

1. Dados *e-Bidim* #098

e-Bidim #	098
Data	15/09/2008
Tema	Caso de Obra
Assunto	Geoweb e Manta Geotêxtil <i>Bidim</i> como elemento de revestimento nas descidas de águas pluviais no aterro sanitário da Estre Ambiental S/A.
Local	Paulínia – SP
Geossintético	<p>Geoweb GW40V4</p> <ul style="list-style-type: none">• GEOCÉLULA DE PEAD TEXTURIZADO E PERFURADO - DIMENSÃO DAS CÉLULAS DE 47,5CM X 50,8CM E ALTURA DE 10CM - JUNTAS SOLDADAS POR ULTRA-SOM COM RESISTÊNCIA MINIMA DE 1420N <p>Geoweb GW20V8</p> <ul style="list-style-type: none">• GEOCÉLULA DE PEAD TEXTURIZADO E PERFURADO - DIMENSÃO DAS CÉLULAS DE 22,4CM X 25,9CM E ALTURA DE 20CM - JUNTAS SOLDADAS POR ULTRA-SOM COM RESISTÊNCIA MINIMA DE 2840N <p>Manta Geotêxtil <i>Bidim</i> RT-10</p> <ul style="list-style-type: none">• MANTA GEOTEXTIL NAO TECIDO, 100% POLIÉSTER COM RESISTENCIA TRAÇÃO LONGITUDINAL MINIMA DE 10 KN/M E TRAÇÃO TRANSVERSAL MINIMA DE 09 KN/M
Descrição	<p>O problema: Criar solução alternativa para o sistema de drenagem de águas pluviais do aterro sanitário.</p> <p>A solução: Utilizar Manta Geotêxtil <i>Bidim</i> RT-10 e Geoweb canalizando e encaminhando as águas pluviais, visando manter a estabilidade do solo de cobertura do aterro.</p> <p>Vantagens: Em resumo, destacam-se as seguintes vantagens do sistema Geoweb como elemento de revestimento em descidas de águas nos aterros:</p> <ul style="list-style-type: none">• Retenção eficaz do material de preenchimento;• Rapidez de execução, com uma produtividade média de 40m²/homem-dia;

	<ul style="list-style-type: none">• Limpeza e organização durante a execução da obra;• Flexibilidade do revestimento, permitindo que acompanhe os recalques do aterro;• Custo comparativamente inferior às soluções tradicionais.
Quantidade por descida	83,20m ² de Geoweb GW40V4 (canalização). 8,32m ² de Geoweb GW20V8 (ombreiras).
Data de execução	Agosto de 2008.
Proprietário	Estre Ambiental S.A.
Projetista	CEG Engenharia S/C. Ltda.
Construtora	Equipe de manutenção do aterro da Estre
Distribuidor	Casa D'Água Tecnologia para Construção

2. Introdução

Projeto – Descrição do sistema de drenagem

O trecho em rampa consiste nas seguintes camadas, de cima para baixo:

- Geocélula denominada Geoweb GW40V4 ou GW30V4, com 10cm de altura, abertura de células de 45cm ou 35cm e preenchida com brita 4.
- Manta Geotêxtil **Bidim** RT-10, com resistência à tração de 10kN/m na direção longitudinal.
- Membrana de PEAD com 150 a 200µm de espessura.
- 20cm de solo argiloso compactado
- Solo de cobertura do resíduo

As pedras são fixadas no interior da geocélula através de uma tela metálica cujos fios são revestidos com PVC.

A geocélula foi fixada no talude através de grampos metálicos com taxa aproximada de 2 grampos/m² de geocélula. Os grampos possuem 10mm de diâmetro e comprimento total de 80cm. Após a dobra, os grampos possuem um comprimento retilíneo de cerca de 70cm.

O trecho em rampa possui o formato aproximado de um canal trapezoidal, com profundidade da ordem de 20 a 25cm e taludes laterais entre 1V:2H e 1V:4H.

3. Fotos



Foto 1- Início da Instalação da Manta Geotêxtil **Bidim** RT-10 e Geoweb.



Foto 2- Manta Geotêxtil **Bidim** RT-10 e Geoweb pronto para enchimento.

Mexichem Bidim Ltda.

Rua Pedro Rachid, 801 • São José dos Campos • SP • Brasil • Cep: 12211-180

Tel. +55 12 3946-4600 • Fax. +55 12 3946-4677 • www.bidim.com.br



Foto 3 – Início do preenchimento com brita 4.



