

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/303749128>

Experiência na Utilização de Geocélulas de Polipropileno em Obras de Engenharia

Conference Paper · January 2015

CITATIONS

0

READS

2,623

4 authors, including:



Fernando Luiz Lavoie

University of São Paulo

77 PUBLICATIONS 90 CITATIONS

SEE PROFILE



Carlos Vinicius Santos Benjamim

University of São Paulo

12 PUBLICATIONS 180 CITATIONS

SEE PROFILE



Cesar Botelho

2 PUBLICATIONS 1 CITATION

SEE PROFILE

Experiência na Utilização de Geocélulas de Polipropileno em Obras de Engenharia

Fernando Luiz Lavoie

Ober S/A, São Paulo, Brasil, fernando@obergeo.com.br

Carlos Vinicius dos Santos Benjamim

Eng Consultoria e Projetos, São Paulo, Brasil, vinicius@engconsultoria.com.br

Silvio Luis Palma

Ober S/A, Nova Odessa, Brasil, silvio@ober.com.br

César Botelho

Norsan Engenharia, Salvador, Brasil, cesarbotelho@terra.com.br

RESUMO: As geocélulas podem ser definidas como um produto com estrutura tridimensional aberta, constituída de células interligadas, que confinam mecanicamente os materiais nela inseridos. As geocélulas desempenham inúmeras funções em obras geotécnicas, como por exemplo, sistemas de controle de erosão, elemento de proteção de geomembranas, sistemas de melhoria de capacidade de carga em solos com baixa capacidade de suporte e, em sistemas de drenagem em canais, taludes e aterros. Este artigo apresenta a experiência na utilização das geocélulas de polipropileno em quatro obras na América Latina. Os resultados mostram que as geocélulas se apresentam como uma ótima alternativa para diversas aplicações, com diversas vantagens técnicas e econômicas, quando comparadas com as soluções consideradas como convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: Geocélula, Polipropileno, Controle de Erosão, Canais, Casos de Obras.

1 INTRODUÇÃO

As geocélulas podem ser definidas como um produto com estrutura tridimensional aberta, constituída por células interligadas, que confinam mecanicamente os materiais nela inseridos, como por exemplo, concreto, solo ou enrocamento. A Figura 1 apresenta detalhes de uma geocélula aberta.

De acordo com a ABNT NBR ISO 10318 (2013), a geocélula é definida como uma estrutura polimérica tridimensional, permeável, em forma de casa de abelha ou similar, produzida a partir de tiras de geossintéticos ligadas entre si.

No mercado nacional existem basicamente dois tipos distintos de geocélulas comumente aplicadas em obras geotécnicas. A primeira seria manufaturada por tiras de polietileno de alta densidade (PEAD), soldadas entre si por ultrassom. A outra geocélula é fabricada por tiras de geotêxtil de polipropileno (PP), tratada

superficialmente por termofixação, e aditivada para possuir uma maior resistência aos raios ultravioleta (UV).

Vale ressaltar que tanto o polipropileno e o polietileno são polímeros quimicamente estáveis, e apresentam uma resistência a longo prazo muito elevada, principalmente quando comparados com outros polímeros comumente aplicados em materiais geossintéticos, como por exemplo, o poliéster (PET) e o PVC.

Este artigo apresenta casos de obras com a utilização das geocélulas de polipropileno. As geocélulas apresentadas neste artigo são fabricadas pela empresa Ober S/A, na cidade de Nova Odessa-SP.

No total serão apresentadas quatro obras. A primeira obra apresenta aplicação das geocélulas em obras de controle de erosão dos taludes na construção da fábrica de tubos da VSB em Jeceaba-MG.

