

## ***Uso de geocélulas de PEAD para proteção mecânica de geomembrana em barragem de usina hidroelétrica em Mato Grosso do Sul.***

Eng. Carlos Antônio Centurión Panta – Gerente Técnico da TDM Brasil. Campinas/SP.  
E-mail: [ccenturion@tdmbrasil.com.br](mailto:ccenturion@tdmbrasil.com.br) Telefone: (19) 98230-9797

Eng. Marcus Vinicius Weber de Campos – Engenheiro de Projetos da TDM Brasil. Campinas/SP.

E-mail: [mcampos@tdmbrasil.com.br](mailto:mcampos@tdmbrasil.com.br) Telefone: (19) 99748-8301

### **Resumo**

A UHE São Domingos produz energia a partir da transformação da energia potencial hidráulica em energia elétrica. Está instalada no rio Verde, entre os municípios de Água Clara (margem esquerda) e Ribas do Rio Pardo (margem direita), região nordeste do Estado de Mato Grosso do Sul, forma um lago de 18,3 km<sup>2</sup> que acumula 131 milhões de m<sup>3</sup> de água. Com uma potência instalada de 48MW, é uma usina a fio d'água, ou seja, seu reservatório tem somente a função de manter o desnível necessário para a geração de energia e contribuir com a autossuficiência do estado de Mato Grosso do Sul.

A barragem desta UHE é uma estrutura conformada por solo areno-siltoso compactado, geometricamente projetada com taludes 2,0H:1,0V e bermas intermediárias de 4m a cada 9,00m de altura no setor de montante e com taludes 2,1H:1,0V e 2,5H:1,0V na jusante com uma berma de 4m a cada 10m de altura. A área do talude de montante é protegida por uma geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 2,00mm de espessura fixada no topo da barragem na cota 348, em uma vala de 90cm de profundidade.

Em uma região com velocidade do vento que varia tipicamente entre 6km/h até 25km/h, porém com histórico de até 63,4km/h (como por exemplo em 16/09/2013 segundo portal local AC), a principal dúvida do Consorcio Construtor encarregado da obra era a proteção da geomembrana contra os esforços de tração que poderiam ocorrer na geomembrana. Isto, adicionado ao problema de arraste de rampas, pedras ou similares que representavam um potencial problema de dano da geomembrana gerou a busca de alternativas de proteção onde se destacou a proteção com geocélulas PEAD preenchidas com concreto dentre opções como sacos preenchidos de concreto, laje de concreto reforçado ou rip rap.

### **Informação Geral:**

- **Tipo de Obra:** Barragens e reservatórios.
- **Local da Obra:** Água Clara, Mato Grosso do Sul/MS.
- **Data de início com assistência técnica em obra:** 30/07/2012
- **Data de finalização estimada:** 03/10/2012
- **Geossintéticos utilizados:** Geocélulas texturizadas de PEAD modelos EGA303 e EGA 304, geotêxtil não tecido de 300gr/m<sup>2</sup> e geomembrana PEAD 2,00mm.

### Situação Inicial: O problema...

Devido à alta velocidade do vento na região com a potencial geração de ondas que afetem o desempenho da geomembrana PEAD que vinha sendo instalada como proteção da barragem da UHE em Água Clara/MS, era necessária a inclusão no projeto executivo de uma camada de proteção que garanta a integridade da geomembrana PEAD de impermeabilização.

Esta proteção necessitava ser selecionada e dimensionada com algumas restrições tais como:

1. Qualquer proteção a ser construída sobre a geomembrana PEAD devia eliminar qualquer risco de dano por instalação do liner previamente instalado.
2. A fixação da proteção deveria considerar unicamente o topo superior e inferior da barragem como pontos disponíveis, pois toda a proteção ao longo do talude era restrita pela presença da geomembrana PEAD de impermeabilização.
3. A proteção deveria ser econômica e rápida de ser instalada devido à demora que a seleção desta proteção, não considerada inicialmente, gerava no projeto.

Tendo descartando alternativas típicas como sacos sintéticos preenchidos com solo cimento, por ser uma alternativa demorada e sem possibilidade de ser fixada adequadamente ao talude, laje de concreto reforçado devido ao alto custo e tempo de execução além dos danos possíveis a serem ocasionados pela equipe para execução da estrutura de aço ou o rip rap pela pouca disponibilidade de pedra na região e basicamente pelos danos potenciais a serem gerados na geomembrana pelo lançamento das pedras, a engenharia do Consórcio Construtor contatou os técnicos da TDM BRASIL, que já encontravam-se no local instalando a geomembrana PEAD, para resolver o problema.

