

Fechamento de Aterro Classe 1 com utilização de geossintéticos e muros reforçados com face em geocélulas de PEAD.

Resumo

O presente projeto consiste no fechamento definitivo de um antigo aterro de resíduos de alto forno, classificados como classe 1, na cidade de Cariacica, estado de Espírito Santo no Brasil. A importância desse projeto para a indústria dos geossintéticos no Brasil está no uso de diferentes tipos de geossintéticos, em diferentes tipos de aplicações, para oferecer uma solução global a um sério problema ambiental. Como parte de um convenio entre a prefeitura de Cariacica e uma conhecida empresa local, com a finalidade de apoiar a erradicação de lixões na região, esse projeto combinou a construção de muros de solo reforçado com geocélulas e geogrelhas, sistemas de impermeabilização conformados por geomembranas de PEAD, elementos de proteção e filtro como geotêxteis não tecidos, sistemas de detecção de vazamentos usando geocompostos drenantes e geotubos corrugados de PEAD, com a finalidade de incorporar resíduos perigosos ao meio ambiente de forma segura e gerando um atrativo visual vegetado.

É neste contexto que se realizou o presente projeto, permitindo a elaboração do presente trabalho, que mostrará um breve resumo da etapa de cálculo e sua posterior implantação em campo, comentando desde a seleção dos geossintéticos a serem usados, até as dificuldades relacionadas com a instalação do sistema de impermeabilização sobre uma superfície pouco firme conformada por escorias.

Informação Geral:

- **Tipo de Obra:** Obra de recuperação de passivos ambientais.
- **Local da Obra:** Cariacica, Espírito Santo/ES.
- **Data de início com assistência técnica em obra:** 09/08/2016
- **Data de finalização estimada:** 19/01/2017
- **Geossintéticos utilizados:** Geocélulas texturizadas de PEAD com $h=20\text{cm}$, geogrelha de poliéster de 60 kN/m , geotêxtil não tecido de 300gr/m^2 , geomembrana PEAD texturizada $2,00\text{mm}$, geocomposto drenante $5,00\text{ mm}$ e geotubos em PEAD corrugados com diâmetro interno de 10cm tanto perfurados quanto não perfurados.

Introdução

A norma da ABNT NBR 10.004 “Resíduos Sólidos – Classificação” classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública em resíduos classe 1 ou perigosos e resíduos classe 2 ou não perigosos, com a finalidade de gerencia-los adequadamente. Instalado no topo de uma colina em uma área de aproximadamente 4.800 m^2 na cidade de Cariacica, Espírito Santo, o

aterro utilizado para a destinação de pó de aciaria e resíduos resultados do processo de alto forno de uma conhecida firma local, foi classificado como aterro de resíduos sólidos classe 1, por oferecer risco à saúde pública e ao meio ambiente. Na Figura 1 se apresenta a planta do local antes dos trabalhos de fechamento do aterro:



Figura 1. Planta do aterro antes do início das obras.

Com o passar do tempo foi necessário aumentar a vida útil desse aterro classe 1, sendo construído um muro de concreto armado em todo seu perímetro, com a finalidade de aumentar a sua capacidade de armazenamento para 26.000 m³. Atingido o final da sua vida útil, havia a necessidade do fechamento do aterro para evitar o risco de danos ambientais. Uma primeira opção, recusada pelo dono do projeto devido ao grande risco que ela representava, foi a retirada do muro e parte do material armazenado para a realização do fechamento. Por tanto, optou-se pelo reforço do muro já existente, com um aterro reforçado com geogrelhas e face em geocélulas, que além de garantir a estabilidade do conjunto ajudaria na concepção do arranjo final do sistema de cobertura e drenagem projetados para o fechamento do aterro, garantindo assim a estanqueidade do aterro, que era umas das preocupações do órgão ambiental.



Figura 2. Muro de concreto reforçado perimetral existente.

O Projeto.

O projeto consistiu em um sistema de contenção perimetral com alturas entre 2,60 a 7,80 metros reforçados com geogrelhas unidirecionais poliméricas, com a função de absorver as tensões geradas pelo empuxo ativo do solo, permitindo conformar uma estrutura de arrimo suficientemente resistente para suportar as cargas do projeto, e com face em painéis de geocélulas de PEAD, as quais possibilitaram o armazenamento de solo e sementes para o crescimento de vegetação. Como o objetivo era integrar o aterro ao meio ambiente, a face vegetada geraria uma cobertura permanente de vegetação eliminando o impacto estético que poderia gerar uma parede em concreto.

Para o fechamento do aterro foi determinado um sistema de impermeabilização composto por uma camada de geotêxtil não tecido, uma camada de geomembrana de PEAD, uma camada de geocomposto drenante e um sistema de condução composto por tubos corrugados de PEAD e trincheiras preenchidas com brita. A cima de todo o sistema foi projetada uma cobertura de solo de 0,40 metros para a proteção dos geossintéticos e o estabelecimento da vegetação em toda a área do aterro, integrando-o assim ao meio ambiente. Futuramente acima do aterro, depois da conformação, se pretendia construir um espaço de lazer para confraternização interna dos funcionários da fábrica dona da obra.

