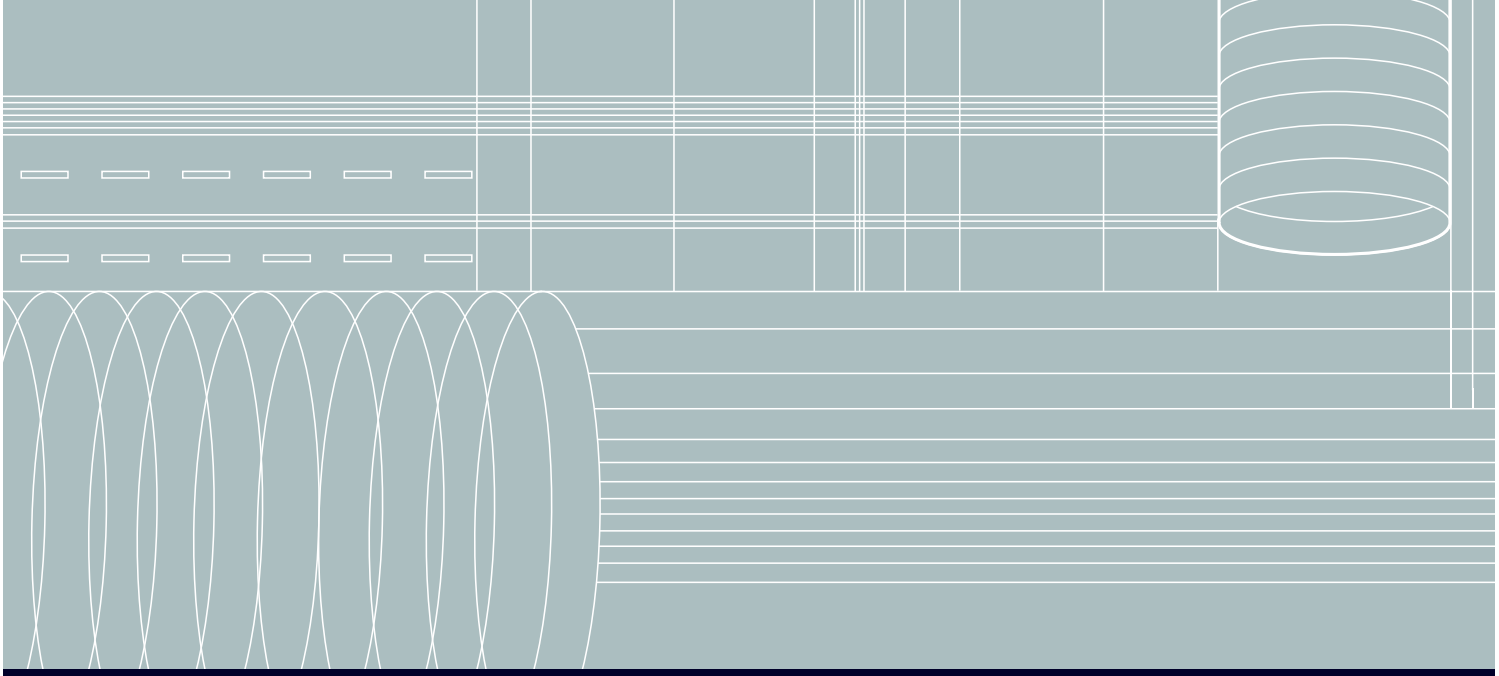
TUNNEL LINER







ARMCO STACO



TUNNEL LINER

VANTAGENS DO MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO ____ 4
TL CIRCULAR ____ 4
FORMAS GEOMÉTRICAS ____ 5
TL 460 ____ 5
TL 500 ____ 5
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ____ 6
DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO ____ 6
DURABILIDADE ____ 7
METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO ____ 9
NORMAS TÉCNICAS ____ 10

ARMCO STACO

TUNNEL LINER – CONSTRUA TRAVESSIAS PELO MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO

Muitas vezes, instalar uma placa pedindo desculpas pelo transtorno não é suficiente para minimizar o prejuízo social e econômico causado por uma obra que desvia o trânsito, suja as ruas e gera engarrafamentos.

Pensando nisso, a ARMCO STACO desenvolveu através de tecnologia exclusiva, o método não-destrutivo TUNNEL LINER, amplamente utilizado em milhares de obras no Brasil e no exterior. É a solução mais simples, versátil, econômica e segura para abertura de túneis, sem interferir na superfície, nem no tráfego.

TUNNEL LINER é a solução ideal para a execução de túneis de pequenos e médios diâmetros (1,20m a 5,00m) na forma circular, e túneis com dimensões variadas nas formas de elipse, lenticular, arco e passagens de veículos/pedestres, podendo ser implantado em diversos tipos de solo.

O TUNNEL LINER oferece dois modelos: o tradicional TL460 e o inovador TL500, desenvolvido para aumentar ainda mais a produtividade das obras. Para escolher a opção mais adequada às exigências do seu projeto, consulte um agente ARMCO STACO.

PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Ao longo de várias décadas de uso do TUNNEL LINER em obras subterrâneas no Brasil e em outras regiões do mundo, foram desenvolvidas muitas técnicas para sua implantação em diversos tipos de solo, sob várias condições de serviço:

- Galerias de drenagem pluvial e esgoto;
- Passagens de pedestres e veículos;
- Aplicações em obras metroviárias;
- Aplicações em mineração;
- Recuperação de galerias obstruídas ou deterioradas;
- Tubos camisa para proteção mecânica de tubulações de água, esgoto, combustíveis e demais instalações;
- Canalização de córregos;
- Reforço estrutural para túneis.





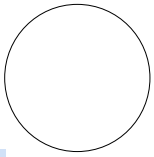
VANTAGENS DO MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO (MND) - TUNNEL LINER

A técnica executiva de implantação do TUNNEL LINER emprega chapas de aço corrugado de fácil manuseio, o que permite escavações com avanço modular de 46 cm ou 50 cm. Com área reduzida de solo exposto, este sistema oferece um espaço seguro aos trabalhadores na frente de escavação. Escoras metálicas para garantir a forma geométrica durante a montagem, bem como apoiar escudos frontais, podem ser fixadas nos flanges das chapas de revestimento para reduzir riscos de deformações e desmoronamentos.

Justamente por ser um sistema de montagem simples, no qual a união das chapas de aço corrugado se dá através de parafusos, o aumento de produtividade em sua obra é significativo. Afinal, a cada novo segmento do túnel montado, é possível a imediata escavação para o anel seguinte sem haver a necessidade de interromper ou paralisar os serviços.

O TUNNEL LINER é um sistema de revestimento com chapas de aço aparafusadas. Por isso mesmo, permite abertura de janelas e adaptações dentro do túnel para contornar ou eliminar interferências não cadastradas que possam surgir durante a execução. Tudo isso faz do TUNNEL LINER Armco Staco um produto único, cujo método não-destrutivo (MND) é o mais econômico, seguro e versátil do mercado.

TL CIRCULAR



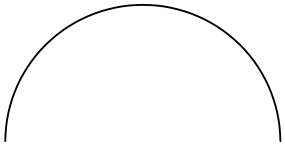
				ALTURA DE ATERRO (m)										
Diâmetro (m)	Área (m^2)	Perímetro (m)	Mínima	Máxima										
				Rodovia						Ferrovia				
			Rodovia	Espessura (mm)						Espessura (mm)				
			Ferrovia	2.2	2.7	3.4	3.9	4.7	6.5	2.7	3.4	3.9	4.7	6.5
1.20	1.13	3.77	1.20	9.00	12.90	15.50	22.10	26.50	41.30	12.90	15.50	22.10	26.50	41.00
1.40	1.54	4.40	1.20	7.70	11.00	13.40	18.90	22.70	35.40	11.00	13.40	18.90	22.70	35.40
1.60	2.01	5.03	1.20	6.70	9.60	11.60	16.60	19.90	30.00	9.60	11.60	16.60	19.90	30.00
1.80	2.54	5.65	1.50	6.00	8.60	10.30	14.70	17.70	27.50	8.00	10.30	14.70	17.70	27.50
2.00	3.14	6.28	1.50	5.40	7.70	9.30	13.20	15.90	24.80	6.90	9.00	13.20	15.90	24.80
2.20	3.80	6.91	1.80	4.90	7.00	8.40	12.00	14.50	22.50		7.90	12.00	14.50	22.50
2.40	4.52	7.54	1.90	4.50	6.40	7.70	11.00	13.20	20.60		7.00	11.00	13.20	20.60
2.60	5.31	8.17	2.10	4.10	5.90	7.10	10.20	12.20	19.00		6.40	10.20	12.20	19.00
2.80	6.16	8.80	2.20	3.80	5.50	6.60	9.40	11.30	17.70		5.50	9.20	11.30	17.70
3.00	7.07	9.42	2.30	3.60	5.10	6.20	8.80	10.60	16.50		4.70	8.30	10.60	16.50
3.20	8.04	10.05	2.40		4.80	5.80	8.30	9.90	15.40		4.00	7.80	9.90	15.40
3.40	9.08	10.68	2.50		4.50	5.40	7.80	9.30	14.60			7.00	9.10	14.60
3.60	10.18	11.31	2.60		4.30	5.10	7.30	8.80	13.70			6.60	8.30	13.70
3.80	11.34	11.94	2.70		4.00	4.90	6.90	8.30	13.00			6.20	7.80	13.00
4.00	12.57	12.57	2.80		3.10	4.60	6.60	7.90	12.40			5.10	7.20	12.40
4.20	13.85	13.19	2.90			4.40	6.30	7.50	11.80			4.80	6.80	11.80
4.40	15.21	13.82	3.00			4.20	6.00	7.20	11.20			4.20	6.40	11.20
4.60	16.62	14.45	3.10			4.00	5.70	6.90	10.70			4.00	6.10	10.70
4.80	18.10	15.08	3.20				5.50	6.60	10.30				5.10	10.30
5.00	19.63	15.71	3.30				5.30	6.30	9.90				4.80	9.90

