

REPRINT | TECNOLOGIA DE CONCRETO

Abordagem dupla para a proteção
de concreto em ambientes exigentes



REPRINT
FCI 05/18



Abordagem dupla para a proteção de concreto em ambientes exigentes

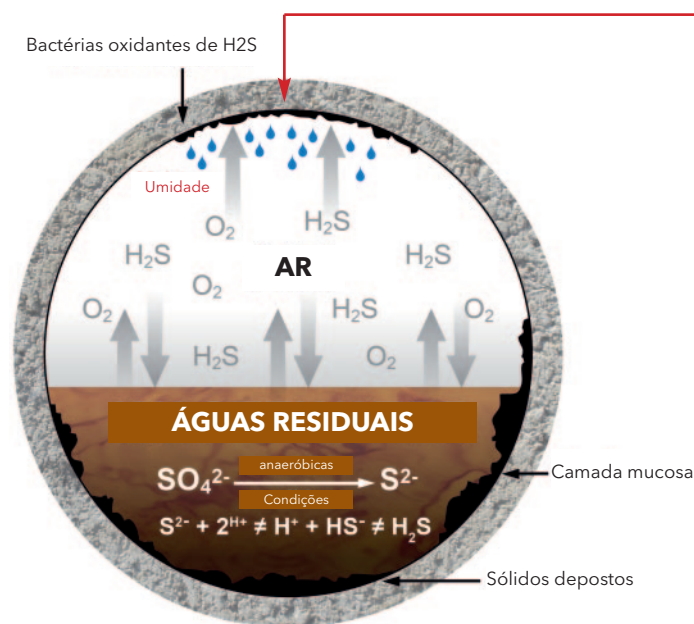
■ Dave Ross, diretor do serviço técnico da Xypex, Canadá

Microorganismos acidificantes corroem uma infraestrutura importante ao nível mundial a uma velocidade alarmante – os nossos sistemas de águas residuais. Neste processo complexo conhecido como corrosão microbiana (Microbial Induced Corrosion – MIC) é formado ácido sulfúrico biogênico no final, que pode reduzir o pH das superfícies dos componentes de concreto em sistemas de águas residuais de modo lento mas inquestionável para um nível prejudicialmente baixo, o que depois provoca a degradação rápida e potencialmente o colapso da estrutura.

Muitos sistemas de tratamento e coleta de águas residuais de todo o mundo têm que ser reparados ou substituídos, já que perderam a sua estabilidade devido à MIC (Fig. 1) e outras formas de ataques físicos e químicos. Um colapso das infraestruturas de águas residuais provoca a crescente infiltração de água pluvial e águas subterrâneas que escorrem e permite a entrada de águas residuais no meio ambiente de esgotos danificados e do transbordo de estações de tratamento.

No Clean Watersheds Needs Survey (estudo sobre áreas de captação de água limpa) de 2016, a Environment Protection Agency (agência de proteção ambiental) dos EUA define que dos 271 bilhões de dólares (cerca de 235 bilhões de euros), que estão previstos para os próximos 20 anos para a eliminação de danos em estações de tratamento de águas residuais públicas, mais de 51 bilhões de dólares (cerca de 44 bilhões de euros) serão necessários para fazer reparos no sistema de tubulações (ou seja, categoria III).

Segundo o relatório, “a crescente demanda na categoria de medidas de reparo III mostra que os municípios buscam cada vez mais proteger a integridade estrutural das infraestruturas dos sistemas de tubulações existentes, eliminar problemas de infiltração e afluência e eliminar problemas relacionados com o transbordamento da canalização.” Dos 51 bilhões de dólares necessários para reparos (cerca de 44 bilhões de euros), mais de 42 bilhões de dólares (cerca de 36 bilhões de euros) serão usados em projetos para o reforço e/ou recons-



Corrosão microbiana

Uma velocidade de fluxo reduzida e tempos de permanência longos em tubos de esgotos são estimulantes para a corrosão microbiana em canalizações e estações de tratamento de águas residuais.

Durante a circulação, as bactérias redutoras de sulfato na água residual produzem, em condições anaeróbicas, sulfeto de hidrogênio (H₂S) dissolvido. O sulfeto de hidrogênio entra na atmosfera da canalização e dissolve-se na umidade e no lodo no ponto mais alto da canalização. As bactérias transformam os compostos de enxofre em ácido sulfúrico, que danifica o concreto devido à corrosão provocada por ácidos e, a longo prazo, devido a ataques de enxofre crescentes. Isto provoca uma corrosão lenta e destruição do concreto.

