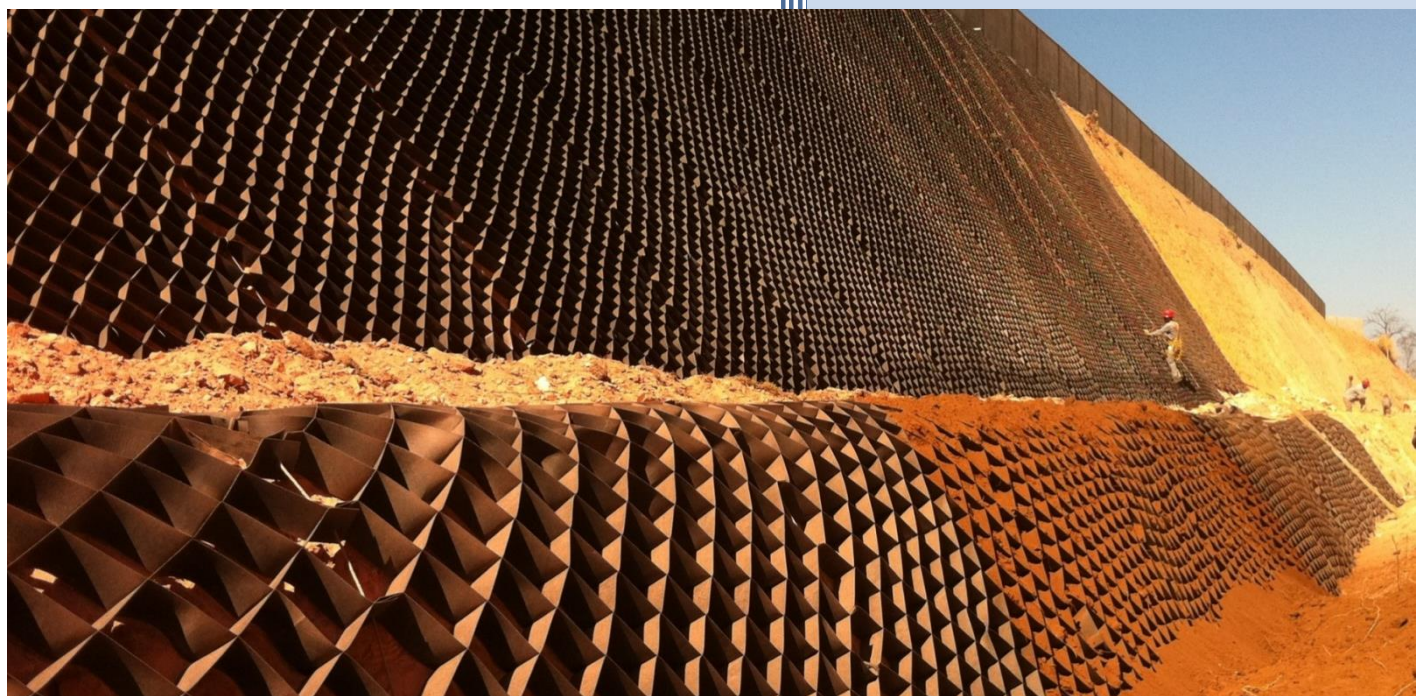


MANUAL TÉCNICO

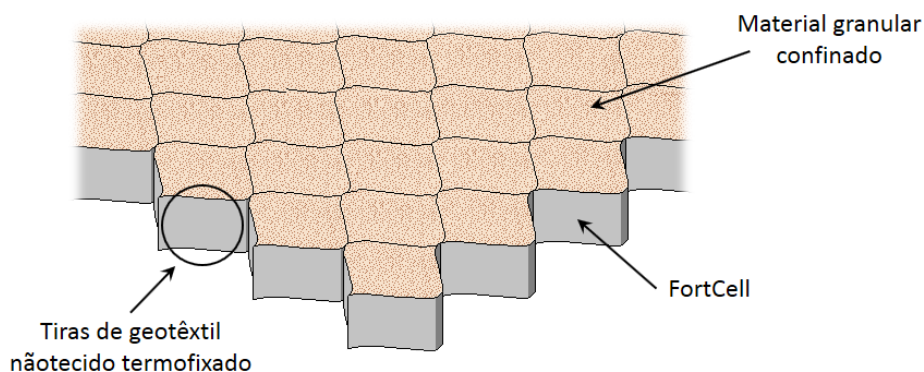


OBER
Geossintéticos

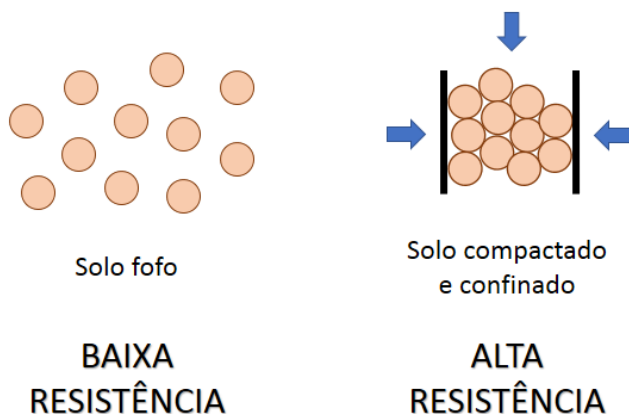
Elaboração:
Silvio Luis Palma
Samira Tessarolli de Souza

