante da frente de operações, de linhas de drenagem provisórias em curvas de nível, de modo tal que evitem o direcionamento, para aquela, das águas de chuva não diretamente incidentes sobre a mesma;
- Planejamento e controle, adequados e permanentes, das obras de terraplenagem, tendo em vista as características do solo, trecho a trecho, de forma a evitar a execução de cortes que possam resultar em deslizamentos acidentais de solo;
- Execução, sempre que necessário, de obras transitórias de contenção (“rip rap”, etc.), capazes de assegurar a estabilidade de maciços tornados instáveis pelas obras de terraplenagem, particularmente nos períodos sujeitos à ocorrência usual de chuvas;
- Manutenção das vias internas de acesso ao empreendimento e à frente de operações, preferivelmente com a pavimentação asfáltica (ainda que sumária, do tipo “tratamento superficial simples - TSS”) em seus trechos permanentes;
- Umedecimento periódico das vias de acesso internas não pavimentadas, permanentes ou transitórias, nos períodos de estiagem, de forma a minimizar a emissão de materiais particulados (poeira);
- Implantação rigorosa, etapa por etapa, do sistema de drenagem superficial permanente definido no projeto;
- Continuidade da implantação e manutenção do “cinturão verde”.

- Medidas de atenuação e controle do aterramento do lixo

As medidas mitigadoras para atenuação dos impactos ambientais decorrentes da operação de aterramento, núcleo fundamental do empreendimento, constarão de:

- Utilização de equipamentos de terraplenagem e veículos transportadores dotados de dispositivos adequados de atenuação de ruídos e da emissão de gases nocivos;
- Restrição máxima possível da frente de operações, mantendo na medida do possível somente uma frente de aterro;
- Planejamento e controle rigoroso das obras de terraplenagem;
- Implantação de dispositivos adequados para contenção do solo solto eventualmente carregado pelas águas de chuvas; como esta sendo previsto que um dos primeiros elementos a serem construídos será dique de contenção ao pé do maciço, este poderá ser utilizado provisoriamente como dique de contenção de carreamentos;
- Implantação e manutenção adequadas de dispositivos eficazes (transitórios e/ou definitivos) de captação e drenagem de águas pluviais a montante da frente de operações;
- Complementação e manutenção adequadas do "cinturão verde" previsto no projeto, com o manejo da flora natural anteriormente presente, tendo em vista minimizar os níveis de dispersão de materiais particulados e de ruídos, assim como os eventuais impactos visuais negativos decorrentes do manejo de resíduos sólidos urbanos;
- Impermeabilização da base e das faces laterais das plataformas do aterro, até cota do projeto, com implantação de " duplo liner" de argila compacta e manta de PEAD.
- Capeamento diário do topo das células de aterramento, com camadas de solo com espessura nominal final de 20 cm no plano horizontal.
- Implantação de uma rede especialmente difusa e eficaz de captação e drenagem dos efluentes líquidos do aterro (já descrita);

- Implantação e operação adequadas do sistema de manejo de chorume com armazenamento e recirculação;
- Implantação de uma rede espacialmente difusa e eficaz de captação e de drenagem dos efluentes gasosos do aterro (detalhada no projeto);
- Implantação e operação adequada de um sistema eficaz de tratamento dos efluentes gasosos do aterro, estando prevista a queima controlada do biogás;
- Manutenção adequada e permanente da cobertura diária e final do aterro, de forma a evitar a difusão descontrolada de gases pela atmosfera e a proliferação de insetos e animais daninhos;

#### 6.12.4.6. SISTEMA DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS DE SAÚDE

No Projeto Espírito Santo Sem Lixão não está prevista o tratamento dos serviços de saúde, no entanto, no caso específico de Colatina, considerando a existência de um consórcio de municípios específicos para tratamento destes resíduos, será elaborado um projeto específico para indicação do tratamento dos resíduos de saúde, baseado na tecnologia dos Autoclaves. Atualmente os resíduos recebem tratamento em um incinerador.

### **6.12.5. MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL**

#### 6.12.5.1. MEDIDAS DE SEGURANÇA E ISOLAMENTO

A Central de Tratamento de Resíduos contará com os serviços de Vigilância Patrimonial para a segurança da operação do sistema.

Não será permitida a presença de pessoas não autorizadas, sendo expressamente proibida a triagem de lixo na frente de operação do aterro (catação).

Toda a entrada no CTR será registrada em relatório próprio, identificando nome, assunto, identificação, dentre outras informações.

Deverá ser mantido o isolamento com cerca de arame e cerca viva ao longo de todo perímetro da gleba de instalação.



#### 6.12.5.2. MEDIDAS DE PROTEÇÃO

- Contenção das encostas adjacentes ao aterro

Serão adotados para a contenção das encostas adjacentes ao aterro formadas pela reconfiguração geométrica para implantação os seguintes procedimentos:

- Corte com inclinação de talude máxima de 1:1,5 (v:h);
- Revegetação com gramíneas da superfície exposta à precipitação;
- Implantação de drenagem pluvial para o direcionamento das águas de chuva para evitar a erosão e a criação de voçorocas.