Espessura Nominal Negra [mm]	Área [cm^2]	Momento de Inércia [cm^4]	Módulo de Secção [cm^3]	Raio de Giro [cm]
2.20 [2.00]	11.74	28.29	10.50	1.55
2.70 [2.50]	14.69	35.74	13.15	1.56
3.40 [3.20]	18.78	45.32	16.47	1.55
3.90 [3.75]	22.01	53.29	19.16	1.56
4.70 [4.50]	26.39	64.08	22.74	1.56
6.50 [6.35]	36.90	90.63	31.30	1.57

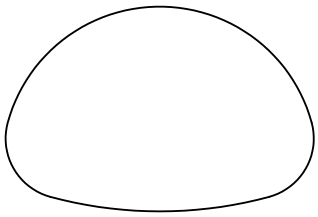
- Estas tabelas referem-se ao TL 460.
- O produto é fornecido em comprimentos múltiplos de 46cm acompanhado dos parafusos, porcas e arruelas necessários à montagem.
- Alturas máximas de recobrimento para uso em rodovias, em ferrovias para trem tipo H20 e trem tipo E80.
- Todas as dimensões estão sujeitas à tolerância de fabricação.
- Outras dimensões e formas não circulares poderão ser projetadas mediante consulta.
- Tabela de propriedades físicas das chapas de Tunnel Liner para seções de 46cm.