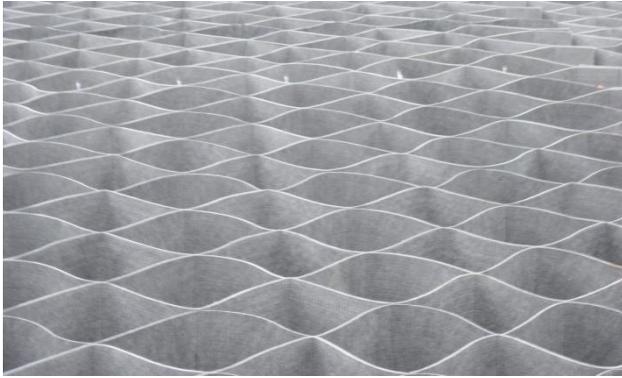


Figura 1. Detalhe da Abertura da Geocélula.

Em seguida é apresentada a utilização das geocélulas com a função de aumento na capacidade de carga das vias de acesso aos poços de gás e óleo na bacia do Urucu, área da Petrobrás dentro da Selva Amazônica.

A terceira obra apresentada trata do revestimento em concreto de um canal para desvio do Rio Tocumen, devido à expansão do aeroporto na cidade do Panamá.

Por fim, o artigo mostra uma aplicação da geocélula como sistema de revestimento em concreto de duas lagoas de chorume do CTVA Caieiras-SP, detalhando as dificuldades e cuidados na execução do revestimento de concreto sobre o sistema de impermeabilização.

2 DESCRIÇÕES DAS OBRAS

2.1 Revestimento de Taludes em uma Fábrica de Tubos em Jeceaba-MG

O primeiro caso de obra apresentado é a aplicação das geocélulas em um sistema de controle de erosão na construção da Fábrica de tubos da VSB em Jeceaba-MG. A Figura 2 apresenta uma vista aérea da construção do empreendimento.

Durante a construção da fábrica, os taludes do empreendimento passaram a sofrer erosões significativas. Diversos métodos convencionais foram aplicados, como por exemplo, hidrosemeadura e aplicação de placas de grama.



Figura 2. Visão Geral da Construção da Fábrica.

Entretanto, o solo do local apresentava argilo-minerais com propriedades expansivas, e nenhuma das soluções aplicadas anteriormente foram eficazes no tratamento da erosão. A Figura 3 apresenta uma foto com detalhes da erosão do local.



Figura 3. Talude de Corte com Deslocamento de Solo.

Com isso, a solução definitiva para o controle da erosão dos taludes, foi a aplicação de geocélulas de polipropileno preenchidas com um solo próprio para o plantio, e em seguida foi aplicada a hidrosemeadura para o revestimento dos taludes.

Esse sistema de revestimento impede as erosões superficiais com base no princípio de confinamento do material de preenchimento, que confere ao sistema alta resistência às forças hidráulicas de arraste, inibindo o processo erosivo e eliminando a migração de material para a parte inferior de taludes.

A instalação foi feita a partir da crista dos taludes. Como ancoragem principal, foi construída uma valeta de ancoragem, com o objetivo de fixar as peças de geocélulas e também sustentar as forças atuantes devido ao

peso das geocélulas e do solo de preenchimento (Figuras 4 e 5).

Além disso, foram fixados grampos metálicos com o objetivo de posicionar as peças e não permitir a sua movimentação durante o preenchimento.

Após a instalação dos painéis (Figura 6), procedeu-se o preenchimento das células com solo (Figura 7). Posteriormente foi feita a aplicação da hidrosemeadura. A Figura 8 apresenta detalhes dos taludes vegetados após a conclusão das obras.



Figura 4. Início da Instalação das Geocélulas.



Figura 5. Sistema de Ancoragem das Geocélulas.



Figura 6. Vista dos Taludes com as Geocélulas.



Figura 7. Preenchimento das Geocélulas com Solo e Aplicação da Hidrosemeadura.



Figura 8. Crescimento da Vegetação nos Taludes.

Foram instalados neste projeto em torno de 50.000 m² de geocélulas de polipropileno. A Tabela 1 apresenta detalhes do material aplicado e de suas características técnicas.

Tabela 1. Características Técnicas da Geocélula.