Foto 4 – Prenchimento com brita 4, quase finalizado.



Foto 5 – Preenchimento com brita 4, finalizado.



Foto 6 – Início da ombreira com Geoweb GW20V8 .



Foto 7 - Vista da descida, já com a tela metálica sobre a Geoweb.



Foto 8 - Vista lateral da descida.



Foto 9 - Vista da descida finalizada.

4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

4.1. Geometria

A Figura 1 mostra a seção típica do canal em geocélula.

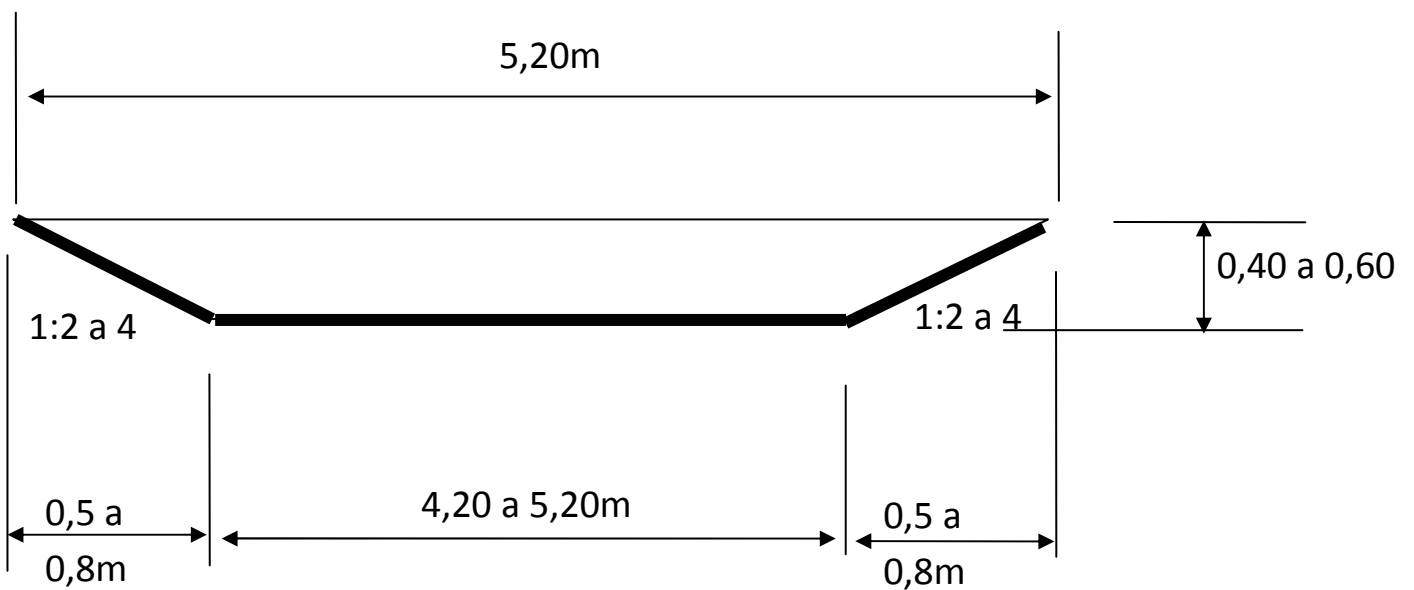


Figura 1: Seção típica do canal em geocélula.

A Área da Seção Transversal A, o Perímetro Molhado e o Raio Hidráulico, são determinados como segue:

Limite superior:

$$A=1,18\text{m}^2$$

$$P=5,31\text{m}$$

$$R_h=0,22\text{m}$$

Limite inferior

$A=0,88\text{m}^2$

$P=5,30\text{m}$

$R_h=0,17\text{m}$

4.2. Vazão de Contribuição

A vazão de contribuição Q é dada pela expressão:

$$Q = C.i.A$$

Onde:

C = coeficiente de infiltração, adotado como unitário (superfície impermeável)

i = precipitação máxima em mm/h

A = área de contribuição

O valor de i , em mm/h, é calculado de acordo com a expressão

$$i = \frac{2525.T_R^{0,1359}}{(t + 20)^{0,9483.T_R^{-0,007}}}$$

Onde:

T_R = período de retorno, adotado 100 anos

t = tempo de precipitação, adotado 5 minutos

Para estes valores, resulta:

$i=246\text{mm/h}$

Para uma comparação, apresenta-se a fórmula para a cidade de São Paulo:

$$i = \frac{1678.T_R^{0,112}}{(t + 15)^{0,86}.T_R^{-0,0144}}$$

Resultando $i=255\text{mm/h}$

Considerando-se uma área $A=31.000\text{m}^2$, fornecida pela Estre, determina-se uma vazão de contribuição da ordem de:

$Q=2,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Esta será a vazão considerada no dimensionamento do canal.