FORMAS GEOMÉTRICAS

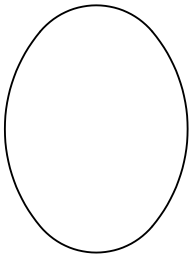
TL ARCO



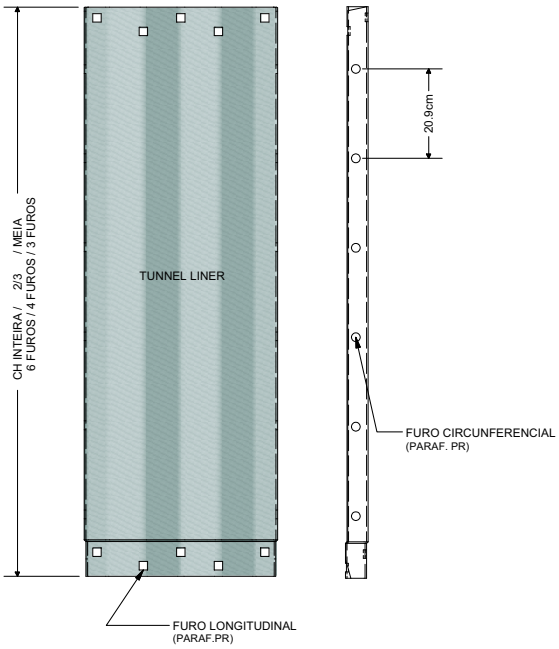
TL LENTICULAR

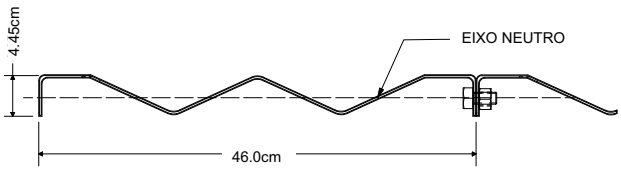


TL ELIPSE VERTICAL

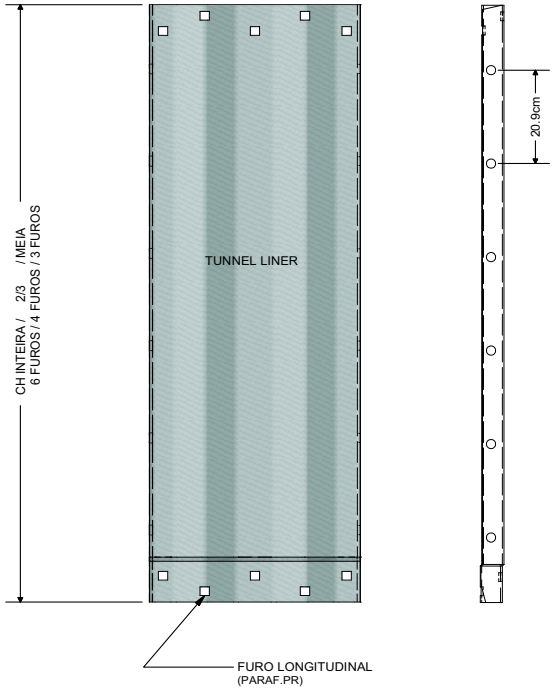


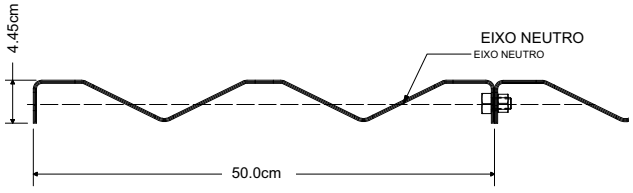
TL 460





TL 500

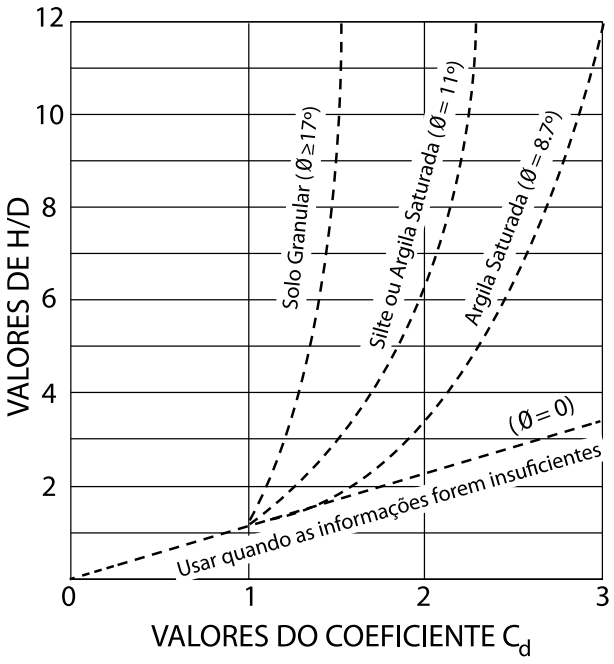




DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

A capacidade de suporte de estruturas flexíveis de aço corrugado, como no caso do TUNNEL LINER, em função da resistência da sua seção e do confinamento do solo adjacente, impedem deformações na estrutura. Nesta situação, apenas esforços de compressão atuam nas chapas do TUNNEL LINER com dimensionamento baseado na teoria do anel de compressão.

O carregamento atuante no TUNNEL LINER depende do tipo de solo. Em solos granulares, com baixa coesão, as cargas consideram o ângulo de atrito interno do solo e o diâmetro do túnel. Em solos coesivos, argilosos ou silte-argilosos, o carregamento deve considerar também os esforços de cisalhamento no solo sobre o teto do túnel.



A fórmula geral para o cálculo de esforços atuantes, definida pela AASTHO, divide as solicitações entre a carga viva e carga morta. A carga viva é função do tipo e da profundidade do túnel; a carga morta é função do peso específico do solo, da altura de recobrimento e do coeficiente de redução da Fórmula de Marston, obtido através do gráfico ao lado:

$$CM = Cd * \delta * D$$

$$Pp = CV + CM$$

$$C = Pp * \left(\frac{D}{2}\right)$$

Onde:
CM – Carga Morta
CV – Carga Viva
δ – Peso Específico do Solo
D – Diâmetro da Estrutura
Cd – Coeficiente de Redução de Marston
Pp – Pressão de Projeto
C – Compressão Anelar
H – Altura de Recobrimento

Na falta de informações adequadas, deve ser adotada a pior hipótese para o coeficiente Cd, tornando-o igual a H/D. Desta forma, a carga morta atuante no túnel será igual ao peso da coluna de solo sobre o mesmo.

Com esta consideração (Ø = 0), de pior hipótese de solo, foram calculadas as tabelas de alturas máximas constantes neste catálogo. Com o conhecimento prévio do solo, através de relatórios de sondagem, consulte a ARMCO STACO para utilização de espessuras diferentes das especificadas na tabela, ou para emprego em condições superiores aos limites apresentados.

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

As estruturas de aço corrugado TUNNEL LINER, empregadas em drenagem, são usualmente dimensionadas como canais, utilizando a equação de Manning.

$$Q = A \times \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \times \frac{\sqrt{i}}{n}$$

Onde:
Q – Vazão (m^3/s)
A – Área Molhada (m^2)
P – Perímetro Molhado (m)
I – Declividade (m/m)
N – Coeficiente de Rugosidade

O coeficiente de rugosidade é dado em função da corrugação. Os valores médios recomendados são os descritos na tabela seguinte:

Corrugação	n
Tunnel Liner	0,024
Revestida com concreto	0,015

DURABILIDADE

A durabilidade das estruturas metálicas corrugadas empregadas em obras hidráulicas ou passagens inferiores está relacionada às características do projeto e às condições do local onde são instaladas.

As condições de vazão, propriedades físicas e químicas do solo e da água, tais como pH, resistividade, abrasão, erosão, declividade, velocidade etc, devem ser consideradas para a escolha do revestimento e da espessura apropriados para o aço estrutural.

A tabela abaixo apresenta uma classificação simples e prática para identificar o nível de agressividade do ambiente para aplicações hidráulicas.