1. DEFINIÇÃO

As geocélulas FortCell são estruturas tridimensionais, em formato de “colmeias”, produzidas a partir de tiras de geotêxtil nãotecido termofixado ligadas entre si, tendo como função principal o confinamento de materiais granulares.

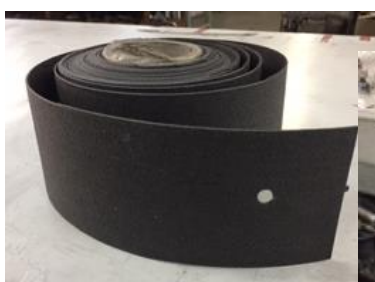
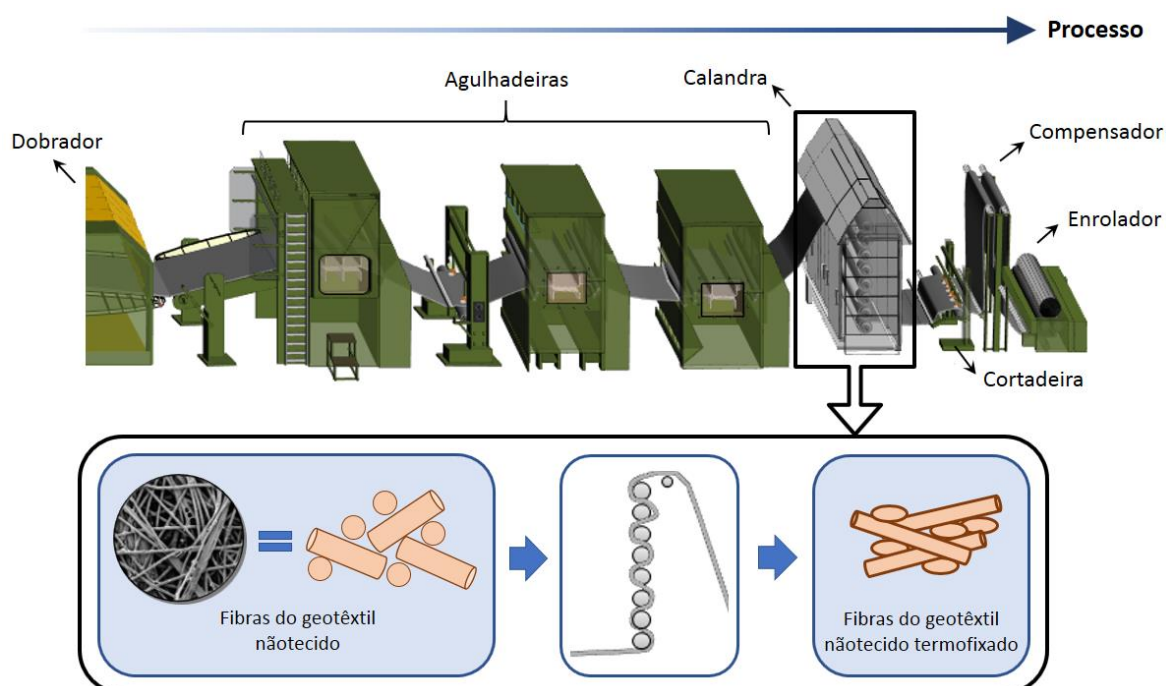


Solos granulares têm sua resistência diretamente relacionada com o atrito entre as partículas e o imbricamento dos grãos. Ao comparar a mesma massa de um solo fofo com a de um compactado, verifica-se uma redução de volume alcançada pelo maior entrosamento dos grãos, o que aumenta o atrito e também a resistência. O confinamento atua com os mesmos princípios, impedindo a expansão lateral e mantendo o imbricamento. Nesse sentido, uma grande coesão aparente é exibida devido ao confinamento. Assim ocorre a melhora de comportamento do solo quando este está reforçado com geocélulas preenchidas de solo compactado.