4.3. Vazão Admissível do Canal

De acordo com a formulação de Chezy, a velocidade da água no canal, v , é dada por:

$$v = \frac{Rh^{2/3} \cdot s^{0,5}}{n}$$

Onde:

Rh=raio hidráulico

s=declividade do canal, considerada como sendo 0,5

n=rugosidade

O valor de n pode ser estimado pela expressão:

$$n = 0,0152 D_{50}^{1/6}$$

Para o preenchimento com brita 4, em que $D_{50}=75\text{mm}$, tem-se:

$$n=0,031$$

Portanto, para os valores de Rh, os valores da velocidade da água no canal são:

$$v=7,0 \text{ a } 8,3\text{m/s}$$

Mexichem Bidim Ltda.

Rua Pedro Rachid, 801 • São José dos Campos • SP • Brasil • Cep: 12211-180

Tel. +55 12 3946-4600 • Fax. +55 12 3946-4677 • www.bidim.com.br

Estes valores de v , combinados com os valores de A , resultam as vazões máximas no canal:

$Q=6,0$ a $10 \text{ m}^3/\text{s}$

Estes valores são superiores à vazão máxima estimada de contribuição de $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Portanto, a configuração do canal é aceitável.

A espessura da lâmina d'água, considerando-se este fluxo e sem considerar fluxo pela espessura da geocélula, é estimada como sendo de $6,0$ a $8,5 \text{ cm}$.

Se for considerado o fluxo de água pela camada de brita 4, a contribuição de área do colchão drenante é dada pelo produto da porosidade da brita (da ordem de 25%) multiplicada pela espessura do colchão (10 cm), ou seja, de $2,5 \text{ cm}$. Desta forma, a espessura máxima da lâmina d'água, nesta situação, será da ordem de $4,0$ a $6,0 \text{ cm}$.

Para permitir a vazão de água pela parede das geocélulas, as paredes deverão ser perfuradas, com área perfurada equivalente à porosidade da brita, isto é, da ordem de 25%.

4.4. Velocidade Crítica e Número de Froude

O número de Froude é dado por:

$$Fr = \frac{Q}{A \cdot (g \cdot y)^{0,5}}$$

Onde:

Q=vazão (2,0m³/s)

A=área

g=aceleração da gravidade

y=profundidade do fluxo (da ordem de 6,0 a 8,0cm)

Determina-se Fr da ordem de 3,0 a 5,5, ou seja, superiores a 1,0, o que mostra condição de fluxo supercrítica (elevadas velocidades de fluxo).

O Anexo 2 apresenta curvas de velocidade crítica em função do diâmetro do agregado e condições de preenchimento. A velocidade crítica é, no máximo, da ordem de 3m/s para raios hidráulicos de pequeno valor, que é o caso da obra em questão. Como as velocidades determinadas são muito superiores a este valor (item 3.3, de 7 a 8m/s), poderá ocorrer, nas chuvas excepcionais, esvaziamento parcial das geocélulas. Caso esta situação não seja aceitável, recomenda-se a fixação do agregado com tela metálica.

5. VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE AO DESLIZAMENTO

Para a verificação da estabilidade ao deslizamento emprega-se a formulação apresentada no Anexo 3. Alguns exemplos de resultados encontram-se no mesmo Anexo.

Para o equilíbrio de esforços, consideram-se o peso específico submerso da brita e as forças de percolação.