NIVEL DE CORROSÃO				NÍVEL DE ABRASÃO		
A	Baixo	pH = 5.8 a 8.0	R > 2000 ohm-cm	1	Não abrasivo	Sem sedimentação em qualquer velocidade
B	Moderado	pH = 5.0 a 5.8	R = 1500/2000 ohm-cm	2	Baixo	Baixa sedimentação de areia e cascalho V < 1.5 m/s
C	Elevado	pH = 5.0 a 4.0	R < 1500 ohm-cm	3	Moderado	Sedimentos de areia e pequenas pedras com V = 1.5 a 4.5 m/s
D	Muito elevado	pH < 4.0	R < 1500 ohm-cm	4	Elevado	Sedimentação forte de cascalho e pedras com V > 4.5 m/s

Para drenagem pluvial ou canalização de córregos não poluídos (Níveis A, 1 e 2), recomendamos o revestimento galvanizado, conforme norma ASTM A153M-04, também conhecido como zincagem por imersão a quente, com camada média de 128μ (2 faces). Neste caso, o zinco se sacrifica ao longo do tempo para proteger o metal base (aço) e assegurar por décadas a vida útil das estruturas.

Para ambientes mais agressivos, em particular quanto à composição da água e do solo, (Níveis B, C, 1 e 2) a Armco desenvolveu nos anos 80 o revestimento Epoxy-Bonded, que consiste na aplicação por deposição eletrostática, sobre chapas pré-fosfatizadas, de uma película espessa de resina epóxica, com 180μ de camada média por face interna e 140μ na face externa. Esta película isola o aço estrutural do meio agressivo, protegendo contra os agentes corrosivos.

A proteção galvânica do zinco e a barreira isolante do Epoxy-Bonded tem se mostrado eficientes para garantir a durabilidade das estruturas de aço corrugado em obras de canalização, drenagem ou passagens inferiores em todo o mundo.

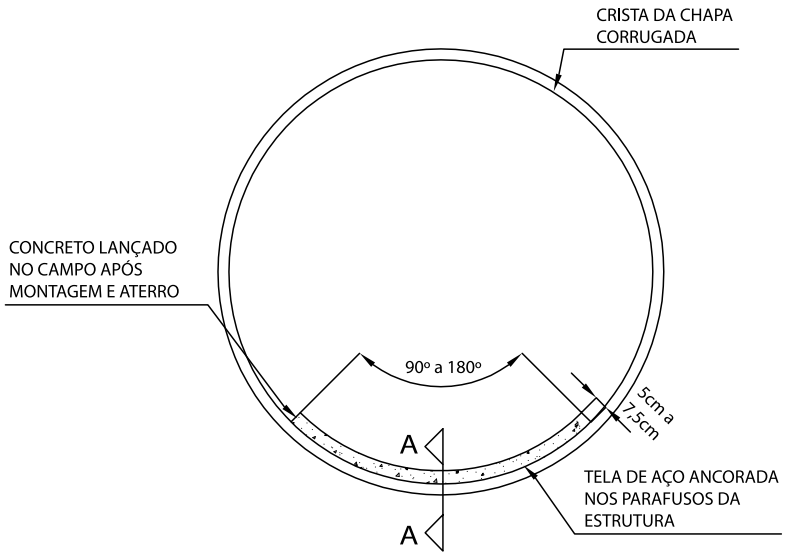
Existem, entretanto, situações especiais de projeto em que a estrutura metálica é submetida a esforços de impacto constante devido à velocidade e à presença de partículas sólidas no fluxo (Níveis 3 e 4).

Nestes casos, para prevenir contra o desgaste precoce ou estender a vida útil das estruturas corrugadas, a Armco Staco recomenda a aplicação de um pavimento sobre parte do perímetro molhado.

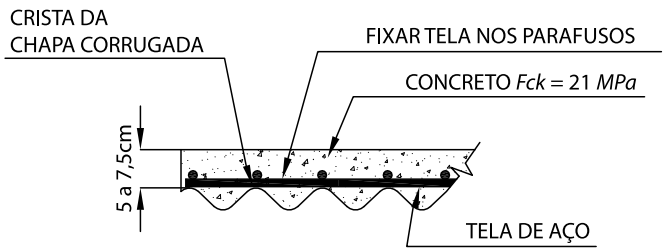
Este pavimento preventivo pode ser de asfalto ou concreto, não estrutural, aplicado na obra após a montagem e aterro da estrutura metálica. Na prática, o pavimento de concreto é mais simples de aplicar e fornece proteção extra de forma econômica, preservando todas as vantagens da utilização dos tubos de aço corrugado.



