

José Roberto de Campos Costa Junior

Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Padre Anchieta – Jundiaí, cursando mestrado pela Unicamp – Campinas e trabalhando no Departamento Técnico da Maccaferri do Brasil, responsável pelas soluções hidráulicas.

Gerardo Fracassi

Graduado em Engenharia Civil e Engenheiro Senior da Maccaferri do Brasil

Endereço: Avenida José Benassi, 2601 – Distrito Industrial – Jundiaí – SP - 13213-085 – Brasil – (11) 4525 5018 – josecosta@maccaferri.com.br

RESUMO

O trabalho visa apresentar os métodos de revestimento de canalizações e cursos de água em Gabiões, tais soluções são amplamente utilizadas mundialmente e apresentam vantagens e benefícios quando aplicadas para proteção contra processos erosivos de cursos de água. Este artigo exibirá as características das soluções em Gabiões quando aplicadas como soluções hidráulicas, tais características podem ser resumidas em permeabilidade, rugosidade e integração ambiental que o material apresenta quando é aplicado em proteções de margens e canalizações.

PALAVRAS CHAVE: Canalização, gabiões, colchões Reno®

1. INTRODUÇÃO

Obras de canalização e a proteção das margens dos cursos de água são construídas á dezenas de séculos, visto que, as antigas civilizações recorriam a estas obras para melhor conviver com os cursos de água, ou se proteger contra as erosões e alagamentos em quase todos os continentes.

Os materiais usados eram troncos ou tábuas de madeira e pedras soltas, sobrepostas, argamassadas ou contidas em gabiões de fibra vegetal.

Hoje as soluções e os materiais usados não mudaram muito, uma demonstração que nossos antepassados sabiam o que estavam fazendo. Pode-se confirmar esta afirmação observando as soluções presentes nos nossos córregos e rios, onde são verificadas somente algumas modificações nas soluções devido ao progresso que, permitiu a utilização de produtos mais resistentes como o muro em concreto, os gabiões de tela metálica e as estacas pranchas.

Vamos centralizar nossas observações em uma dessas soluções, os gabiões, que é mais usada nos dias de hoje.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens técnicas das soluções em Gabiões quando empregadas em soluções hidráulicas. Com as informações que serão expostas têm-se uma melhor visão de como uma solução hidráulica em Gabião trabalhará nos quesitos de rugosidade, permeabilidade e integração ambiental.

3. MATERIAL E MÉTODO

Os gabiões são canastras de tela metálica que, amarradas uma a outra e enchidas de pedras, permitem a construção desde muros de arrimo de vários metros de altura (Figura 1) à revestimentos de poucos centímetros de espessura (Figura 2).



Figura 1. Contenção em Gabiões



Figura 2. Proteção de margem em colchões Reno

Existem vários motivos que justificam a preferência desta solução, entre elas podemos elencar a permeabilidade (Figura 3), a rugosidade, a integração ambiental (Figura 4), a flexibilidade (Figura 5), a facilidade de construção em áreas submersas (Figura 6) e a possibilidade de ser usada na construção mão de obra não qualificada, por conseguinte têm-se um impacto muito positivo do ponto de vista social (Figura 7).



Figura 3. Permeabilidade do Gabião



Figura 4. Integração ambiental



Figura 5. Flexibilidade do gabião



Figura 6. Construção em área submersa



Figura 7. Ponto social

Dessas características supracitadas analisaremos somente as três primeiras: a permeabilidade, a rugosidade e a integração ambiental que, especialmente em âmbito urbano, são muitas vezes fatores decisivos na escolha da solução a ser adotada.

A permeabilidade dos gabiões é fruto da presença de pelo menos 25% de vazios nos mesmos, visto que, o material de preenchimento é composto por pedras rachão o que propicia espaços vazios dentro da peça. O vazio se transforma em uma via de escoamento da água presente no solo em direção ao curso de água no período de estiagem e vice-versa (Figura 8). Este movimento permite de um lado rebaixar o lençol freático e alimentar o rio, e de outro reduzir parte da sua vazão durante as enchentes. O gabião é a única solução dentre as disponíveis que possui esta característica.