Nome comercial	Altura da geocélula (cm)	Abertura da geocélula (cm)
FortCell FC04/20	10,0	20,0 x 20,0

2.2 Construção das Vias de Acesso na Bacia do Urucu-AM

Este caso de obra contempla a utilização de geocélulas nas obras da unidade da Petrobrás em Urucu-AM. As geocélulas foram utilizadas na construção de vias de acesso, dentro da selva amazônica, para permitir a passagem de máquinas pesadas para a construção de novos poços de extração de gás e óleo.

Neste local, além do solo não possuir boa capacidade de suporte, ocorrem precipitações diárias ao longo de todo o ano, dificultando a execução de processos construtivos convencionais. A Figura 9 apresenta uma foto

com o aspecto do solo do local.

Com isso, muitas vezes a construção deve adotar procedimentos extremos, como por exemplo, utilizar um sistema de cobertura de PVC, para evitar a saturação constante do solo, e com isso permitir a construção (Figura 10).

Entretanto, esta medida apresenta um alto custo, como também cria um ambiente não adequado para os funcionários. Com isso, novas alternativas passaram a ser estudadas, e a solução adotada foi a aplicação de geocélulas de polipropileno como confinamento do solo.



Figura 9. Aspecto do Solo de Fundação do Local.



Figura 10. Sistema de Cobertura para Permitir a Compactação de Solos Durante os Períodos Chuvosos.

A utilização das geocélulas como elemento de confinamento de material granular, com a finalidade de aumentar a capacidade de suporte de carga de solos de fundação, se apoia no princípio das tensões tangenciais resistivas (atrito) entre as paredes das geocélulas e o material de preenchimento.

À medida que a energia de compactação e a sobrecarga transferida para o material de preenchimento das geocélulas se elevam, aumenta-se o grau de confinamento celular das

mesmas, o que acarreta em um acréscimo de tensões de atrito entre as geocélulas e o material granular de preenchimento. Tal fato gera uma redistribuição de tensões entre as células interligadas, diminuindo os esforços transmitidos para o solo de fundação.

Com isso, o aumento da resistência ao cisalhamento do material de preenchimento, permite a utilização de agregados menos nobres. Além disso, esse sistema elimina a migração lateral do agregado, evitando a formação de trilhas de roda.

Neste caso, as geocélulas foram preenchidas com um solo arenoso retirado de rios próximos do local. Para evitar a contaminação do solo arenoso, foi aplicado um geotêxtil não-tecido GeoFort GF10/200 como elemento de separação (Figura 11).

A montagem dos painéis foi feita com o auxílio de um grampeador pneumático (Figura 12), permitindo uma grande velocidade construtiva. Desta forma, todas as peças de geocélulas ficam unidas, permitindo um melhor comportamento do sistema.

Em seguida, após abertura das geocélulas, foi feito o processo de preenchimento das geocélulas com o solo arenoso, conforme pode ser visto pelas Figuras 13 e 14. Após o fim do preenchimento, foi feita a compactação do material com um rolo vibratório liso.

Para finalizar, deve ser adotado um revestimento final sobre as geocélulas, podendo ser utilizado um pavimento com piso intertravado (Figura 15), ou um pavimento asfáltico (Figura 16).



Figura 11. Aplicação do Geotêxtil Não-tecido.



Figura 12. Sistema de grampeamento das geocélulas.



Figura 13. Preenchimento das Células com Solo Arenoso.



Figura 14. Preenchimento das Células com Solo Arenoso.



Figura 15. Acabamento Final com Blocos Intertravados.



Figura 16. Acabamento Final com Pavimento Asfáltico.

Vale ressaltar que as vias de acesso são feitas de forma provisória, para permitir o acesso das máquinas para a construção dos poços. Neste sentido, caso o poço encontre gás ou óleo, deve-se adotar um revestimento definitivo, conforme ilustrado anteriormente.

Porém, caso o poço não localize gás ou óleo, a pista deve ser desativada e retornar ao estado anterior com vegetação. Neste caso, este sistema com geocélulas se torna muito atrativo, pois é possível reaproveitar facilmente a areia em outro local.