### Proposta de Solução:

O departamento técnico da TDM BRASIL propôs uma cobertura com geocélulas PEAD de 7,5cm de altura preenchidas com concreto de 20 Mpa de resistência à compressão. A cobertura seria fixada na mesma vala de ancoragem escavada para a geomembrana PEAD usando unicamente cintas de poliéster (PET) de aproximadamente 10kN/m de resistência à tração última.



**Figura 1.** Perfurações das geocélulas e distribuição uniforme das cintas de PET.

Uma das dúvidas da engenharia do proprietário era o desempenho da proteção sob ação de ondas, pois era sabido através de experiências anteriores malsucedidas usando geocélulas que ocorriam perda dos blocos de concreto das células por desprendimento. A equipe técnica da TDM BRASIL propôs o uso de geocélulas com paredes texturizadas e perfuradas para garantir um atrito maior na interfase de contato com o concreto e adicionalmente distribuir as cintas de poliéster uniformemente em todas as aberturas das geocélulas para serem usadas como ancoragens adicionais e aumentar o fator de segurança (FS) do sistema de proteção.

A equipe técnica da TDM BRASIL realizou testes de “pull out” em laboratório, para calcular a força máxima necessária para extração do concreto das paredes de geocélula PEAD e usar esses resultados para estimar o desempenho a longo prazo da proteção. A declividade considerada foi 2H:1V e usaram-se equipamentos e bombas hidráulicas do tipo LUKAS LZMH60/200 (60 toneladas) e ZPH10/18 (500bar). Esses testes ofereceram a confiança necessária para o uso dos geossintéticos nesta obra de grande importância regional.



**Figura 2.** Preparação dos corpos de prova e teste de “Pull Out”.

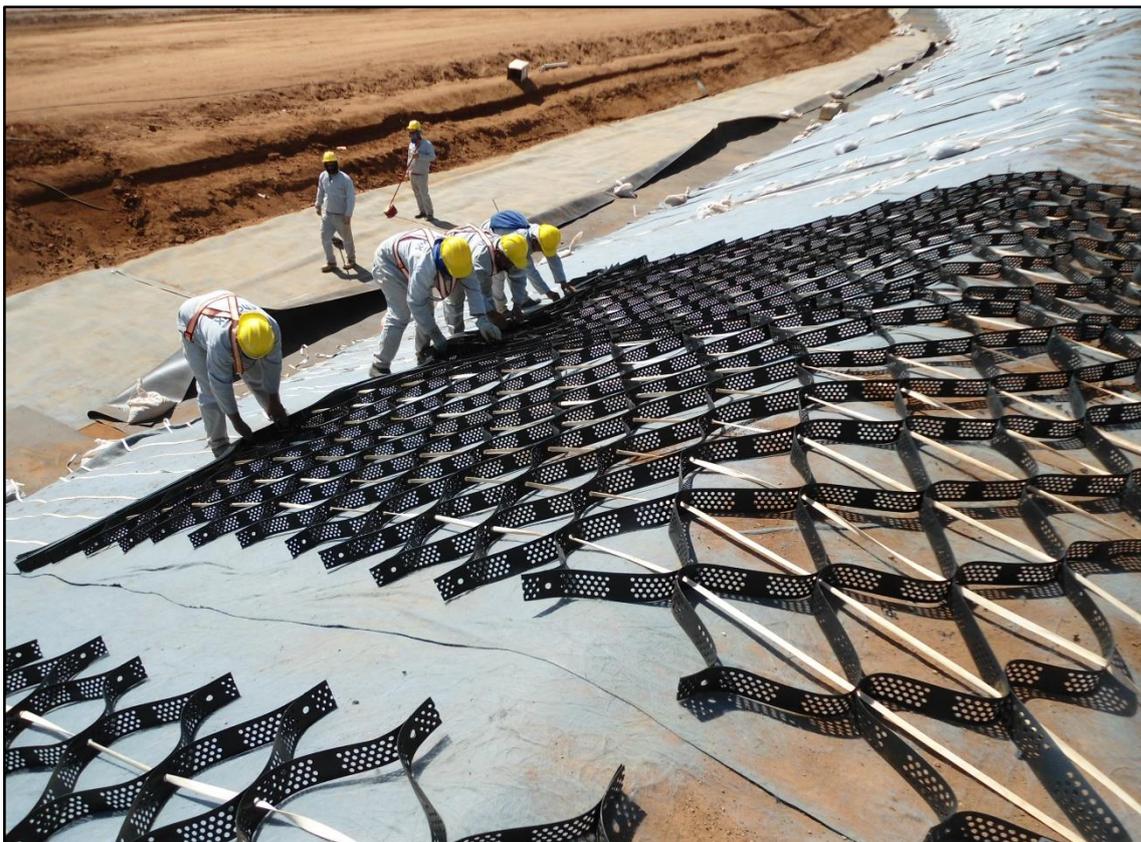
Após a proposta com geocélulas de PEAD ser submetida à análise do Consórcio Construtor, comprovou-se que geravam mais de 21% de redução de custos se comparadas com a solução de sacos preenchidos de solo cimento, que até esse momento era a alternativa mais econômica encontrada. O projeto foi um sucesso, a rápida instalação do sistema compensou qualquer possível atraso no cronograma gerado pela busca da nova proteção e totalizou aproximadamente 30.000 m<sup>2</sup> de geocélula instalada.