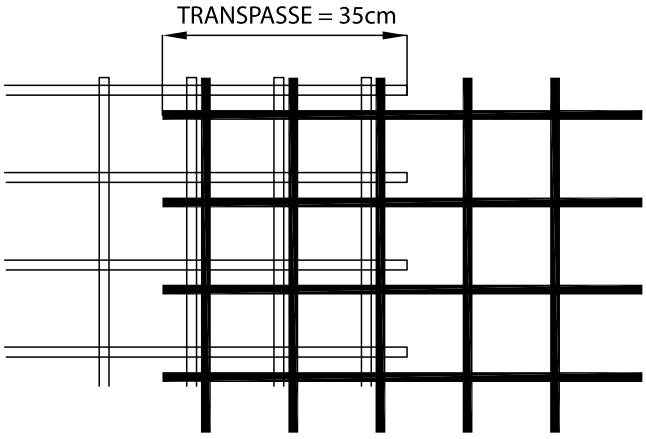
SEÇÃO TRANSVERSAL



CORTE - AA



EMENDAS DE TELAS



• FIXAR TELA COM ARAME RECOZIDO NOS PARAFUSOS

RECOMENDAÇÕES BÁSICAS PARA APLICAÇÃO DO PAVIMENTO:

• Utilizar Cimento Portland CP II E, exceto em casos de ambiente excepcionalmente corrosivo ou abrasivo para os quais deve ser feita avaliação específica.

• Resistência característica do concreto - fck 21Mpa (C20).

• Diâmetro máximo do agregado - Brita 1 (19 mm).

• Relação água/cimento máx. 0,50 l/Kg para tubos destinados a águas pluviais e 0,45 l/Kg para meios agressivos.

• Cobrimento interno das armaduras mín.3 cm.

• Dimensão máxima do agregado limitada ao menor valor entre 1/3 da espessura do concreto e o cobrimento mínimo da armadura. Espessura do concreto compreendida entre 5 e 7,5 cm.

• Armadura - utilizar tela com a finalidade de auxiliar na fixação do concreto às chapas, podendo ser adotada a armadura mínima. A tela deve ser fixada à cabeça dos parafusos da estrutura corrugada com arame recozido trançado, transpasse de 35 cm. Não há necessidade de tela estrutural.

• O revestimento de concreto poderá cobrir 90° a 180° da calha inferior conforme ilustrado.

Notas:

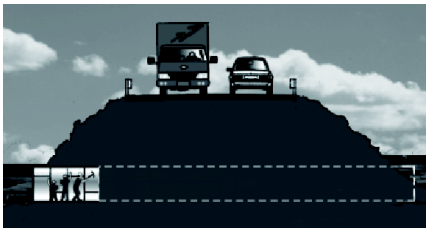
• Estas instruções práticas não dispensam a aprovação do projetista da obra que deverá determinar o traço adequado, espessura, forma de lançamento etc.

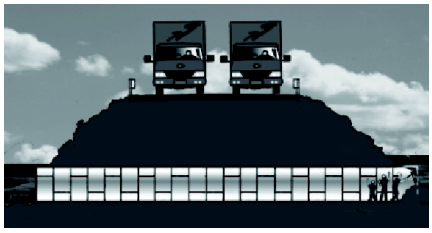
• Há situações hidráulicas nas quais a presença do pavimento aumenta a capacidade de vazão, uma vez que reduz o coeficiente de rugosidade.

• Para situações extremas de corrosão (Nível D), materiais ou procedimentos especiais podem ser estudados caso a caso.

METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO





ESTE MÉTODO NÃO INTERFERE NA SUPERFÍCIE E NO TRÁFEGO

Os serviços básicos na execução do TUNNEL LINER são:

a)A escavação do solo através de equipamentos mecânicos automatizados ou simples equipamentos manuais;

b)Remoção do material escavado;

c)Montagem das chapas de revestimento aparafusadas;

d)Preenchimento de eventuais vazios.

Algumas técnicas específicas podem ser necessárias, no caso da presença de água no nível da escavação: pouco recobrimento sobre a geratriz superior do túnel ou material de escavação constituído por solo desagregado. Destacamos como exemplo: o rebaixamento do lençol freático, o uso de escudos frontais para proteção da frente de escavação, a enfilagem do solo adjacente ao túnel, ou o uso de abas metálicas de avanço.

Em função da dimensão da obra – aérea de escavação e comprimento do túnel – e também da sua complexidade, o executante do túnel deverá projetar e prever os recursos a serem adotados para garantir a segurança e a rapidez da sua execução. Assim como em qualquer obra subterrânea, o início da execução de um túnel pelo processo TUNNEL LINER deve levar em consideração as informações de sondagem e cadastramento do terreno, prevendo com a necessária antecedência, eventuais interferências ao longo da escavação e principalmente, o tipo de solo a ser escavado.

Eventuais vazios entre a superfície externa das chapas de revestimento do TUNNEL LINER e o solo escavado devem ser preenchidos para evitar recalques ou acomodações indesejáveis. Esse preenchimento deve ser feito através da injeção de argamassa fluida de solo/cimento nos furos apropriados das chapas do TUNNEL LINER.

A simplicidade de execução e a garantia de implantação nos mais variados tipos de solo fazem do TUNNEL LINER da ARMCO STACO um processo confiável, versátil, econômico e dos mais competitivos na sua faixa de diâmetros.