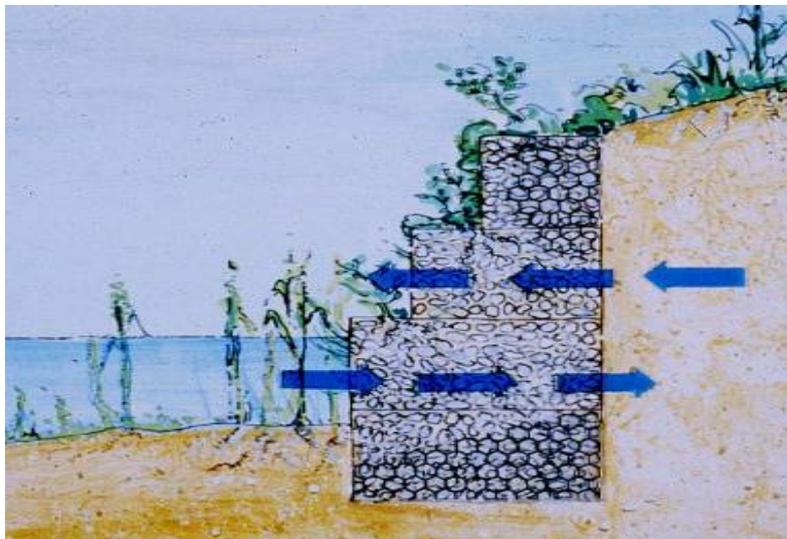


Figura 8. Passagem da água por dentro do Gabião

A rugosidade reduz a velocidade da água em comparação à outras soluções em concreto, com superfícies muito mais lisas. Como se pode observar na Tabela 1, a rugosidade dos gabiões, já muito elevada logo depois da construção da obra, e aumenta ainda mais com o passar do tempo devido ao crescimento da vegetação. Esta característica em alguns casos pode ser contraproducente, especialmente quando se quer aumentar a velocidade da água, neste caso é possível reduzir a rugosidade do gabião, aplicando um revestimento de argamassa, com o devido cuidado durante a execução, usar sarrafos de madeira colocados a distância de 2-3 m, com a finalidade de manter a espessura constante e, uma vez retirados depois da cura da argamassa, deixarão um espaço vazio que funcionará como barbacãs, permitindo também eventuais pequenos movimentos da estrutura.

Tabela 1: Rugosidades dos materiais

NATUREZA DO CANAL	n [s.m ^{1/3}]
Canais revestidos com colchões Reno® e recobertos com argamassa	0.0130
Canais revestidos com colchões Reno® enchidos com material bem selecionado e colocado na obra com muito cuidado.	0.0222
Canais revestidos com colchões Reno® enchidos com material bem selecionado e colocado na obra sem cuidado.	0.0250
Canais revestidos com colchões Reno® enchidos com material de pedreira não selecionado e colocado na obra sem cuidado.	0.0270
Canais revestidos com gabiões caixa enchidos com material bem selecionado e colocado na obra com cuidado.	0.0260
Canais revestidos com gabiões caixa enchidos com material não selecionado e colocado na obra sem cuidado.	0.0285
Alvenaria de pedra argamassada em boa condição	0.020
Alvenaria de pedra argamassada em má condição	0.030
Alvenaria de pedra aparelhada em boa condição	0.014
Alvenaria de pedra aparelhada em má condição	0.017
Alvenaria de pedra se caem boa condição	0.033