Foram instalados neste projeto em torno de 55.000 m² de geocélulas de polipropileno. A Tabela 2 apresenta detalhes do material aplicado e de suas características técnicas.

Tabela 2. Características Técnicas da Geocélula.

Nome comercial	Altura da geocélula (cm)	Abertura da geocélula (cm)
FortCell FC06/20	15,0	20,0 x 20,0

2.3 Canal para desvio do Rio Tocumen-Panamá

Este terceiro caso de obra apresenta a aplicação das geocélulas de polipropileno como proteção de margens nas obras de ampliação do aeroporto da Cidade do Panamá.

Conforme pode ser visto pela Figura 17, logo ao centro existe um canal natural, que deverá ser desativado para as obras de ampliação do aeroporto. Com isso, um outro canal artificial, localizado no lado esquerdo da Figura 17, com 2 km de extensão, foi construído para desvio do Rio Tocumen.



Figura 17. Vista Aérea da Construção do Novo Canal no Lado Esquerdo da Foto.

O projeto do local adotou como solução para o revestimento do canal a ser construído, geocélulas de polipropileno preenchidas com concreto até o nível d'água máximo. Acima do nível d'água foi feito o preenchimento com solo e revestimento final com placas de grama.

O uso das geocélulas proporciona um sistema semi-flexível que acompanha eventuais deformações do terreno natural. Quando preenchida com concreto, evita o trincamento não controlado do material, eliminando a necessidade de fôrmas e juntas de dilatação, garantindo com isso versatilidade em seu preenchimento.

A preparação da superfície foi iniciada com a remoção da vegetação existente e com a posterior regularização dos taludes e leito do canal. As características geométricas foram adotadas conforme especificação de projeto.

Antes da instalação das geocélulas, foi feita a aplicação de uma camada separadora na superfície a ser revestida com concreto. Esta separação foi executada por meio de um geotêxtil não-tecido GeoFort GF10/200. Esta camada separadora é de suma importância, pois elimina a fuga de finos do solo (base e taludes) para dentro do canal.

O geotêxtil foi instalado sobre o talude e base do canal já regularizados, com sobreposição mínima de 20 cm. Além disso, foi feita a ancoragem da manta já estendida com estacas metálicas, de forma que a mesma não se deslocasse com a ação do vento durante a instalação das geocélulas.

Acima da cota prevista do nível d'água máximo, a geocélula foi instalada diretamente sobre o subleito, para permitir o enraizamento

da vegetação, sem a necessidade de utilização do geotêxtil.

As geocélulas foram instaladas expandindo-as no sentido descendente, isto é, da borda superior do talude do canal em direção à base. As seções foram ancoradas na borda superior do talude do canal com o auxílio de grampos de fixação e valetas de ancoragem.

A fixação e união das peças foram feitas por meio de grampos metálicos, lacres de nylon e cordas de poliéster. Como forma de eliminação de sub-pressões, no caso dos canais em concreto, foi realizada a instalação de barbacãs nos taludes do canal, e no fundo, algumas células foram preenchidas com pedra britada para atuar como dreno.

A Figura 18 apresenta a regularização do canal do lado esquerdo, e o processo de concretagem do lado direito. A Figura 19 apresenta detalhes de concretagem dos taludes, enquanto a Figura 20 apresenta o processo de abertura das geocélulas na base do canal.

A Figura 21 apresenta detalhes do canal já concretado com destaque para a vegetação na sua parte superior, acima do nível d'água. A Figura 22 apresenta uma vista aérea do canal, próximo da conclusão da obra.



Figura 18. Processo de Regularização do Canal.



Figura 19. Concretagem das Geocélulas nos Taludes.



Figura 20. Instalação das Geocélulas na Base do Canal.



Figura 21. Detalhe da Vegetação da Parte Superior.



Figura 22. Vista Aérea da Conclusão do Canal.

Foram instalados neste projeto em torno de 100.000 m² de geocélulas de polipropileno. A Tabela 3 apresenta detalhes do material aplicado e de suas características técnicas.