2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A FortCell é fabricada a partir de tiras de geotêxtil nãotecido de polipropileno termofixado, que são costuradas para formar as células. A termofixação é um processo que ocorre durante a fabricação do geotêxtil, passando-o por uma calandra (sequência de cilindros aquecidos). Após a fabricação, são cortadas as tiras, furadas (para o encaixe dos painéis em obra) e costuradas. O produto recebe embalagem e identificação adequados para transporte e armazenamento.



3. PRINCIPAIS UTILIZAÇÕES

A FortCell pode ser aplicada em diversas obras de engenharia, geotecnia e de meio ambiente, sendo usada para revestir taludes para controle de erosão (revestimento vegetados, não vegetados ou em concreto); revestir canais (revestimento em concreto, vegetado, com material granular ou revestimento misto - seção molhada em concreto e seção seca com vegetação); realizar estruturas de contenção, como muros de arrimo, muros compostos com ancoragem em geogrelha FortGrid ou geotêxtil GeoFort; aumentar o suporte de carga, realizando melhorias de sub-bases de pátios, pavimentados ou não, estabilizando bases de pavimentos rodoviários ou urbanos.



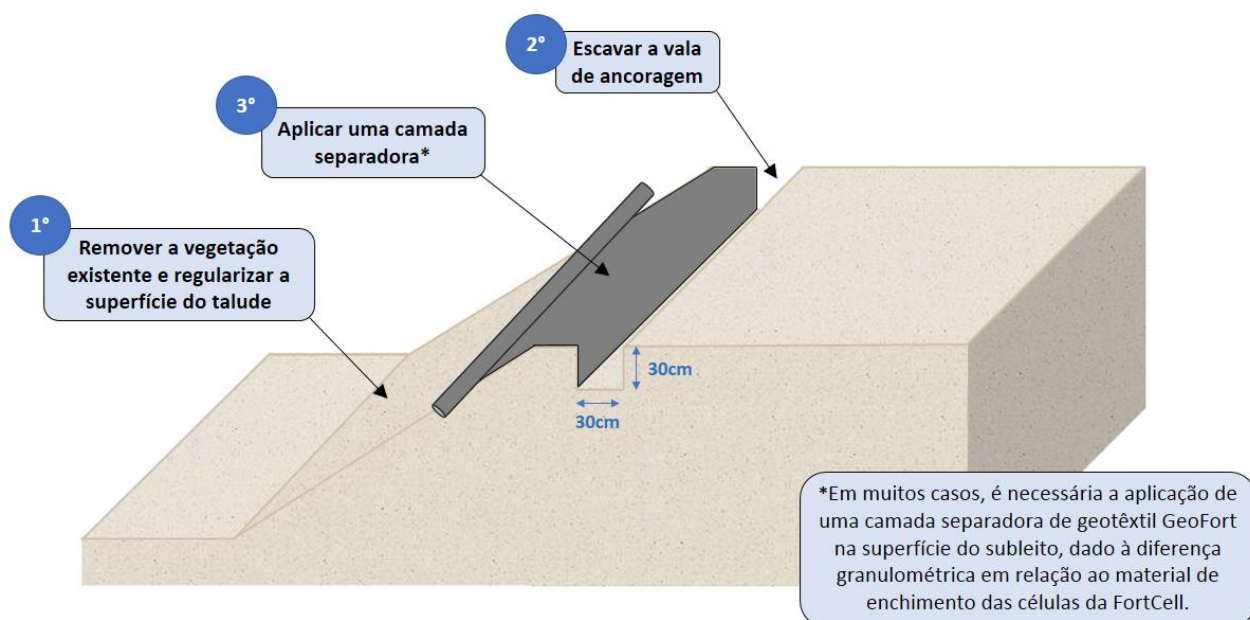
4. CARACTERÍSTICAS DA FORTCELL

O uso das geocélulas FortCell apresenta muitas vantagens, como:

- Redução significativa da espessura da camada de suporte estrutural em estabilização de solos;
- Permite o confinamento de agregados de baixa qualidade na construção de estradas;
- Possibilita o uso de técnicas de construção simples facilitando sua instalação em lugares distantes e de difícil acesso;
- Se adequa diversas aplicações em geotecnia e propicia variedade no acabamento do projeto (material granular, vegetação e concreto).