- Controle da qualidade dos corpos d'água e do ar

O controle da qualidade dos corpos d'água se fará pela opção de não lançamento do chorume tratado na drenagem natural.

O Monitoramento da qualidade d'água será feito conforme Programa de Monitoramento Ambiental.

A qualidade do ar será garantida com a queima permanente do biogás nas chaminés verticais: por queima direta durante a operação e queima em *flare* com exaustão fechada após o encerramento das atividades de aterramento. O Monitoramento do Biogás será feito conforme Programa de Monitoramento Ambiental.

- Prevenção de incômodos à vizinhança

Para a mitigação dos impactos ambientais e a manutenção da qualidade ambiental local, prevenindo o incômodo à vizinhança, devida a implantação do aterro e mais especificamente da obra de sua implantação e de sua operação ao longo de toda vida útil, indica-se os processos, procedimentos e operações descritos a seguir.

- Medidas de atenuação e controle da instalação do canteiro de obras

As medidas mitigadoras para atenuação dos impactos ambientais decorrentes dessa fase de implantação do empreendimento proposto, constarão de:

- Pavimentação adequada e manutenção da via de acesso ao empreendimento, a partir da BR 259;
- Pavimentação, no mínimo, primária (encascalhamento compactado após escarificação da base) e irrigação periódica da via de acesso interna do empreendimento, nos períodos de estiagem, para atenuação da emissão de poeira.

Embora inócua com respeito a essa fase específica da execução do empreendimento, deverá ser iniciada concomitantemente com a mesma a implantação e manutenção do "cinturão verde" previsto no projeto, tendo em vista a minimização do nível de emissão de materiais particulados e de ruídos, bem como de eventuais impactos visuais decorrentes de sua futura operação.

- Medidas de atenuação e controle da instalação da infra estrutura

As medidas mitigadoras para atenuação dos impactos ambientais decorrentes dessa fase de implantação do empreendimento proposto, constarão de:

- Execução periódica, a montante da frente de operações, de linhas de drenagem provisórias em curvas de nível, de modo tal que evitem o direcionamento, para aquela, das águas de chuva não diretamente incidentes sobre a mesma;
- Planejamento e controle, adequados e permanentes, das obras de terraplenagem, tendo em vista as características do solo, trecho a trecho, de forma a evitar a execução de cortes que possam resultar em deslizamentos acidentais de solo;
- Execução, sempre que necessário, de obras transitórias de contenção ("*rip rap*", etc.), capazes de assegurar a estabilidade de maciços tornados instáveis pelas obras de terraplenagem, particularmente nos períodos sujeitos à ocorrência usual de chuvas;
- Manutenção das vias internas de acesso ao empreendimento e à frente de operações, preferivelmente com a pavimentação asfáltica (ainda que sumária, do tipo "tratamento superficial simples - TSS") em seus trechos permanentes;

- Umedecimento periódico das vias internas de acesso não pavimentadas, permanentes ou transitórias, nos períodos de estiagem, de forma a minimizar a emissão de materiais particulados (poeira);
  - Implantação rigorosa, etapa por etapa, do sistema de drenagem superficial permanente definido no projeto;
  - Continuidade da implantação e manutenção do "cinturão verde".
- Medidas de atenuação e controle do aterramento do lixo

As medidas mitigadoras para atenuação dos impactos ambientais decorrentes da operação de aterramento, núcleo fundamental do empreendimento, constarão de:

- utilização de equipamentos de terraplenagem e veículos transportadores dotados de dispositivos adequados de atenuação de ruídos e da emissão de gases nocivos;
- restrição máxima possível da frente de operações, mantendo na medida do possível somente uma frente de aterro;
- planejamento e controle rigoroso das obras de terraplenagem;
- implantação de dispositivos adequados para contenção do solo solto eventualmente carregado pelas águas de chuvas; como esta sendo previsto que um dos primeiros elementos a serem construídos será dique de contenção ao pé do maciço, este poderá ser utilizado provisoriamente como dique de contenção de carreamentos;
- implantação e manutenção adequadas de dispositivos eficazes (transitórios e/ou definitivos) de captação e drenagem de águas pluviais a montante da frente de operações;
- complementação e manutenção adequadas do "cinturão verde" previsto no projeto, com o manejo da flora natural anteriormente presente, tendo em vista minimizar os níveis de dispersão de materiais particulados e de ruídos, assim como os eventuais impactos visuais negativos decorrentes do manejo de resíduos sólidos urbanos;