NORMAS TÉCNICAS

As tabelas que constam neste catálogo foram elaboradas considerando as formas, os padrões e os materiais utilizados pela ARMCO STACO na fabricação de seus produtos, de acordo com as normas:

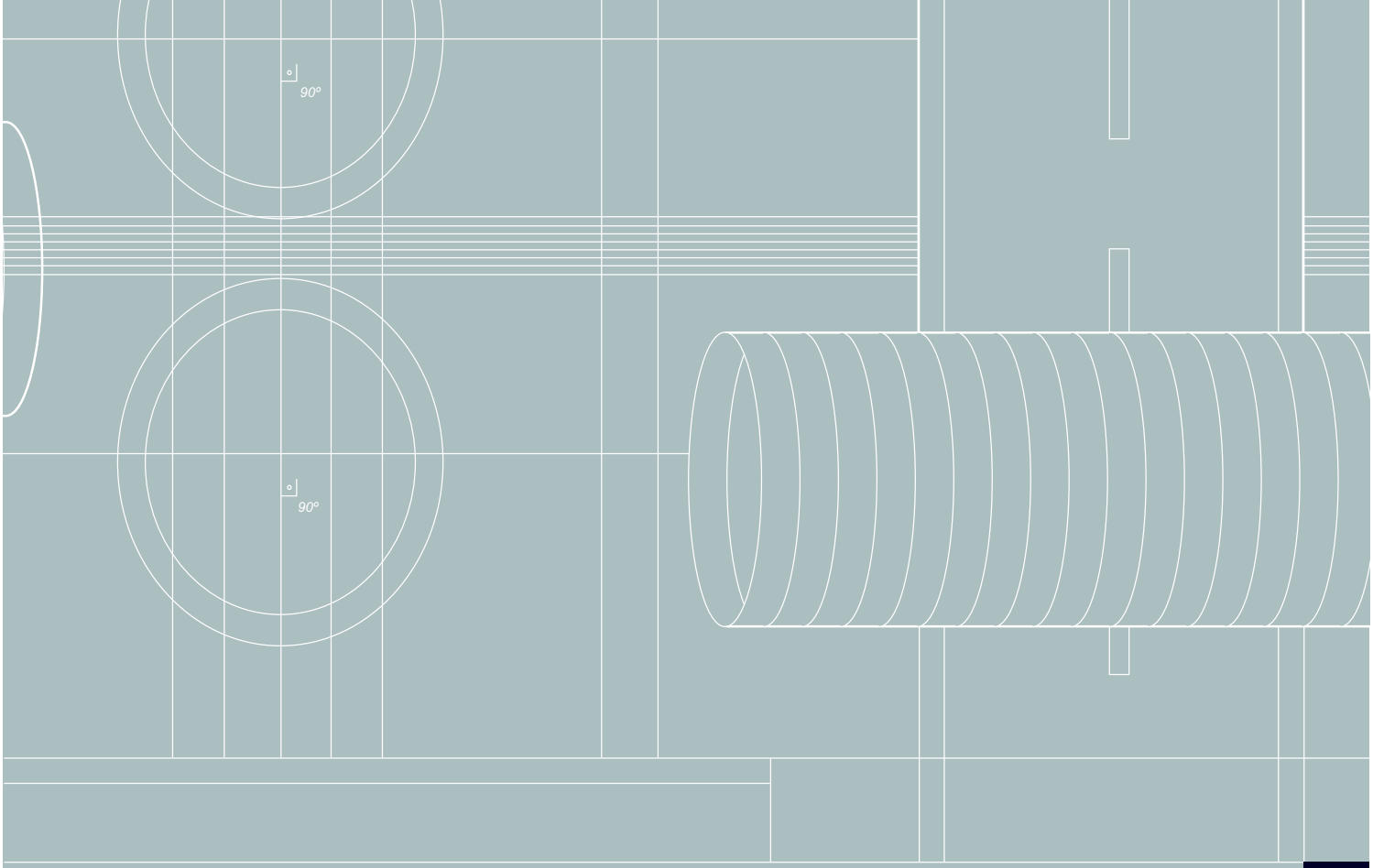
- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials .
- AISI - American Iron and Steel Institute.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.