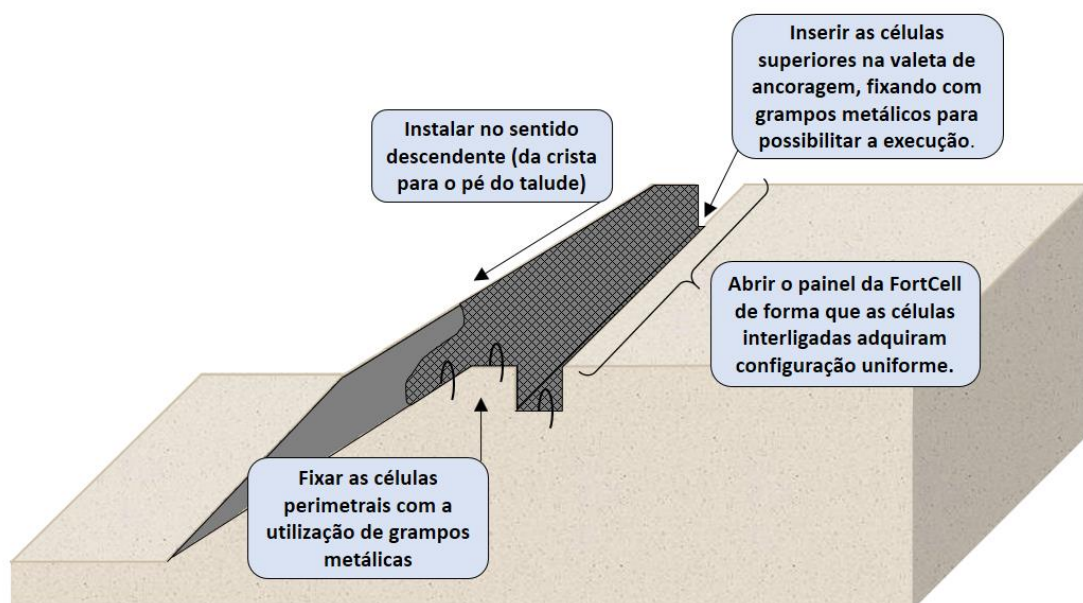
5. INSTALAÇÃO

- Preparação:



Recomendações: o GeoFort deve ter sobreposições mínimas de 20cm e quando aplicado sobre superfícies com alto grau de deformação inicial (solos compressíveis), deve-se prever a união das mantas através de costura com linha de nylon de alta resistência.

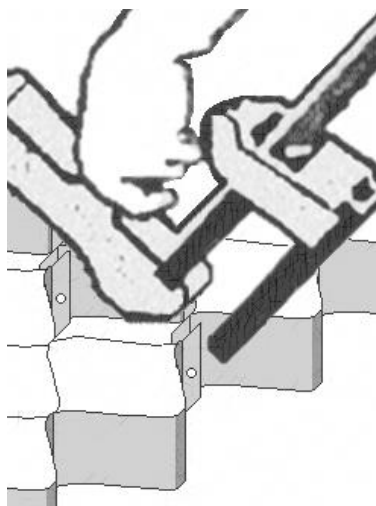
- Instalação da FortCell



Recomendações: Os grampos metálicos deverão ser de material suficientemente resistente para conter e ancorar as seções da FortCell. São recomendados grampos de aço CA-50 nos diâmetros de 10mm ou 12,5mm, dependendo dos esforços de arrancamento.

- União de painéis

A união dos painéis FortCell é realizada em suas extremidades em que já há furos para permitir a emenda e esta pode ser feita manualmente com a utilização de grampos de fixação ou com o auxílio de um “grampeador” pneumático ou mecânico.



- Preenchimento e compactação:

Para o preenchimento da geocélula FortCell deve-se utilizar equipamentos convencionais, tais como, retroescavadeiras e carregadeira frontal. A altura para o lançamento do material de preenchimento (concreto, material granular ou solo vegetal) deve ser de no máximo de 1,0m. Durante o preenchimento da geocélula FortCell deve-se evitar o deslocamento das seções.

A compactação deve ser executada com equipamento convencional seguindo algumas recomendações para cada tipo de revestimento.

Recomendações:

- Revestimento em solo vegetal: a compactação deverá ser leve. Para que a grama ou outro vegetal gemine o solo não poderá estar muito compactado. O material de enchimento das células deverá estar nivelado com as bordas da geocélula.
- Revestimento em concreto: o concreto deverá ser compactado com o auxílio de vibradores, placa vibratória ou ainda manualmente com soquetes de madeira. O material de enchimento das células deverá estar nivelado com as bordas da geocélula.
- Revestimento com material granular: o material granular deverá ser compactado com placa vibratória. O material de enchimento das células deverá estar nivelado com as bordas da geocélula após a compactação.

6. ESCOLHA DO MATERIAL DE ENCHIMENTO E DA FORTCELL

Revestimento de taludes

A escolha por vegetação como material de preenchimento permite que a FortCell confine o solo, fornecendo reforço para as raízes. A camada de GeoFort aplicada anteriormente à FortCell armazena umidade, que atrai as raízes, e em pouco tempo estas estão entrelaçadas dentro do geotêxtil, formando uma “rede” única. Para garantir que o processo descrito ocorra, é recomendada que a altura da FortCell não seja inferior a 10cm.