A tensão de percolação τ_p é dada pela expressão;

$$\tau_p = \gamma_a \cdot y \cdot \text{sen } \alpha$$

Onde:

γ_a = peso específico da água = 10kN/m³

y = espessura da geocélula = 10cm

$\text{sen } \alpha$ = inclinação do talude

Desta forma:

$$\tau_p = 0,45\text{kPa}$$

Além dos esforços tangenciais devido ao peso próprio, devem ser considerados também os efeitos tangenciais τ_0 do fluxo de água acima do topo da geocélula. Estes esforços podem ser estimados pela expressão:

$$\tau_0 = \gamma_a \cdot y \cdot i$$

Onde:

γ_a = peso específico da água = 10kN/m³

y = prof. da lâmina d'água

i = declividade do canal

Para as condições em questão, nas quais a espessura máxima da lâmina d'água é da ordem de 4,0 a 6,0cm, determina-se a tensão tangencial e a tensão de percolação como sendo:

$\tau_0 = 0,2$ a $0,3$ kPa.

Esta tensão deve ser somada à tensão tangencial de peso próprio e de percolação para a determinação da densidade dos grampos.

Para a análise do grampeamento, considera-se como crítica a interface membrana de PEAD – solo argilos, para a qual o ângulo de atrito é da ordem de 7 a 8 graus.

Caso seja empregada uma membrana texturizada, a interface crítica passa a ser o contato entre o geotêxtil e o solo argiloso, para a qual o ângulo de atrito é da ordem de 18 graus.

Não se dispõe de resultados de ensaios de cisalhamento direto para o solo argiloso em que estará imerso o grampo. Por este motivo, adota-se a seguinte faixa de valores para os parâmetros de resistência:

Coesão = 15kPa a 25kPa

Ângulo de atrito = 22 a 26 graus.

Mexichem Bidim Ltda.

Rua Pedro Rachid, 801 • São José dos Campos • SP • Brasil • Cep: 12211-180

Tel. +55 12 3946-4600 • Fax. +55 12 3946-4677 • www.bidim.com.br

Recomenda-se que estes valores sejam determinados através de ensaios específicos.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das análises, considerando-se aceitável um valor de FS mínimo de 1,4. Os comprimentos de grampos correspondem ao comprimento imerso no solo de apoio da geocélula.

Tabela 1: Interface em Membrana PEAD Lisa

Parâmetros de resistência do solo argiloso	Diâmetro dos grampos (mm)	Comprimento do grampo (mm)	Espaçamento dos grampos	FS
c=15kPa e $\phi=22^\circ$	10,0	800	1 célula horizontal x 1 célula vertical	1,61
	12,5	1000	1 célula horizontal x 2 células vertical	1,41
c=15kPa e $\phi=26^\circ$	12,5	950		1,44
c=25kPa e $\phi=22^\circ$	10,0	900		1,43
c=25kPa e $\phi=26^\circ$	10,0	850		1,44

Tabela 2: Interface crítica Geotêxtil-Solo argiloso (Membrana PEAD texturizada ou sem membrana de PEAD).

Parâmetros de resistência do solo argiloso	Diâmetro dos grampos (mm)	Comprimento do grampo (mm)	Espaçamento dos grampos	FS
c=15kPa e $\phi=22^\circ$	12,5	950	1 célula horizontal x 2 células vertical	1,46
c=15kPa e $\phi=26^\circ$	12,5	900		1,47
c=25kPa e $\phi=22^\circ$	10,0	850		1,47
c=25kPa e $\phi=26^\circ$	10,0	800		1,48

Os grampos deverão ser galvanizados.

6. CONCLUSÕES

Apresentam-se as seguintes conclusões do estudo do canal em geocélulas:

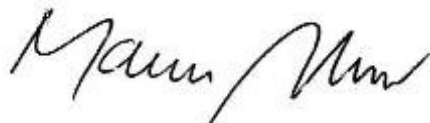
- a) A vazão máxima do canal estudado é da ordem de 6 a 10m³/s, superior à vazão de contribuição, estimada como sendo da ordem de 2m³/s.
- b) A velocidade das águas no canal em estudo é da ordem de 7 a 8,5m/s.
- c) Há necessidade de se ancorar as geocélulas com grampos metálicos para garantir a devida estabilidade ao deslizamento.
- d) Há necessidade de se fixar as pedras de preenchimento das geocélulas com tela metálica caso seja necessário evitar o seu esvaziamento parcial.
- e) O comprimento e o diâmetro dos grampos variam em função das propriedades geotécnicas (parâmetros de resistência ao cisalhamento) do solo em que os grampos estarão inseridos.