Fig. 1: A corrosão microbiana (MIC) é um processo bioquímico complexo em que surgem ácidos fortes que podem danificar rapidamente o concreto e o aço.

trução da estrutura da construção de tubos de esgotos ou tubos de descarga combinados, os restantes 9 bilhões de dólares (cerca de 8 bilhões de euros) serão necessários para a eliminação de problemas de infiltração e afluência, como projetos para o controle da penetração de água subterrânea em tubos de esgotos e tubos de descarga combinados, tubos de esgotos, canais de águas pluviais e outras fontes indesejáveis.

Relatórios sugerem que os serviços públicos de água e saneamento da Europa Ocidental, que servem 390 milhões de pessoas em 17 países com água potável e respectivos efluentes, nos próximos cinco anos investirão praticamente 90 bilhões de euros (cerca de 103 bilhões de dólares) na renovação de infraestruturas de água e esgotos.

Com uma quantidade destas em trabalhos de substituição e reparo, os proprietários das infraestruturas e os redatores de normas têm que enfrentar o desafio de evitar novos danos mediante métodos de construção modernos e protegê-los contra a MIC.

As medidas de prevenção usuais para proteção das infraestruturas de canalização como tubos de concreto armado, poços, estações elevatórias de concreto in situ, sistemas interceptores e outras construções são:

- forros e revestimentos resistentes à corrosão como, por exemplo, forros em PVC e PEAD e revestimentos de resina epóxi e cimento;
- tubos PVC como substitutos de tubos de concreto pequenos;
- misturas de concreto duradouras para redução da permeabilidade e uma maior resistência contra ataques químicos;
- tratamento de fluxos de águas residuais e aditivos químicos para a redução do teor de sulfeto de hidrogênio (por exemplo, injeção de oxigênio/ar ou adição de químicos, como, por exemplo, peróxido de hidrogênio, cloro, permanganato de potássio, nitrato de cálcio, hidróxido de sódio ou hidróxido de magnésio);
- aditivos antimicrobianos – podem ser adicionados ao concreto durante a mistura ou aplicados mais tarde.

Existem muitas abordagens para a proteção da MIC, mas todas têm limitações que devem ser consideradas por proprietários e desenvolvedores. Assim, os forros e revestimentos, por exemplo, oferecem uma proteção visível contra ataques de ácido e sulfato, mas no caso de instalação em estruturas existentes, provavelmente, estas opções são caras e caras. Se não forem instalados corretamente, muitas vezes não são duradouros.

Revestimentos de plástico, por exemplo, podem ser muito sensíveis no que diz respeito à qualidade das uniões soldadas no local de instalação. Os forros e revestimentos podem ser tirados mediante pressão hidrostática da superfície de adesão. Os revestimentos têm que ser inseridos cuidadosamente, de modo a evitar a formação de poros, o que pode

ser um desafio com tubos produzidos com concreto rígido. Os tubos de PVC têm vantagens, mas apenas podem ser usados para diâmetros de tubo mais pequenos. Os aditivos para fluxos de água residual podem ser dispendiosos e a introdução contínua pode ser complicada.

No caso de instalações existentes há ainda menos soluções para o reparo de danos devido a MIC:

- argamassa de reparo mais revestimento subsequente com resina epóxi resistente à corrosão;
- argamassa de reparo resistente à corrosão;
- sistemas de revestimento com tubo flexível – incluindo diferentes técnicas para reparo e renovação do tubo;
- argamassa de reparo com aditivos antimicrobianos;
- aditivos químicos para fluxos de água residual – após um reparo.

Uma das maiores dificuldades destas estratégias são as condições de trabalho possivelmente muito difíceis em uma canalização existente. Esta necessita de um tratamento muito cuidadoso da superfície e uma secagem rigorosa antes da aplicação de materiais sensíveis à umidade, como, por exemplo, a resina epóxi.

Concreto mais duradouro

Existem várias possibilidades que aumentam a resistência do concreto contra ácidos e outros ataques químicos. A difusão ou penetração de substâncias agressivas no concreto mediante fissuras e espaços ocultos capilares conectados entre si pode provocar danos e destruição da construção. Dependendo do tipo de substâncias penetrantes, estas podem atacar o concreto ou a armadura de aço. Mediante a obstrução dos poros e o reparo das fissuras é possível reduzir a troca de massas no concreto e aumentar a durabilidade da construção. Os métodos tradicionais para o aumento da durabilidade do concreto são a redução da relação água-cimento e o prolongamento do tempo de cura úmida. Um outro método para melhorar a durabilidade e outros fatores do concreto é a substituição parcial do cimento Portland por agente aglutinante mineral como, por exemplo, a cinza volante, escória granulada de alto forno trituração (GGH) e pó de sílica.