Para material granular como preenchimento, a escolha das dimensões deve seguir três critérios:

- O diâmetro máximo de um agregado individual deve ser inferior a um terço da menor dimensão da célula;
- O material granular deve preencher no mínimo metade da célula verticalmente (ver figura abaixo, em que a parede superior fica preenchida até a altura de $H/2$);
- As dimensões da célula podem então ser calculadas através do ângulo de atrito interno do solo e da inclinação do talude:

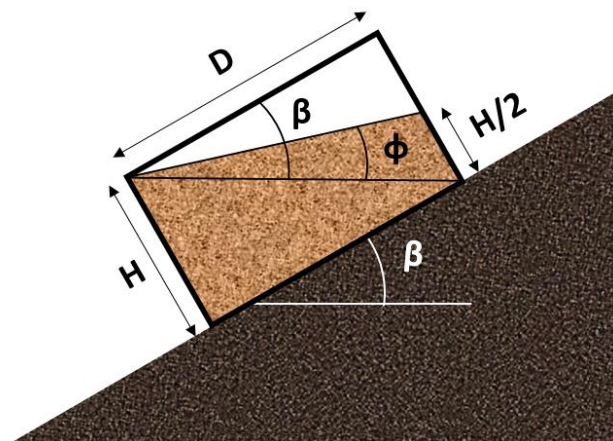
$$\operatorname{tg}(\beta - \phi) = \frac{H}{2D}$$

β – ângulo de inclinação do talude

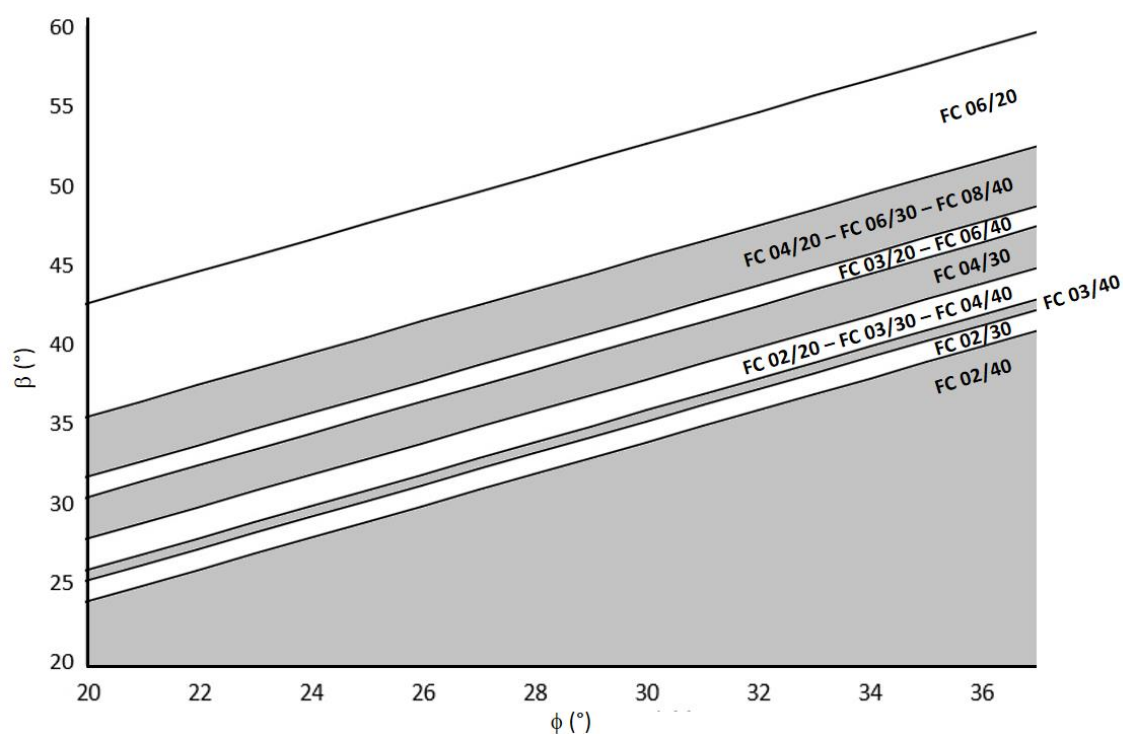
ϕ – ângulo de atrito interno do material granular

D – abertura da FortCell

H – altura da FortCell



O gráfico a seguir possui como parâmetros de entrada β e ϕ e fornece como solução a melhor FortCell para cada caso. Para situações com mais de uma opção, deve-se verificar os demais critérios e consultar particularidades do projeto e indicações do fabricante.