7. RECOMENDAÇÕES

Apresentam-se as seguintes recomendações para a execução do canal em geocélulas:

- a) Determinar a resistência ao cisalhamento do solo em que estarão imersos os grampos para confirmação das hipóteses adotadas neste dimensionamento.
- b) A favor da segurança, e de forma preliminar, poderá ser adotado o espaçamento e demais características de grampos correspondentes à situação mais desfavorável analisada: espaçamento a cada célula na horizontal e na vertical, diâmetro de grampos de 10mm e comprimento de grampos de 800mm.
- c) Os solos das bermas deverão ser compactados adequadamente, com controle de compactação.
- d) Recomenda-se que os grampos sejam galvanizados para evitar a sua degradação por corrosão.
- e) O canal deverá ter a sua capacidade hidráulica preservada além do trecho inclinado, ou seja, nas bermas intermediárias e nos trechos de transição e entrada para os canais subseqüentes. Desta forma, recomenda-se que as tubulações de transição entre canais subseqüentes permitam a plena vazão das águas que escoam pelos trechos inclinados dos canais.

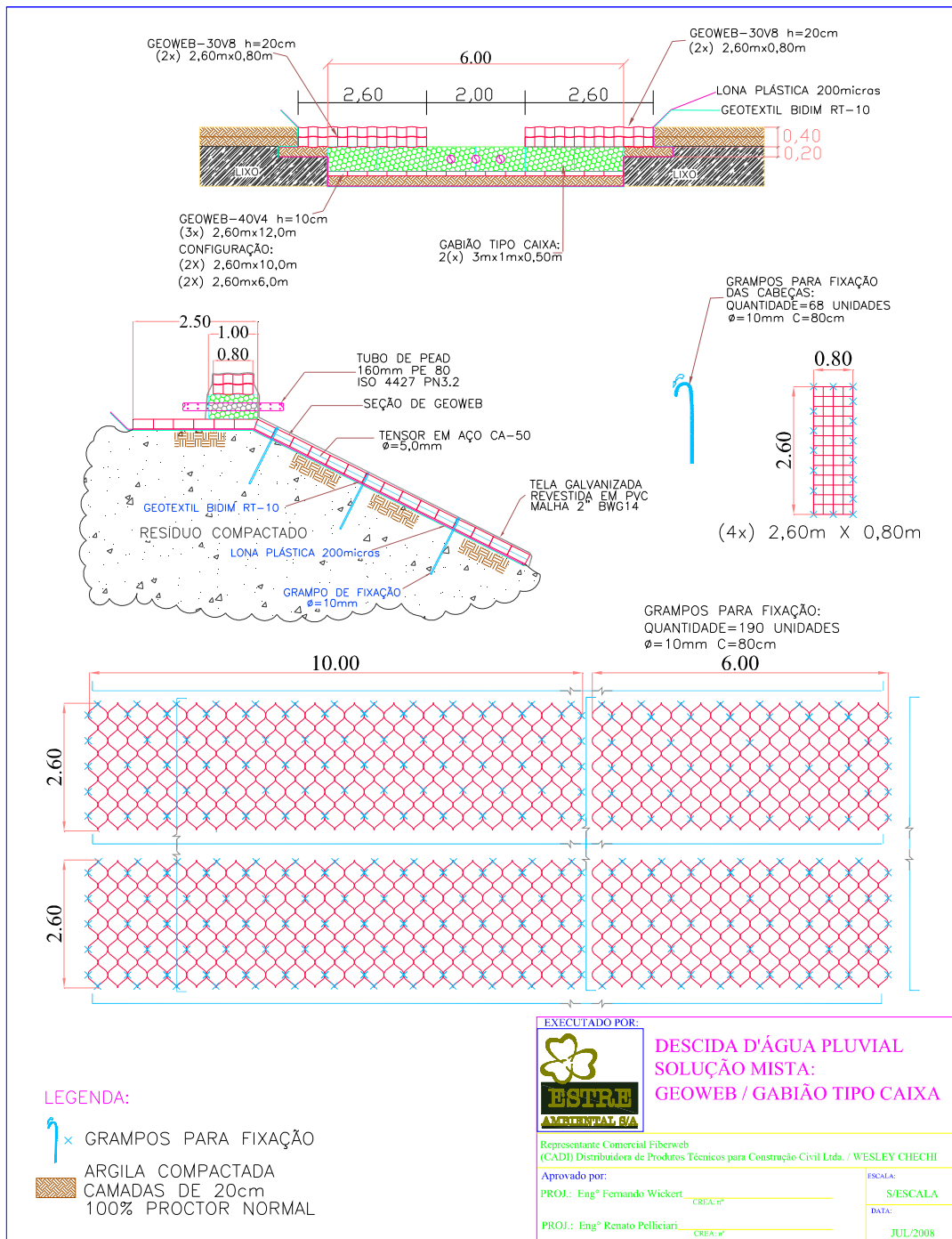
São Paulo, 1º de setembro de 2008.