Alvenaria de pedra seca em má condição	0.035
Canais abertos em rocha (irregular)	0.040
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras em boa condição	0.030
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedra sem má condição	0.035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado em boa condição	0.030
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado em má condição	0.040
Canais com revestimento de concreto em boa condição	0.014
Canais com revestimento de concreto em má condição	0.018
Canais de terra (retilíneos e uniformes) em boa condição	0.020
Canais de terra (retilíneos e uniformes) em má condição	0.025
Superfícies de argamassa de cimento em boa condição	0.012
Superfícies de argamassa de cimento em má condição	0.015
Superfícies de cimento alisado em boa condição	0.011
Superfícies de cimento alisado em má condição	0.013
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes sem boa condição	0.028
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes em má condição	0.033
Igual anterior, porém c/ pedras e vegetação em boa condição	0.033
Igual anterior, porém c/ pedras e vegetação em má condição	0.040
Margens espreiadas, pouca vegetação em boa condição	0.060
Margens espreiadas, pouca vegetação em má condição	0.080
Margens espreiadas, muita vegetação em boa condição	0.100
Margens espreiadas, muita vegetação em má condição	0.150

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calculando a velocidade do escoamento em um canal trapezoidal, pode-se observar que, a mesma sofre uma redução de aproximadamente 40% ao mudar o material de revestimento de concreto para gabiões (vide Tabela 2).

Tabela 2: Dados hidráulicos das seções de Gabiões e Concreto

Declividade %	Vazão m ³ /s	Rugosidade Colchão Reno® s.m ^{1/3}	Rugosidade concreto s.m ^{1/3}	Velocidade média no Gabião m/s	Velocidade média no concreto m/s
0.5	15	0.027	0.014	2.51	4.14

O estudo mostra que, mesmo elevando o nível d'água o revestimento em gabiões pode atrasar o volume d'água à jusante, ou seja, se é considerado um trecho de 5 km revestidos por gabiões, a vazão que chegaria no ponto final desta extensão, seria atrasada em 13 minutos em relação ao revestimento de concreto

A integração ambiental do gabião se deve também ao alto índice de vazios entre as pedras. A terra e as sementes trazidas pela água ou pelo vento se depositam entre as pedras e em pouco tempo pode-se desenvolver uma vegetação similar a da margem natural. Isso permite o desenvolvimento de uma micro fauna que também reproduz as condições das margens naturais. A reprodução nos gabiões da situação natural foi confirmada em um estudo realizado na Itália entre os verões de 1993 e 1994 por pesquisadores da Universidade de Pavia. Durante a pesquisa foram examinadas sete obras em diferentes rios e torrentes italianos com idade entre 11 e 38 anos, com formas variadas (proteção longitudinal, revestimento de margem, espigões) e nelas foram recolhidas amostras da flora e fauna existente nos gabiões e nos colchões Reno®. As mesmas foram posteriormente identificadas, quantificadas e comparadas com outras existentes em outros lugares no mesmo rio chegando a conclusão que a presença dos gabiões tinha alterado muito pouco as características das margens originais. Foi verificado que as modificações foram devidas especialmente à implantação da obra (escavações, construção de estradas de acesso, corte de vegetação, etc.) e à eventuais alterações da seção original do curso de água. Na Figura 11 pode-se observar o desenvolvimento da vegetação da proteção de margem ao longo de 40 anos.

A Figura 10 apresenta os resultados hidráulicos obtidos através das análises realizadas no software Macra 1.

Title: Canalização
Description: Concreto

Folder:
Date: 07-05-2014

Notice
Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.

Run n.1										
Gradient [%]	0.50	Froude number		1.68						
Discharge [m3/s]	15.00	Cross section [m2]		3.43						
Water level [m]	0.99	Wetted perimeter [m]		5.55						
Average velocity [m/s]	4.37	Hydraulic radius [m]		0.62						
Stretch	Length [m]	V [m/s]	K	Vadm [m/s]	Vb [m/s]	Material	V	tau max [N/m2]	tau adm [N/m2]	GeoFil
1	3.61	3.00	1.00							
1.1	3.61			0.75		- Concreto	N	36.83	450.00	Y
4	2.00	5.39	1.00							
4.1	2.00			0.75		- Concreto	N	48.34	450.00	Y
7	3.61	3.00	1.00							
7.1	3.61			0.75		- Concreto	N	36.83	450.00	Y

Materials used							
Description	Roughness	Allow. shear stress [N/m2]	Rock d50 [m]	Thickness [m]	Rockfill unit weight [kN/m3]	Time [h]	C Shields
Concreto	0.0130						

MACRA1 2006

Title: Canalização
Description: Colchão Reno

Folder:
Date: 07-05-2014

Notice
Maccaferri is not responsible for the drawings and the calculations transmitted, since they should be intended as general design outlines and advice, aiming only to the best use of the products.