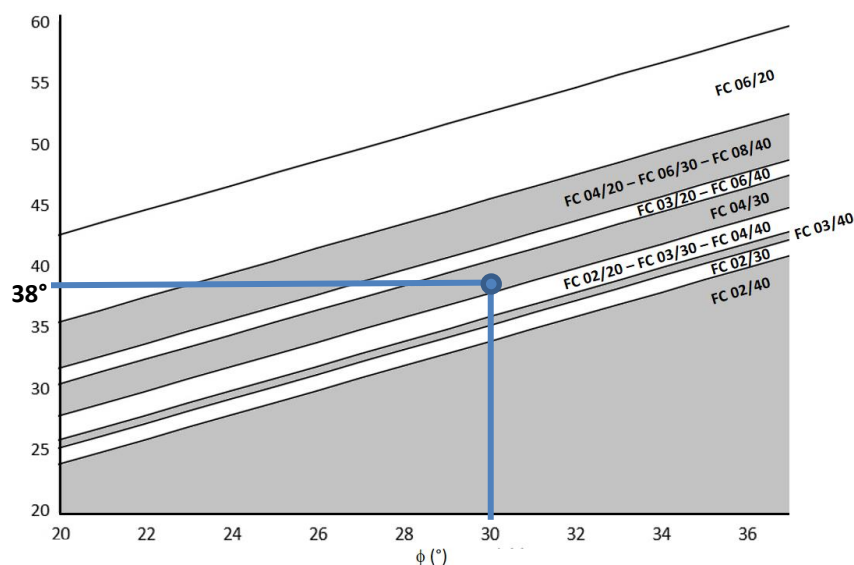
A altura da FortCell quando o preenchimento escolhido é o concreto deve ser encontrada em função das forças atuantes no talude, sendo o peso próprio a favor do escorregamento e o atrito juntamente com os mecanismos de ancoragem, contra. Isso ocorre porque neste caso as geocélulas exercem o papel de forma para o concreto.

Exemplo

Temos um talude com inclinação de 38° (aproximadamente 1,3:1), que está sofrendo processo de erosão. A solução estudada consiste na aplicação de geocélula preenchida com material granular com ângulo de atrito interno de 30°.

Ao colocar essas informações no gráfico, obtemos que para este caso, a geocélula mais adequada seria:

FC 04/30
Altura: 10cm
Abertura: 27cm



Revestimento de canais

A escolha do material de preenchimento para essa aplicação, entre outros fatores, pode ser direcionada pela velocidade que água percorre os taludes, como mostra a tabela a seguir:

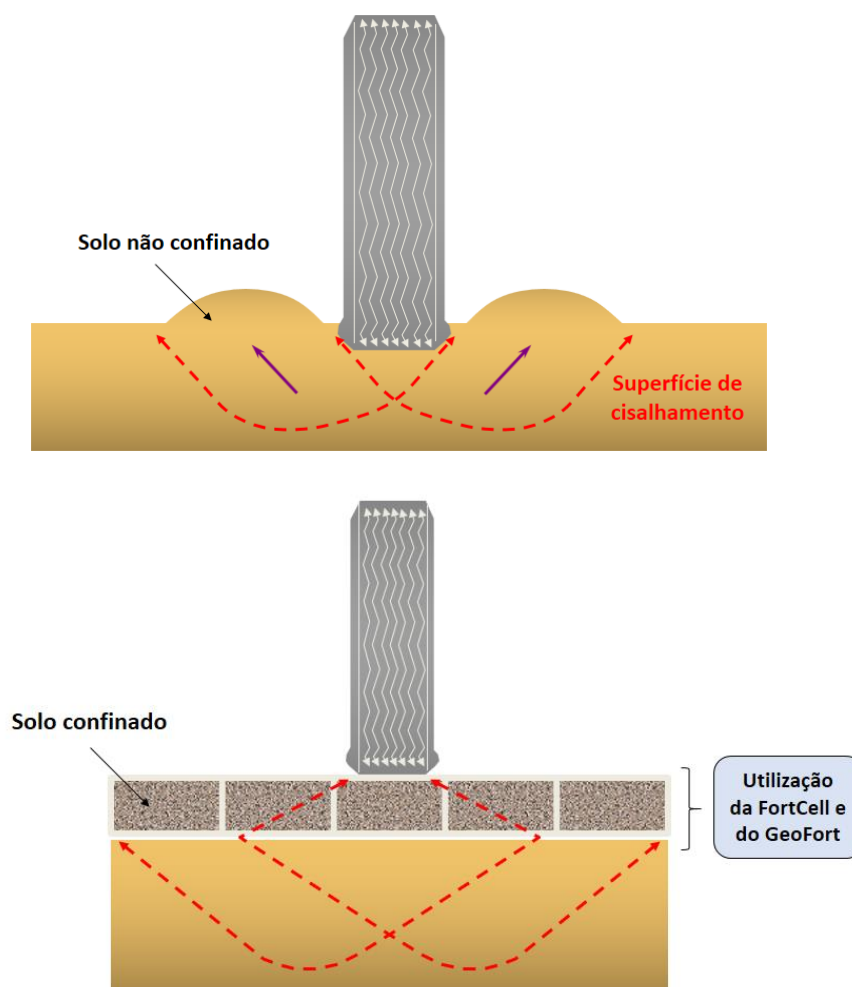
Material de preenchimento	Velocidade de escoamento/fluxo	Observação
	(m/s)	
Vegetação *	< 6,0	duração do pico do fluxo menor que 24 horas
	< 4,5	duração do pico do fluxo menor que 48 horas
Material granular	< 1,0	brita graduada
	< 2,0	brita de 38mm
	< 3,0	brita de 125mm
	> 3,5	não é recomendado o preenchimento com material granular para essa velocidade
Concreto	$1,8 < V < 6,0$	geocélula de 7,5cm de altura
	$6,0 < V < 7,0$	geocélula de 10cm de altura
	> 7,0	geocélulas de 15cm e 20cm de altura
* usada apenas em taludes do canal acima do nível d'água máximo		