Mauricio Abramento
Eng. Civil, PhD
CREA 0601490863

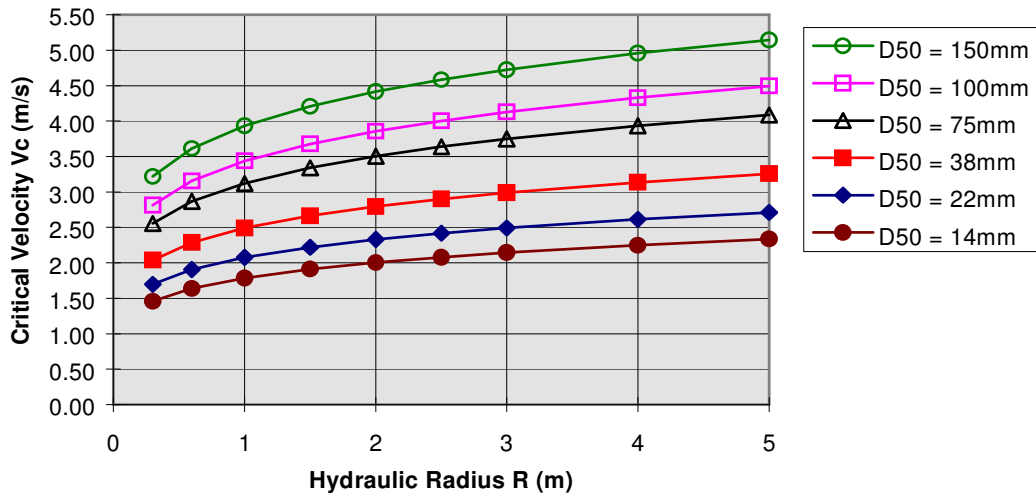
ANEXO 1

DESENHO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM

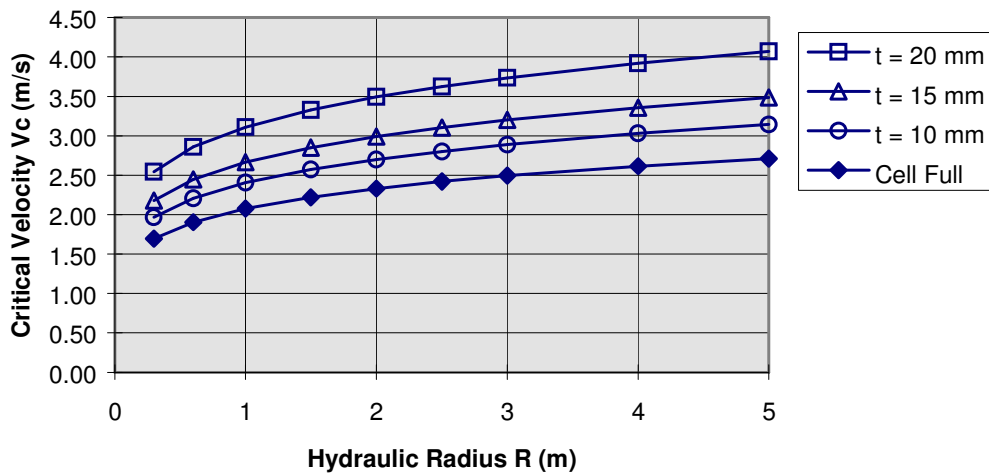


ANEXO 2

ÁBACOS DE VELOCIDADE CRÍTICA



Relationship between Critical Velocity, R and D_{50} with Cells Full
(Based on GW20V Cell Geoweb Sections)



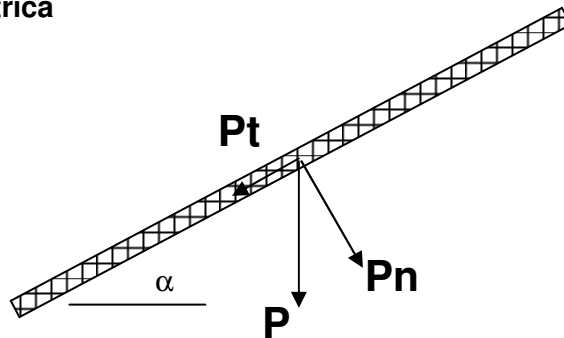
Influence of Cell Emptying on Critical Velocity ($D_{50} = 22\text{ mm}$)
(Based on GW20V Cell Geoweb Sections)