Run n.1										
Gradient [%]	0.50	Froude number		0.82						
Discharge [m3/s]	15.00	Cross section [m2]		5.99						
Water level [m]	1.44	Wetted perimeter [m]		7.19						
Average velocity [m/s]	2.51	Hydraulic radius [m]		0.83						
Stretch	Length [m]	V [m/s]	K	Vadm [m/s]	Vb [m/s]	Material	V	tau max [N/m2]	tau adm [N/m2]	GeoFil
1	3.61	1.81	1.00							
1.1	3.61			0.75		0.18 Reno mattress 0.23-0.25m	N	53.77	206.42	Y
4	2.00	3.25	1.00							
4.1	2.00			0.75		0.18 Reno mattress 0.23-0.25m	N	70.56	268.80	Y
7	3.61	1.81	1.00							
7.1	3.61			0.75		0.18 Reno mattress 0.23-0.25m	N	53.77	206.42	Y

Materials used							
Description	Roughness	Allow. shear stress [N/m2]	Rock d50 [m]	Thickness [m]	Rockfill unit weight [kN/m3]	Time [h]	C Shields
Reno mattress 0.23-0.25m	0.0277	268.80	0.12	0.23	26.00		0.140

Figura 10. Cálculo de estabilidade hidráulica

O estudo mostra que, mesmo elevando o nível d'água do canal, se consideramos uma distância percorrida pela água de 5 km, teremos uma defasagem de aproximadamente 13 minutos, para a mesma vazão do canal.

A integração ambiental do gabião se deve também ao alto índice de vazios entre as pedras. A terra e as sementes trazidas pela água ou pelo vento se depositam entre as pedras e em pouco tempo pode-se desenvolver uma vegetação similar a da margem natural. Isso permite o desenvolvimento de uma micro fauna que também reproduz as condições das margens naturais. A reprodução nos gabiões da situação natural foi confirmada em um estudo realizado na Itália entre os verões de 1993 e 1994 por pesquisadores da Universidade de Pavia. Durante a pesquisa foram examinadas sete obras em diferentes rios e torrentes italianos com idade entre 11 e 38 anos, com formas variadas (proteção longitudinal, revestimento de margem, espigões) e nelas foram recolhidas amostras da flora e fauna existente nos gabiões e nos colchões Reno®. As mesmas foram posteriormente identificadas, quantificadas e comparadas com outras existentes em outros lugares no mesmo rio chegando a conclusão que a presença dos gabiões tinha alterado muito pouco as características das margens originais. Foi verificado que as modificações foram devidas especialmente à implantação da obra (escavações, construção de estradas de acesso, corte de vegetação, etc.) e à eventuais alterações da seção original do curso de água. Na Figura 11 pode-se observar o desenvolvimento da vegetação da proteção de margem ao longo de 40 anos.



Figura 11. Integração ambiental ao longo dos anos

Na Figura 12 (VICARI, M. Double twist wire mesh products for the restoration of fluvial environments, Itália) pode-se observar um gráfico que apresenta a variação da qualidade da água (devido à intervenção no curso), ao longo do tempo (representado em anos). No período de construção, a qualidade da água cai de forma significativa, isto ocorre devido às escavações, cortes de vegetações, etc. Após o período de construção observa-se uma melhora gradativa da qualidade da água que ocorre até a recuperação do ecossistema natural.