A adição de um destes materiais aumenta, comprovadamente, a durabilidade de construções em concreto. No entanto, deve se conhecer a origem dos aditivos de cimento já que a sua qualidade e desempenho podem ser muito diferentes, especialmente no caso da cinza volante.

Vedação cristalina

Um outro método comprovado para aumentar a durabilidade de estruturas de concreto é a vedação cristalina. Esta existe como aditivo ou revestimento de cimento. Mediante o enchimento e a vedação dos poros, capilares e microfissuras com uma formação cristalina resistente e insolúvel, a permeabilidade do concreto é reduzida e a sua durabilidade aumenta. Deste modo, a maioria dos causadores de danos penetra o

concreto. Esta forma de vedação reage com produtos secundários da hidratação do cimento e fecha poros, teias capilares e microfissuras (Figs. 2 e 3). A penetração e difusão de líquidos e gases é substancialmente reduzida, o que protege o concreto contra ataques de ácidos, sulfato e cloretos.

Inovação antimicrobiana

A Xypex Chemical Corporation, de Vancouver no Canadá, fabrica produtos para vedação cristalina e proteção desde 1970, comercializando-os mediante uma rede de serviços em mais de 80 países. Recentemente, a empresa introduziu no mercado um novo produto para proteção dupla com o nome Xypex Bio-San C500, que combina a vedação cristalina com uma substância antimicrobiana com base mineral. Esta mata as bactérias *Thiobacillus*, que são responsáveis pela corrosão microbiana.

O Xypex Bio-San C500 é um pó, que é adicionado ao concreto durante a mistura. Pode ser adicionado manualmente ou mediante um sistema de dosagem controlado por computador. Em instalações de mistura centrais também é possível ser adicionado diretamente no misturador ou antes do transporte das matérias-primas individuais mediante a dosagem seca diretamente para o veículo de concreto usinado. O Xypex Bio-San C500 disponibiliza a fabricantes de elementos pré-moldados e fabricantes de concreto usinado um produto único de fácil aplicação, que pode ser aplicado em projetos e produtos em que é exigida uma elevada medida de resistência à corrosão, estanqueidade à água e proteção antimicrobiana. Os componentes antimicrobianos Bio-San são fixados em uma matriz mineral, que é parte integrante do concreto. Os aditivos antimicrobianos trabalham em tempo indeterminado em níveis de célula e destroem bactérias nocivas, libertando íons metálicos que abrem buracos na mem-

brana celular da bactéria e destroem a célula a partir de dentro. Eles não podem ser lavados nem desgastados.

Bio-San em função importante

O Roaring Fork Club é um clube privado exclusivo em 383 Acre, em Basalt, uma cidade no estado norte-americano do Colorado. O clube, a cerca de 20 minutos de distância da mundialmente famosa estância de esqui de Aspen, foi construído no final dos anos 90 e oferece muitas possibilidades como, por exemplo, golfe, pesca no Roaring Fork River, esportes para toda a família e outras atividades recreativas.

Os planos de expansão atuais prevêem a construção de 13 novos edifícios maiores e instalações para funcionários com 43 unidades. O tratamento de águas residuais para a expansão é assegurado pela Basalt Sanitation District mediante uma expansão da canalização de queda livre. A construção da expansão será executada pela Sopris Engineering LLC, uma empresa privada com sede local, que oferece serviços de consultoria, construção e medição.

Para os edifícios e as instalações para funcionários será transferida uma tubulação coletora de queda livre de PVC de oito polegadas para uma estação elevatória com 14 pés (cerca de 4,3 m) de altura com bombas de imersão sob uma colina. As bombas transportam a água residual em uma linha adutora com 500 pés (cerca de 150 m) de comprimento até à canalização principal do Basalt Sanitation District.

O engenheiro de desenvolvimento Paul Rutledge, da Sopris, diz que o planejamento da canalização para a expansão do clube de sua empresa previa, desde o início, vedação cristalina com Xypex. "Quando se planeja uma estação elevatória para uma tubulação de esgotos, uma das questões mais im-



Fig. 2: Construção de uma estrutura cristalina no espaço de um poro da matriz do concreto.