Dimensionamento

Para o dimensionamento do sistema de contenção foram realizados ensaios de sondagem em diferentes pontos ao longo do terreno para se identificar os tipos de solo presentes no local, juntamente com a verificação da presença ou não de lençol freático próximo à superfície. Também foi realizado uma caracterização do resíduo armazenado pelo aterro, para poder definir seus parâmetros de resistência. Com as sondagens realizadas foi confirmado que o nível do lençol freático se encontrava o suficientemente profundo para não afetar a estabilidade do novo muro.

Definidos os parâmetros de resistência do solo, foram realizados os cálculos de estabilidade interna e externa usando o software MSEW 3.0 e as análises de estabilidade global usando o software SLIDE 6.0. Para as análise de estabilidade global foram consideradas todas as etapas de execução da obra, sendo a mais crítica a escavação na frente do muro existente de concreto reforçado para a implantação da nova contenção em solo reforçado.

Processo Construtivo

Muro de solo reforçado. Previamente ao início das obras com utilização dos geossintéticos, a construtora encarregada para a execução da obra, fez a retirada da cobertura vegetal nativa em todo o perímetro da estrutura do aterro, o nivelamento da superfície e a compactação da fundação para se evitar problemas com recalques diferenciais. A figura 3 representa a situação encontrada no início da implantação do muro de contenção.

Para o muro de contenção foram utilizadas geocélulas de PEAD de 0,20 m de altura preenchidas com o solo local. Devido à altura das geocélulas de PEAD, as camadas de compactação eram realizadas a cada 0,20m, facilitando assim o processo construtivo. Para garantir a compactação adequada foi utilizado um rolo pé de carneiro na parte posterior do muro, e para compactar o material no interior das geocélulas foi utilizado um compactador manual de pequeno porte, para que os esforços gerados pela compactação não fossem elevados a ponto de deformar a estrutura da geocélula. Na Figura 4(a) podemos ver um dos

ensaios de compactação que eram realizados a cada 10 metros, para a confirmação do nível de compactação adequado do solo e na Figura 4(b) o maquinário utilizado para a compactação do aterro.



Figura 3. Situação da obra após retirada da vegetação.



Figura 4. (a) Ensaio de compactação na fundação (b) Equipamentos utilizados para a compactação.

Para a superposição das geocélulas foi considerado um recuo de pouco mais de uma polegada, gerando uma inclinação aproximada de 80° com a vertical, na face do muro. Esse recuo permitirá no longo prazo o estabelecimento da vegetação também na face da estrutura, entre os vários níveis de geocélulas PEAD, tornando-se assim uma solução verde, totalmente integrada ao meio ambiente e consequentemente mais bonita. A separação vertical das geogrelhas de reforço, para facilidade construtiva, foi considerada proporcional à altura das geocélulas, sendo colocadas a cada 0,60 m ou 3 geocélulas. As Figuras 5 e 6 apresentam o aspecto do muro com face em geocélulas quase atingindo a sua altura final.



Figura 5. Construção do muro com face em geocélulas preenchidas com solo.



Figura 6. Vista panorâmica do processo construtivo do muro perimetral.

Por se tratar de um muro de solo reforçado, este necessita de um sistema de drenagem eficiente, que garanta a eliminação de todo percolado antes que este possa vir a gerar pressões na parte posterior do muro. Neste contexto foi dimensionado um sistema de drenagem composto por uma trincheira preenchida com brita e revestida com um geotêxtil. Para facilitar a condução do percolado, foram incluídos tubos corrugados perfurados de PEAD com interior liso para conduzir mais rapidamente e com menos perdas ao longo do caminho e exterior corrugado, com o intuito de dissipar as tensões atuantes sobre eles para o solo lateral incrementando sua resistência a cargas externas e evitando perda de seção hidráulica por altas deformações.

Cobertura Final. Para o fechamento adequado do aterro era necessário dimensionar um sistema que isolasse completamente o material armazenado, impedindo a entrada de água no conjunto e

consequentemente a contaminação das áreas próximas ao mesmo. Visando essa função de isolamento, foi dimensionada uma geomembrana de PEAD, que possui índices de permeabilidade muito baixos, exercendo assim muito bem a função de barreira hidráulica. Para este caso foi considerada uma geomembrana com espessura de 2,00 mm e texturizada nas suas duas faces. As faces texturizadas foram projetadas para garantir o melhor atrito entre a geomembrana e a superfície de contato. A Figura 7 apresenta o processo de instalação da geomembrana sobre o aterro.



Figura 7. Processo de instalação da geomembrana sobre o aterro.

Mesmo sendo resíduos de pó de aciaria e material arenoso resultado do processo de alto forno, existia a possibilidade de esse material conter algumas partículas pontiagudas que possam vir a danificar a geomembrana, comprometendo assim sua capacidade de armazenamento, por tanto foi instalada uma camada de geotêxtil não tecido de 300 gr/m² para proteção da mesma. A Figura 8 mostra o aspecto final após instalação da geomembrana PEAD.