7. DIMENSIONAMENTO

Para o correto dimensionamento do uso da FortCell podemos dividir em duas funções principais: suporte de cargas e revestimento de taludes.

Para o suporte de cargas, temos que o funcionamento das geocélulas está diretamente relacionado ao grau de compactação do solo do interior das mesmas. A geocélula funciona como uma forma, que acondiciona o solo compactado, confinando-o e criando consequentemente um sistema de reforço através da distribuição de cargas de forma mais efetiva. A superfície de ruptura que se desenvolveria devido a aplicação de carga em um solo sem reforço sofre a interferência das paredes desse geossintético, sendo necessário que o solo confinado supere o atrito com as paredes e puncione a camada inferior não confinada.

É preciso, portanto, conhecer as características e a resistência do solo local e das camadas adjacentes e também a carga a ser aplicada, para definir o material de preenchimento, o ganho de resistência e a distribuição das tensões.



Um sistema de drenagem eficiente deve ser previsto, pois colabora com os mecanismos de resistência ao retirar a água do solo que, se presente na camada não

compactada, poderia causar subpressão que estaria atuando no sentido favorável a ruptura. Informações sobre o nível d'água são fundamentais.

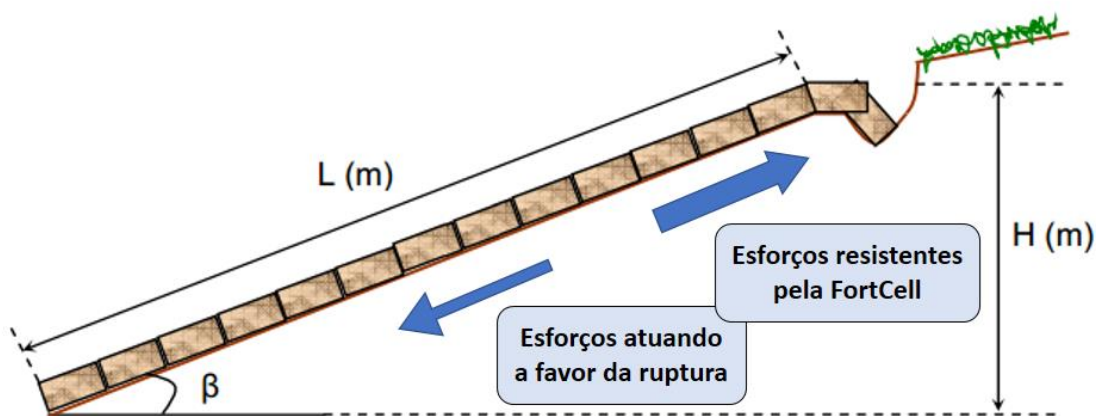
O dimensionamento de uma proteção de talude com o emprego da geocélula consiste em:

- Calcular a estabilidade do sistema sobre o talude;
- Determinar o comprimento de ancoragem.

Para isso, os dados necessários são:

- Geometria do talude – altura e ângulo de inclinação;
- Propriedades dos materiais de fundação (talude) – ângulo de atrito na superfície, resistência do solo, etc;
- Propriedades dos materiais de preenchimento da FortCell - ângulo de atrito, coesão, peso específico, etc;
- Nível d'água no talude.

Assim, pode-se encontrar uma solução que supere os esforços atuantes no talude e, portanto, o proteja, impedindo erosões e desabamentos.



8. OPÇÕES DE FORTCELL

A FortCell pode ser produzida com diferentes alturas que variam de 5,0 cm a 20,0 cm e cada altura possui três opções de aberturas. As variações entre os produtos visam atender a diferentes especificações de projeto, fornecendo a melhor solução.