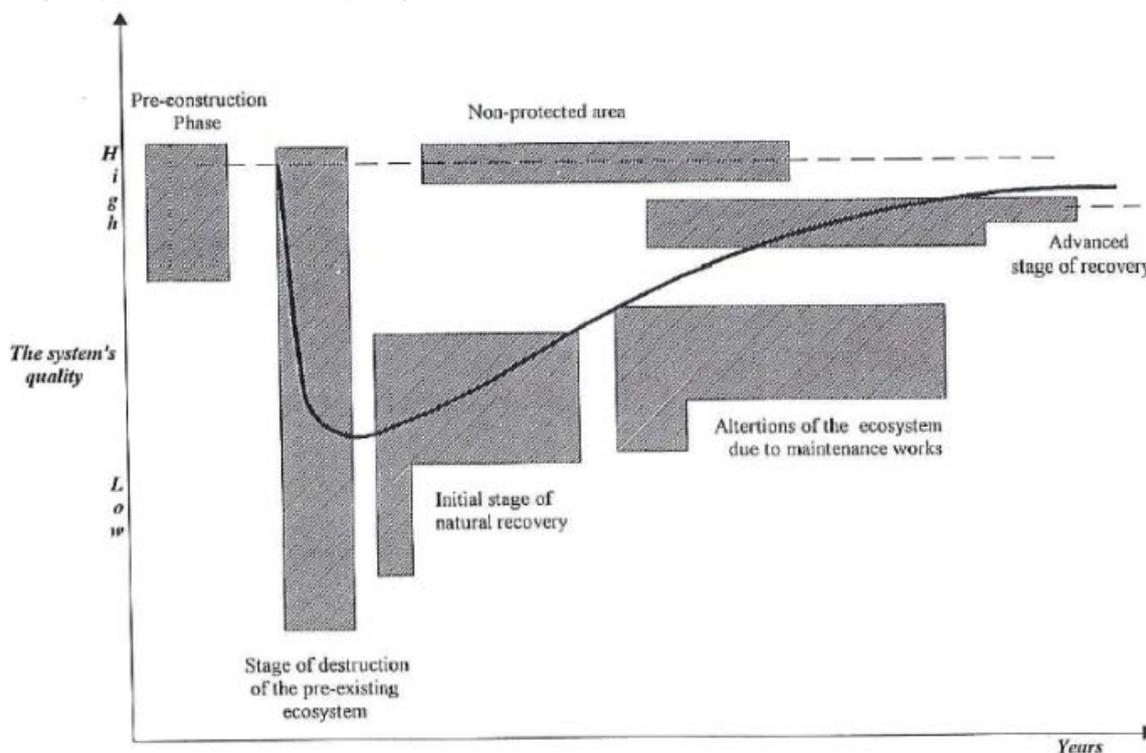


Figura 12. Gráfico de integração ambiental dos Gabiões

Nos casos onde o crescimento da vegetação é dispensado, faz-se necessário um revestimento em argamassa sobre a face dos gabiões, respeitando os cuidados já mencionados.

4. CONCLUSÃO

Ao juntar estas três características dos gabiões teremos em mãos um formidável instrumento que permitirá ao mesmo tempo não interferir com a alimentação do lençol freático, oferecer um visual natural e manter as características do curso de água protegendo ao mesmo tempo as margens das erosões.

Devido a redução da velocidade da água, provocada pela rugosidade dos gabiões (quando comparado a superfícies de concreto), será atrasado e reduzido o hidrograma de defluxo das águas. O pico da cheia, ao ser adiado e reduzido, ajudará a diminuir os efeitos da cheia à jusante na desembocadura no canal coletor principal.

Ao mesmo tempo, a turbulência provocada pela rugosidade do gabião e a presença da vegetação que pode nascer dentro do mesmo, podem contribuir para melhorar a qualidade da água aumentando a oxigenação da mesma.

5. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se uma maior abrangência de critérios para a especificação de uma solução hidráulica em projeto, tais critérios devem estudar a integração ambiental da solução, validando o seu baixo impacto ambiental, estudar os impactos ambientais que tal solução gerará na bacia hidrográfica, assim como os métodos executivos de tal solução.

REFERÊNCIAS

1. VICARI, M. Double twist wire mesh products for the restoration of fluvial environments, Itália, 1994.