ANEXO 3

DIMENSIONAMENTO DO GRAMPEAMENTO DAS GEOCÉLULAS

Grampeamento Metálico de Geocélulas – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Configuração geométrica



O peso da geocélula por metro quadrado é dado por:

$$P = \frac{\gamma \cdot e}{1000}$$

Onde:

e = altura da geocélula em mm

γ = peso específico do material de preenchimento

As componentes tangencial P_t e normal P_n são dadas por:

$$P_t = P \cdot \text{sen} \alpha$$

$$P_n = P \cdot \text{cos} \alpha$$

O Fator de Segurança com relação ao deslizamento na interface, sem grampos, é dado por:

$$FS = \frac{P_n \cdot \text{tg} \phi}{P_t}$$

Onde ϕ = ângulo de atrito na interface

Caso FS seja inferior ao FS de projeto (normalmente 1,3), há necessidade de grampeamento.

Considerando-se grampos com comprimento total L, o comprimento enterrado L_e é dado por:

$$L_e = L - e$$

Onde e = altura da célula

O esforço passivo desenvolvido ao longo de um grampo é dado por:

$$T_p = 0,5 \cdot d \cdot K_p \cdot \gamma \cdot L_e^2 + 2 \cdot c \cdot d \cdot K_p^{0,5} \cdot L_e$$

Onde:

d =diâmetro do grampo

γ =peso específico do solo

$$K_p = \text{coeficiente de empuxo passivo} = \frac{(1 + \text{sen}\phi)}{(1 - \text{sen}\phi)}$$

Considerando-se um espaçamento de grampos ao longo do talude e_v e transversalmente ao talude e_t , a tensão devido ao grampeamento é dada por:

$$P_{\text{anc}} = \frac{T_p}{e_v \cdot e_t}$$

Finalmente, o Fator de Segurança com relação ao deslizamento na interface, com grampos, é dado por:

$$FS = \frac{P_{\text{anc}} + P_n \cdot \text{tg}\phi}{P_t}$$

Considera-se satisfatório um FS superior a 1,3.

A planilha a seguir apresenta os resultados de dimensionamento para o caso em análise.

Mexichem Bidim Ltda.

Rua Pedro Rachid, 801 • São José dos Campos • SP • Brasil • Cep: 12211-180

Tel. +55 12 3946-4600 • Fax. +55 12 3946-4677 • www.bidim.com.br

Caso 1: Ângulo de atrito = 8 graus

Cálculo das ancoragens

Projeto:	Estre	Data:					
Preparado por:	Maurício		3/9/2008				
Sistema Britânico ou Métrico (E or M)	M						
Inclinação do talude em graus	26,5	Talude (H:V)	Radianos	0,463	Coseno	0,895 (Cos) ²	0,801
Atrito na interface	8						
Geoweb (GW20V, GW30V or GW40V)	GW40V	Peso preench. (kN/m ²)	2,01				
Espessura (mm)	100						
Peso específico(kN/m ³)	10	Peso Cobertura (kN/m ²)	Espessura (m)	0,100			
Cobertura (mm)	0						
Peso Cobertura (kN/m ³)	0	Peso Total (kN/m ²)	Largura célula (ft)	1,67			
Preenchimento com	Brita 4		Largura célula (m)	0,508			
Esforços de fluxo	0,7		# células na largura	5			
Tração fatorada do Geoweb (kN/m)	1,4	Tração disponível	Largura da célula (in)	20,00			
Esforço instabilizador (kN/m ²)	1,1	Peso	Largura da célula (mm)	508			
Esforço estabilizador (kN/m ²)	0,1	Cisalhamento	Comprimento da célula	18,90			
Diferença (kN/m ²)	0,32		Comprimento da célula	479			
Fator de Segurança	0,11	Cisalhamento, Passivo/Sem ancoragem					