Altura	Abertura das células
cm	cm
5,0	18 x 18
	27 x 27
	36 x 36
7,5	18 x 18
	27 x 27
	36 x 36
10,0	18 x 18
	27 x 27
	36 x 36
15,0	18 x 18
	27 x 27
	36 x 36
20	18 x 18
	27 x 27
	36 x 36

9. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A seguir estão apresentadas as especificações técnicas de cada opção de FortCell disponível.

 FORTCELL FC 02			
PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Geocélula - FortCell			
Resistência à Tração Faixa Larga do geotêxtil	ABNT NBR 10319	kN/m	26
Alongamento		%	≥ 50
Resistência à Tração das Emendas	ABNT NBR 10321	N	900
Massa por unidade de área das tiras	ABNT NBR 12568	g/m ²	500
Resistência UV (500h)	ASTM D 4355	%	> 70
Informações Adicionais – FC 02/20			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	5,0
Abertura das células		cm	18 x 18
Informações Adicionais – FC 02/30			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0

Altura das células		cm	5,0
Abertura das células		cm	27 x 27
Informações Adicionais – FC 02/40			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	5,0
Abertura das células		cm	36 x 36

 FORTCELL FC 03			
PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Geocélula - FortCell			
Resistência à Tração Faixa Larga do geotêxtil	ABNT NBR 10319	kN/m	26
Alongamento		%	≥ 50
Resistência à Tração das Emendas	ABNT NBR 10321	N	1350
Massa por unidade de área das tiras	ABNT NBR 12568	g/m ²	500
Resistência UV (500h)	ASTM D 4355	%	> 70
Informações Adicionais – FC 03/20			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	7,5
Abertura das células		cm	18 x 18
Informações Adicionais – FC 03/30			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	7,5
Abertura das células		cm	27 x 27
Informações Adicionais – FC 03/40			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	7,5
Abertura das células		cm	36 x 36

 FORTCELL FC 04			
PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Geocélula - FortCell			
Resistência à Tração Faixa Larga do geotêxtil	ABNT NBR 10319	kN/m	26
Alongamento		%	≥ 50

Resistência à Tração das Emendas	ABNT NBR 10321	N	1800
Massa por unidade de área das tiras	ABNT NBR 12568	g/m ²	500
Resistência UV (500h)	ASTM D 4355	%	> 70
Informações Adicionais – FC 04/20			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	10,0
Abertura das células		cm	18 x 18
Informações Adicionais – FC 04/30			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	10,0
Abertura das células		cm	27 x 27
Informações Adicionais – FC 04/40			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	10,0
Abertura das células		cm	36 x 36

 FORTCELL FC 06			
PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Geocélula - FortCell			
Resistência à Tração Faixa Larga do geotêxtil	ABNT NBR 10319	kN/m	26
Alongamento		%	≥ 50
Resistência à Tração das Emendas	ABNT NBR 10321	N	2700
Massa por unidade de área das tiras	ABNT NBR 12568	g/m ²	500
Resistência UV (500h)	ASTM D 4355	%	> 70
Informações Adicionais – FC 06/20			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	15,0
Abertura das células		cm	18 x 18
Informações Adicionais – FC 06/30			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	15,0
Abertura das células		cm	27 x 27
Informações Adicionais – FC 06/40			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0

Altura das células		cm	15,0
Abertura das células		cm	36 x 36

 FORTCELL FC 08			
PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Geocélula - FortCell			
Resistência à Tração Faixa Larga do geotêxtil	ABNT NBR 10319	kN/m	26
Alongamento		%	≥ 50
Resistência à Tração das Emendas	ABNT NBR 10321	N	3700
Massa por unidade de área das tiras	ABNT NBR 12568	g/m ²	500
Resistência UV (500h)	ASTM D 4355	%	> 70
Informações Adicionais – FC 08/20			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	20,0
Abertura das células		cm	18 x 18
Informações Adicionais – FC 08/30			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	20,0
Abertura das células		cm	27 x 27
Informações Adicionais – FC 08/40			
Dimensão dos painéis		m	2,6 x 6,0
Altura das células		cm	20,0
Abertura das células		cm	36 x 36

A Ober mantém uma equipe de engenheiros especializados em geossintéticos à disposição para auxiliar em projetos e obras com a utilização da FortCell.

10. REFERÊNCIAS

- Koerner, R. M. (1994) – “Designing with Geosynthetics, Prentice-Hall.
- Meneses, L. A. (2004). Utilização de geocélulas em reforço de solo mole. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.
- Richardson G. N. (2004). Geocells, a 25-year perspective. Part 2: channel control erosion and retaining walls. GFR magazine. Outubro/novembro. p. 22 - 27.
- <http://geoacademy.com.br>