Figura 8. Aterro completamente fechado e impermeabilizado

Sobre a camada de geomembrana, para acelerar o processo de drenagem superficial, foi considerada uma camada de geocomposto drenante. A figura 9 (a) apresenta a instalação do geocomposto drenante. O

geocomposto drenante, por possuir um interior composto por uma georede rígida de PEAD, consegue gerar canais com alta capacidade de transporte de fluidos. Todo o fluido captado pelo geocomposto era direcionado para um sistema de condução superficial, onde através de valetas de concreto seriam encaminhados para um tanque de captação.



Figura 9. (a) Camada de geocomposto drenante instalada (b) Solo de cobertura já instalado.

Por fim foi considerado uma camada de solo de 0,40 m de espessura cobrindo toda a área do aterro. Essa camada de solo foi prevista e dimensionada para ter basicamente duas funções principais. A primeira seria de proteção mecânica para todo o sistema de geossintéticos que foram previamente instalados, e segunda para possibilitar a vegetação de toda a área, podendo assim integrar todo o fechamento do aterro ao meio ambiente e apresentar consequentemente um aspecto visual mais agradável. A figura 9 (b) acima apresenta a cobertura de solo colocada e nivelada, pronta para a vegetação.

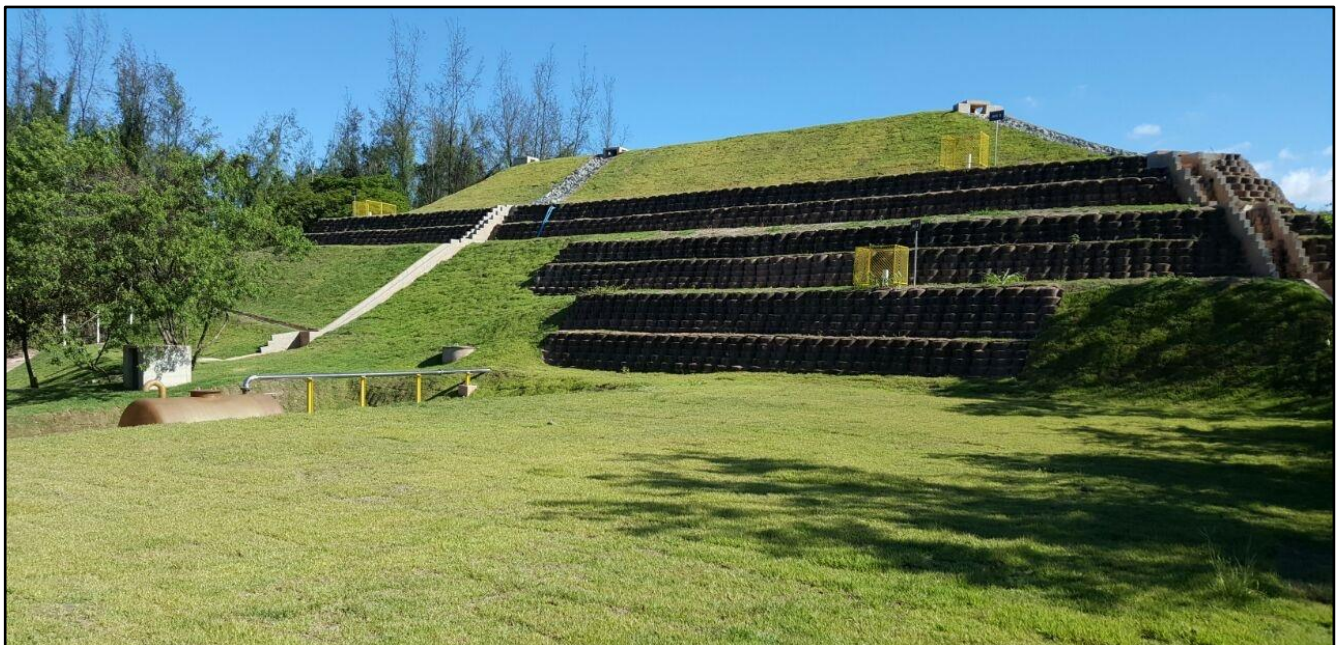


Figura 10. Obra finalizada e completamente integrada ao meio ambiente.

Após todo o processo de vegetação do local, a empresa responsável pelo fechamento do aterro pretende construir sobre o próprio aterro uma área de confraternização para seus funcionários. Essa área contará com salão de festas, churrasqueiras, campos de futebol, entre outras estruturas para uso interno da empresa.



Figura 11. (a) Face em geocélulas (b) Saída do sistema de drenagem com geotubos



Figura 12. Obra finalizada (Fonte: Google Earth)

Benefícios obtidos com uso de geossintéticos:

- Possibilitou a integração com o meio ambiente através do uso da vegetação.
- Aumento da produtividade da obra, possibilitando assim a finalização da mesma dentro do prazo previamente estimado.
- Estrutura flexível possibilitando a acomodação do mesmo a possíveis recalques diferenciais.
- Alta durabilidade ao longo prazo.
- Permitiu o uso de solo produto das escavações e mão de obra local para execução das obras.