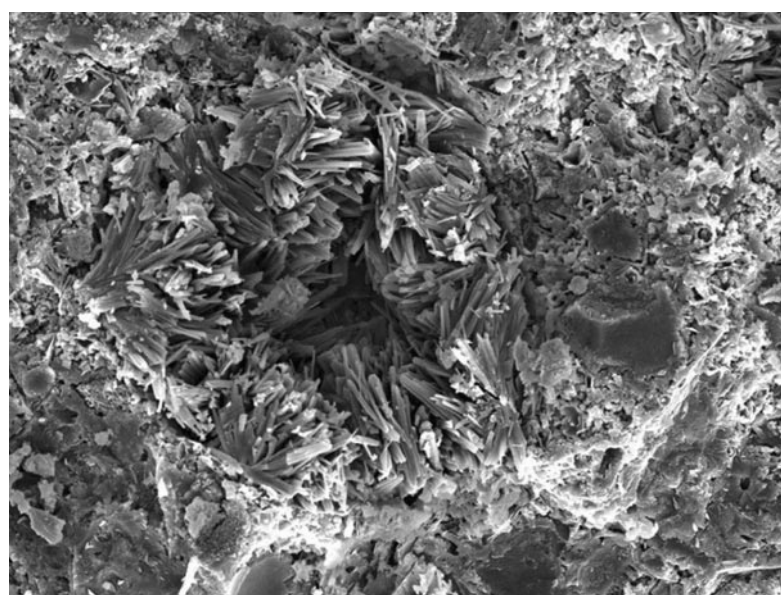


Fig. 3: Nesta fotografia, a formação cristalina preenche os poros totalmente e impede que a umidade e substâncias de difusão potencialmente prejudiciais entrem ou saiam.

portantes é como se planeja este tipo de estação de modo a que dure o máximo possível, especialmente porque sabemos que ela é executada em concreto in situ e será exposta a um ambiente agressivo de sulfeto de hidrogênio e valores de pH variáveis.”

Rutledge diz que, anteriormente, a empresa costumava prever um revestimento de resina de epóxi para o interior da estação elevatória. Esta opção, porém, não é mais a primeira escolha. “Quando ainda não conhecíamos aditivos de concreto como o Xypex, teríamos necessitado de resina de epóxi ou qualquer outro revestimento para uma estação elevatória ou um poço que precisasse de proteção especial”, explica ele. “Com a vedação Xypex, e agora igualmente com o antimicrobiano Bio-San, a proteção torna-se uma parte da construção. Ela melhora não somente fissuras e pontos com fugas como também evita a formação de lodo.”

A estação elevatória de concreto in situ (Fig. 4) no Roaring Fork Club tem 14 pés de altura (cerca de 4,3 m), 12 pés de largura (cerca de 3,6 m) e 14 pés de comprimento (cerca de 4,3 m), uma laje de fundação com 45 cm de espessura (Fig. 5) e uma cobertura com cerca de 25 cm de espessura (Fig. 6). A caixa para a estação elevatória possui três aberturas

- para o tubo de alimentação de PVC de oito polegadas, um tubo de esgoto de duas polegadas e um acesso de quatro polegadas para tubulações de controle e cabos elétricos.

Para a estação elevatória foram fornecidos cerca de 32 m³ de concreto usinado pela United Companies, um fornecedor de concreto usinado para o Colorado Ocidental. A United Companies recebeu o Xypex Bio-San C500 em baldes de 50 libras (22,7 kg) e misturou-o com o concreto para o Roaring Fork Club. O Xypex Bio-San C500 foi adicionado a 1% do peso de todos os agentes aglutinantes minerais.

“A decisão de escolher o Xypex Bio-San foi relativamente fácil, já que nós já tínhamos previsto uma mistura de vedação Xypex”, diz Rutledge. “Em uma de nossas reuniões de trabalho com a equipe de desenvolvimento esclareci quais são as vantagens da aplicação do novo Xypex Bio-San. Eu lhes disse que agora tínhamos a possibilidade de usar um produto ultramoderno e eles concordaram com isso.”