DETALHES DA ANCORAGEM

Diferença (kN/m ²)	0,32	Fatorada					
Max. Comprimento do Geoweb (m)	4,4	Sem ancoragem					
Max. Espaçamento Talude (mm)	4362						
Comprimento (mm)	1000						
Diâmetro (mm)	12,5						
Espaçamento no talude (#cél./mm)	1	479	OK				
Espaçamento horizontal (#cél./mm)	2	1016					
Ângulo de atrito do solo (graus)	22		Radianos	0,384	Coseno	0,927 (Cos) ²	0,860
Coesão do solo (kN/m ²)	15						
Peso Específico (kN/m ²)	20		Kp (Coesão)	2,20			
Kp (Coeficiente)	2,20		Kp (Sem coesão)	1,00			
Comprimento enterrado (m)	0,90		Kp (Análise)	2,20 Não utilizado			
Resistência da ancoragem (kN)	0,7	Ancoragem isolada	Tensão passiva	57,83 kN/m			
Resistência da ancoragem (kN/m ²)	1,49	Resultante líquida	Tensão passiva/ancoragem	0,72 kN			
Fator de Segurança	1,41	Cisalhamento, Passivo, Ancoragens					

RESUMO DE ANCORAGEM

Densidade ancoragens (ancoragens/m ²)	2,05
---	------

Mexichem Bidim Ltda.

Rua Pedro Rachid, 801 • São José dos Campos • SP • Brasil • Cep: 12211-180

Tel. +55 12 3946-4600 • Fax. +55 12 3946-4677 • www.bidim.com.br

Caso 2: Ângulo de atrito = 18 graus

Cálculo das ancoragens

Projeto:	Estre	Data:					
Preparado por:	Maurício		3/9/2008				
Sistema Britânico ou Métrico (E or M)	M						
Inclinação do talude em graus	26,5	Talude (H:V)	Radianos	0,463	Coseno	0,895 (Cos) ²	0,801
Atrito na interface	18						
Geoweb (GW20V, GW30V or GW40V)	GW40V	Peso preench. (kN/m ²)					
Espessura (mm)	100						
Peso específico(kN/m ³)	10	Peso Cobertura (kN/m ²)	Espessura (m)		0,100		
Cobertura (mm)	0						
Peso Cobertura (kN/m ³)	0	Peso Total (kN/m ²)	Largura célula (ft)		1,67		
Preenchimento com	Brita 4		Largura célula (m)		0,508		
Esforços de fluxo	0,7		# células na largura		5		
Tração fatorada do Geoweb (kN/m)	1,4	Tração disponível	Largura da célula (in)		20,00		
Esforço instabilizador (kN/m ²)	1,1	Peso	Largura da célula (mm)		508		
Esforço estabilizador (kN/m ²)	0,3	Cisalhamento	Comprimento da célula		18,90		
Diferença (kN/m ²)	0,16		Comprimento da célula		479		
Fator de Segurança	0,25	Cisalhamento, Passivo/Sem ancoragem					

DETALHES DA ANCORAGEM

Diferença (kN/m ²)	0,16	Fatorada					
Max. Comprimento do Geoweb (m)	9,0	Sem ancoragem					
Max. Espaçamento Talude (mm)	8993						
Comprimento (mm)	950						
Diâmetro (mm)	12,5						
Espaçamento no talude (#cel./mm)	1	479	OK				
Espaçamento horizontal (#cel./mm)	2	1016					
Ângulo de atrito do solo (graus)	22		Radianos	0,384	Coseno	0,927 (Cos) ²	0,860
Coesão do solo (kN/m ²)	15						
Peso Específico (kN/m ²)	20		Kp (Coesão)		2,20		
Kp (Coeficiente)	2,20		Kp (Sem coesão)		1,00		
Comprimento enterrado (m)	0,85		Kp (Análise)		2,20	Não utilizado	
Resistência da ancoragem (kN)	0,7	Ancoragem isolada	Tensão passiva		53,69	kN/m	
Resistência da ancoragem (kN/m ²)	1,38	Resultante líquida	Tensão passiva/ancoragem		0,67	kN	
Fator de Segurança	1,46	Cisalhamento, Passivo, Ancoragens					

RESUMO DE ANCORAGEM

Densidade ancoragens (ancoragens/m ²)	2,05
---	------

Mexichem Bidim Ltda.

Rua Pedro Rachid, 801 • São José dos Campos • SP • Brasil • Cep: 12211-180

Tel. +55 12 3946-4600 • Fax. +55 12 3946-4677 • www.bidim.com.br