Tabela 3. Características Técnicas da Geocélula.

Nome comercial	Altura da geocélula (cm)	Abertura da geocélula (cm)
FortCell FC03/30	7,5	30,0 x 30,0

2.4 Construção das Lagoas de Chorume do CTVA Caieiras-SP

Este último caso de obra apresenta a aplicação das geocélulas na construção das novas lagoas de chorume na Central de Tratamento e Valorização Ambiental Caieiras (CTVA-Caieiras), pertencente à empresa Essencis.

Estas novas lagoas de chorume foram construídas para substituir as lagoas antigas que precisaram ser desativadas devido à ampliação das novas fases de operação do aterro. As novas lagoas de chorume apresentam capacidade para armazenar aproximadamente 8.000 m³.

As novas lagoas de chorume foram construídas utilizando uma barreira composta primeiramente por uma geomembrana de PEAD com 2,0 mm de espessura, e em seguida um geocomposto bentonítico (GCL) com 5,0 kg/m² de bentonita. Sobre este GCL, foi instalada mais uma geomembrana de PEAD de 2,0 mm.

Estas novas lagoas, por serem de uso definitivo ao aterro, tiveram que ser protegidas para evitar a degradação das geomembranas, seja por danos dos raios ultravioleta, ou seja por danos mecânicos causados por máquinas, animais ou vandalismo.

Com isso, foi concebido um sistema composto por uma geocélula de polipropileno preenchido com um concreto usinado com f_{ck} igual a 35 Mpa. Entre a geomembrana e a geocélula, foi instalado um geotêxtil não-tecido GeoFort GF16/300. Este geotêxtil tem como função proteger a geomembrana contra os danos mecânicos de instalação.

A montagem das geocélulas foi feita utilizando-se de cordas de poliéster para as uniões laterais entre as peças, e abraçadeiras plásticas de nylon nas uniões entre peças ao longo do comprimento, de forma que as células interligadas formassem um único painel.

As geocélulas foram ancoradas na crista dos taludes e posteriormente concretadas, partindo-se da crista dos taludes, e posteriormente os taludes e base das lagoas.

As Figuras 23, 24 e 25 apresentam, respectivamente, detalhes da instalação das geomembranas de PEAD, do geotêxtil não-tecido e das geocélulas. A Figura 26 apresenta detalhes do processo de concretagem, enquanto a Figura 27 apresenta uma vista da obra concluída.



Figura 23. Instalação de geomembrana de PEAD em uma das Lagoas de Chorume.



Figura 24. Instalação do Geotêxtil Nãotecido de Proteção.



Figura 25. Abertura das Geocélulas.



Figura 26. Concretagem das Geocélulas nos Taludes.



Figura 27. Vista de uma das Lagoas em Uso.

Foram instalados neste projeto em torno de 4.500 m² de geocélulas de polipropileno. A Tabela 4 apresenta detalhes do material aplicado e de suas características técnicas.

Tabela 4. Características Técnicas da Geocélula.

Nome comercial	Altura da geocélula (cm)	Abertura da geocélula (cm)
FortCell FC04/20	10,0	20,0 x 20,0

4 CONSIDERAÇÕES

Este artigo apresentou a aplicação de geocélulas de polipropileno em quatro casos de obras distintos, destacando a aplicação das geocélulas em obras de controle de erosão, proteção de margens de canais, aumento da capacidade de suporte e proteção de geomembranas.

Em todos estes casos o sistema com geocélulas se apresentou como uma ótima alternativa para diversas aplicações geotécnicas, destacando-se a facilidade e praticidade na execução, aliadas a alta produtividade proporcionada, resultando com isso em vantagens técnicas e econômicas para a obra.

REFERÊNCIAS

- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 10318:** Geossintéticos — Termos e Definições. Rio de Janeiro, 2013, 23 p.
- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 10321:** Geossintéticos — Ensaio de tração de emendas pelo método da faixa larga. Rio de Janeiro, 2013, 11 p.