### **Instalação e Seguimento:**

A instalação iniciou com a presença da equipe técnica da TDM BRASIL no local da obra. Na continuação apresenta-se o processo completo de instalação:



**Figura 3.** Início do processo de instalação onde pode se ver a ancoragem superior das geocélulas e cintas de PET, assim como a geomembrana protegida com geotêxtil.



**Figura 4.** Expansão das geocélulas PEAD ao longo da superfície da barragem.

A cobertura com geocélulas PEAD e preenchimento com concreto foi considerado apenas na área de variação do nível mínimo e máximo esperado de água do reservatório.

Estas áreas foram definidas entre as cotas 339 e 348 para o trecho da barragem entre o vertedouro e a estaca 88, e entre as cotas 342 e 348 para o trecho entre as estacas 88 até 100.



**Figura 5.** Instalação das geocélulas PEAD ao lado das comportas de concreto.



**Figura 6.** Colocação do concreto dentro das geocélulas de PEAD.



**Figura 7.** Panorâmica da colocação do concreto nas geocélulas de PEAD.

O enchimento do reservatório teve início em outubro de 2012 e foi concluído em janeiro de 2013, quando atingiu a cota aproximada de 345 metros. O enchimento sofreu uma paralisação no período compreendido entre 25 de outubro e 20 de dezembro de 2012, em razão de serviços que precisaram ser realizados no canal de adução, porém, o enchimento, sendo realizado lentamente e em etapas, viabilizou uma melhor avaliação dos quesitos de segurança das estruturas civis e principalmente da proteção com geocélulas.



**Figura 8.** Reportagem da SBT sobre a UHE onde apresenta a barragem com geocélulas em funcionamento.

Atualmente a proteção com geocélulas PEAD encontra-se trabalhando de forma adequada, cumprindo satisfatoriamente a sua função de proteção da barragem da UHE em Água Clara e ajudando a garantir a geração de potência suficiente para abastecer uma cidade de 550 mil habitantes. Nos próximos 30 anos, o estado e os municípios da área receberão uma compensação financeira de R\$ 47,7 milhões pela utilização dos recursos do rio Verde. Com o excelente desempenho da proteção da barragem na UHE em Água Clara, a TDM BRASIL fica muito satisfeita de poder participar no desenvolvimento socioeconômico do nosso país.

**Benefícios obtidos com uso de geossintéticos:**

- Conseguiu-se instalar uma proteção que não comprometeu a integridade física da impermeabilização.
- Com engenharia e ensaios de laboratório conseguiu se gerar uma proteção permanente usando geossintéticos com a resistência do concreto, mas sem a necessidade de aço de reforço.
- A instalação foi 100% manual, simples e rápida conforme necessidade do cliente.
- A proteção com geocélulas conseguiu se adequar sem problemas à topografia do terreno.
- Reduziu o impacto ambiental em jazidas ao eliminar o uso do rip rap.
- Reduziu a emissão de CO<sub>2</sub> em igual proporção à redução de transporte de material pétreo.