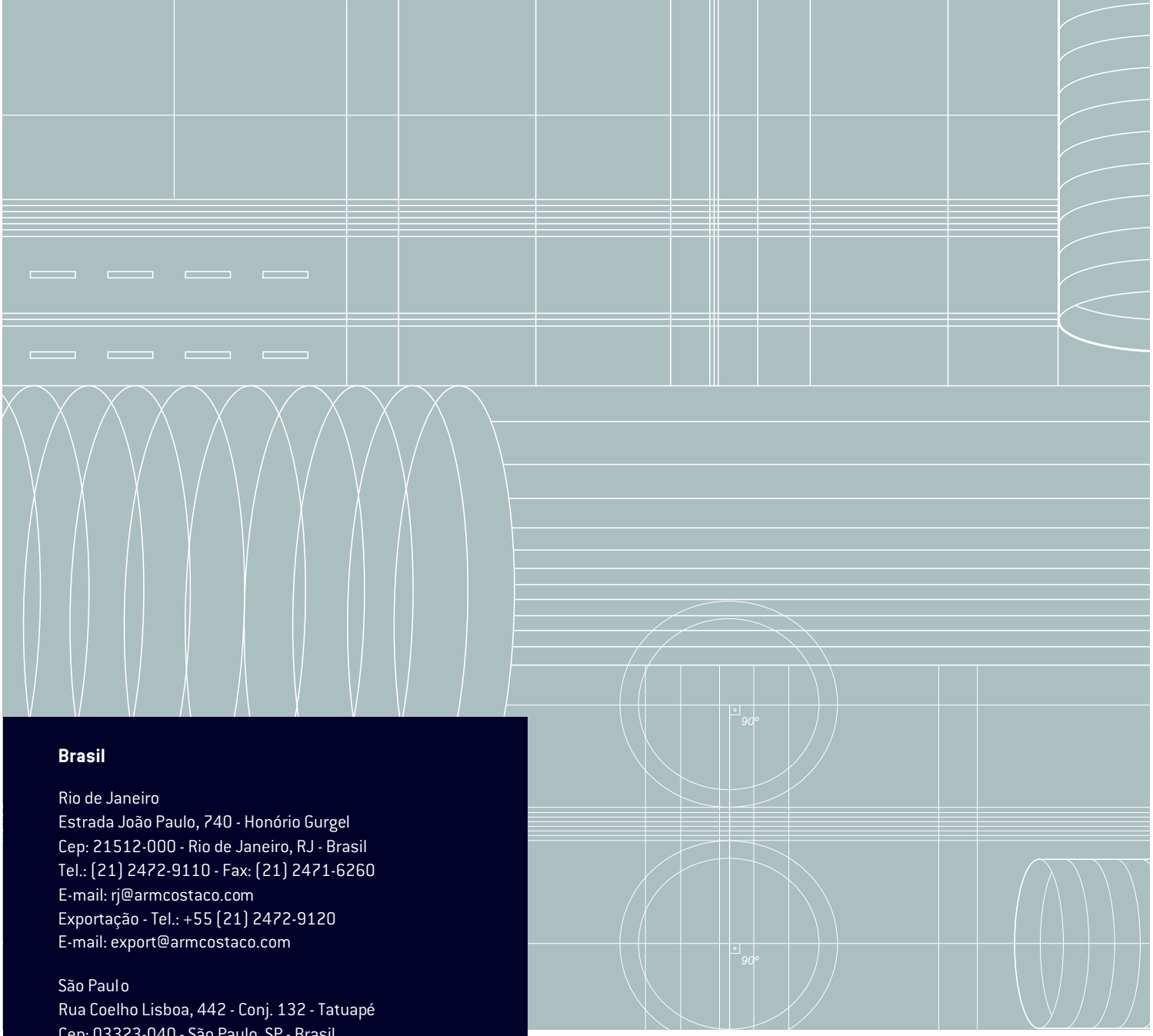






Compromisso com Qualidade e Engenharia

A experiência da Armco Staco no desenvolvimento de soluções para infraestrutura viária, ao longo de um século de história, permitiu a empresa desempenhar um papel de destaque na concepção de projetos sob medida. Os bons resultados e a prática do relacionamento com o cliente concedeu à Armco Staco a liderança de mercado em vários segmentos em que atua, uma vez que o foco é oferecer produtos confiáveis, com prazos de entrega e preços bastante atraentes.



Brasil

Rio de Janeiro
Estrada João Paulo, 740 - Honório Gurgel
Cep: 21512-000 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Tel.: (21) 2472-9110 - Fax: (21) 2471-6260
E-mail: rj@armcostaco.com
Exportação - Tel.: +55 (21) 2472-9120
E-mail: export@armcostaco.com

São Paulo
Rua Coelho Lisboa, 442 - Conj. 132 - Tatuapé
Cep: 03323-040 - São Paulo, SP - Brasil
Tel.: (11) 2941-9862 - Fax: (11) 2091-3671
E-mail: sp@armcostaco.com

Argentina
Río Del Rey, s/n (entre las calles Río Pinto y Río Potrero)
Cina Cina - (1748) General Rodriguez
Província de Buenos Aires - Argentina
Código Postal: B1748
Tel.: +54 (11) 4632-6746 / +54 (11) 4632-8734
E-mail: comercial.staco.ar@armcostaco.com

Chile
Av. Americo Vespucio Norte, 1385 Edificio A Modulo 10
Quilicura - Santiago - Chile
Tel.: +56 (2) 856-5300 – Fax: +56 (2) 856-5305
E-mail: comercialchile@armcostaco.com

www.armcostaco.com