- impermeabilização da base e das faces laterais das plataformas do aterro, até cota do projeto, com implantação de " duplo liner" de argila compacta e manta de PEAD.
- capeamento diário do topo das células de aterramento, com camadas de solo com espessura nominal final de 20 cm no plano horizontal.
- implantação de uma rede espacialmente difusa e eficaz de captação e drenagem dos efluentes líquidos do aterro (já descrita);
- implantação e operação adequadas do sistema de manejo de chorume com armazenamento e recirculação;
- implantação de uma rede espacialmente difusa e eficaz de captação e de drenagem dos efluentes gasosos do aterro (detalhada no projeto);
- implantação e operação adequada de um sistema eficaz de tratamento dos efluentes gasosos do aterro, estando prevista a queima controlada do biogás;
- manutenção adequada e permanente da cobertura diária e final do aterro, de forma a evitar a difusão descontrolada de gases pela atmosfera e a proliferação de insetos e animais daninhos;

#### **6.12.6. ATIVIDADES RELATIVAS AO ENCERRAMENTO**

##### 6.12.6.1. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO DOS TALUDES

Para a contenção dos taludes do aterro foram adotadas inclinações de talude e de frente conservadoras, o que otimiza a sua estabilidade.

Além disso a instalação de drenagem pluvial nas bermas do aterro e escadas hidráulicas são essenciais para a contenção dos taludes.

Serão adotadas para a contenção das encostas adjacentes ao aterro formadas pela reconfiguração geométrica para implantação os seguintes procedimentos:

- Corte com inclinação de talude máxima de 1:1,5 (v:h);
- Revegetação com gramíneas da superfície exposta à precipitação;

- Implantação de drenagem pluvial para o direcionamento das águas de chuva para evitar a erosão e a criação de voçorocas.

#### 6.12.6.2. MONITORAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS E GASOSOS

Deverão ser mantidos os serviços de manutenção do CTR Colatina, como a acumulação e transporte do percolado para recirculação, reconformação geométrica das drenagens pluviais sobre o aterro (já que estará sujeito a recalques expressivos ao longo do tempo), paisagismo, manutenção das drenagens de líquidos e gases, dentre outras atividades, até que os efeitos potencialmente impactantes não tenham mais significância.

A qualidade do ar será garantida com a queima permanente do biogás nas chaminés verticais: por queima direta durante a operação e queima em flaire com exaustão fechada após o encerramento das atividades de aterramento. O Monitoramento do Biogás será feito conforme Programa de Monitoramento Ambiental.

#### 6.12.6.3 MONITORAMENTO DO(S) CORPOS(S) HÍDRICOS SUPERFICIAIS SOB A ÁREA DE INFLUÊNCIA (A MONTANTE E A JUSANTE) DO EMPREENDIMENTO

O controle da qualidade dos corpos d'água se fará pela opção de não lançamento do chorume tratado na drenagem natural.

O Monitoramento da qualidade d'água será feito conforme Programa de Monitoramento Ambiental.

#### 6.12.6.4. RECOMPOSIÇÃO PAISAGÍSTICA;

O projeto de paisagismo do encerramento deverá ser elaborado com o objetivo de estabelecer uma sucessão de espécies para consolidar em fim uma vegetação harmônica para a região.

#### 6.12.6.5. IMPERMEABILIZAÇÃO SUPERIOR

Ao final da FASE 3 , no plano de encerramento das operações do aterro prevê que serão realizados os seguintes procedimentos:

- Implantação da camada de revestimento final horizontal;
- Implantação da camada de proteção desta geomembrana,
- Implantação da camada de solo vegetal, feito o plantio de grama;
- Instalação dos instrumentos de monitoramento geotécnico (marcos superficiais definitivos e piezômetros) e
- Finalização das implantações dos dispositivos de drenagem de água de superfície.

Após as obras de encerramento as atividades se restringirão a manutenção geral do maciço do aterro, que consistirá nas seguintes atividades:

- Correção de eventuais deficiências no sistema de drenagem superficial,
- Correção de eventuais deficiências no sistema de impermeabilização final do aterro,
- Poda de grama,
- Replantios de vegetação em eventuais áreas que se apresentarem com deficiência de crescimento,
- Monitoramento geotécnico e ambiental, entre outros.

#### 6.12.6.6. CONFIGURAÇÃO FINAL E USO FUTURO DA ÁREA

Após o fim da vida útil prevê-se que toda a gleba se transforme em área verde com integração paisagística pela revegetação.

Não serão construídas estruturas sobre os maciços de lixo aterrado, devendo então somente ser realizada a vegetação dos taludes e platôs. As estruturas de apoio de operação deverão ser disponibilizadas para a gestão da manutenção e como referência para Educação Ambiental.

#### 6.12.6.7. VIGILÂNCIA E CONTROLE OPERACIONAL APÓS O ENCERRAMENTO;

Após o encerramento do CTR Colatina, serão efetuados, enquanto houver recalque no maciço de resíduos, serviços de manutenção do sistema de drenagem, circulação, isolamento, tratamento de percolados e monitoramento ambiental e geotécnico.

Para este tipo de trabalho serão implantados poços de monitoramento de aquíferos subterrâneos, piezômetros para acompanhamento das pressões neutras internas e dos gases gerados, marcos superficiais para verificação de recalques e deslocamentos horizontais, além de serem montados relatórios técnicos para verificação de estabilidade do maciço e acompanhamento fotográfico.