Ele continua: “Com a aplicação do Xypex Bio-San, não precisamos de qualquer revestimento adicional no interior (Fig. 7) ou no exterior. Não temos que chegar a um acordo com um parceiro contratual separado para o revestimento, os atra-



Fig. 4: A nova estação elevatória em concreto in situ faz parte da canalização para a expansão do clube exclusivo Fork Club, em Basalt, no estado norte-americano do Colorado. Ao concreto usinado para a nova estação elevatória foi adicionado o Xypex Bio-San C500, uma vedação cristalina e aditivo antimicrobiano. À direita vê-se uma tubulação de alimentação de oito polegadas (veja a fotografia pequena) para a estação elevatória e à esquerda um tubo de descarga de duas polegadas.



Fig. 5: Para a nova estação elevatória será moldada uma laje de fundação com cerca de 45 cm de espessura.



Fig. 6: Uma cobertura com cerca de 25 cm de espessura, com escotilhas de acesso, é moldada em concreto in situ.

sos ou preparativos especiais não são mais necessários. A proteção é integrada na construção e nos poupa de muitas preocupações. Assim não temos que nos preocuparmos com, por exemplo, o aparafusar de uma superfície revestida com resina de epóxi. Podemos aparafusar as escadas no interior, as tubulações de fibra de vidro para as bombas e outros hardwares sem problemas.”

Após uma cura suficiente, a estação elevatória é sujeita a um ensaio de exfiltração hidrostática (Fig. 8). As aberturas foram

seladas, a estação elevatória encheda até cima com água e monitorada durante sete dias – não podia sair nenhuma água... “O ensaio da estação elevatória Roaring Fork foi extremamente bem-sucedida”, constata Rutledge. “Logo no primeiro ensaio não se verificou qualquer perda de água, portanto não foi necessário reparar nada. Isto tornou tudo substancialmente mais fácil para nós. Quando uma construção é estanque, fechando as fissuras e evitando a formação de lodo, pode se considerar que será duradoura e poupará muita manutenção ao longo do tempo. Ninguém gosta de



Vista de cima da nova estação elevatória em concreto in situ, um elemento fundamental da infraestrutura de água residual para a expansão do clube exclusivo Fork Club, em Basalt, no estado norte-americano do Colorado.



Fig. 8: O teste hidrostático foi bem-sucedido à primeira vez.

escavar uma construção da canalização após dez anos devido ao desgaste precoce ou de entrar e revesti-la de novo, porque o revestimento de uma superfície fracassou.”

Reparos planejados para a estação elevatória

O alojamento rural Lamar, Colorado, com cerca de 8000 moradores fica na margem do rio Arkansas, aproximadamente a seis horas a sudeste do Roaring Fork Club. Lamar possui um sistema de águas residuais com 56 milhas de tubulações de esgotos com 6 a 24 polegadas, três estações elevatórias no extremo oriental do município e uma estação de bombeamento principal, que bombeia a água residual para tanques de tratamento.

No início de 2011, o município construiu uma nova estação elevatória como substituta da antiga fora de uso. Infelizmente, a nova estação elevatória está sujeita a corrosão precoce devido ao elevado teor de sulfeto de hidrogênio (H_2S) emitido pela água residual. A corrosão microbiana erodiu tanto o interior da estação elevatória que é fácil desfazer até cinco centímetros do concreto, especialmente na chapa da parte inferior da construção.

Adam Teunissen, engenheiro e diretor de projeto da JVA, Inc., uma empresa de engenharia de Boulder, no Colorado, diz: “A construção ainda não tem dez anos, mas já está tão degradada como nunca vira em toda a minha vida profissional.” A JVA foi contratada por Lamar para executar a manutenção da chapa inferior da estação elevatória corroída e tentar tomar contramedidas contra a causa da corrosão – níveis anormalmente elevados de H_2S e corrosão microbiana.

“Recomendamos o reparo da superfície danificada na estação elevatória com Xypex Megamix II com Bio-San. Trata-se de uma argamassa de reparo especial para casos com MIC”, explica Teunissen. “Mediante a introdução do Biozid na água residual em diversos pontos, também pretendíamos reduzir o nível de H_2S na instalação.”

Proteção dupla durante trabalhos de reparo

O Xypex Megamix II com Bio-San é uma nova argamassa de reparo de superfícies, que combina a tecnologia de vedação cristalina Xypex com matérias sólidas minerais bioativas Bio-San. Assim, o Megamix II com Bio-San é quimicamente resistente contra ácidos, sulfato e cloretos, veda, limita a MIC e volta a preencher espessuras de parede perdidas – tudo com um único produto. É facilmente aplicado com pistola ou manualmente, é fácil de alisar e não exige quaisquer procedimentos complexos, como, por exemplo, a secagem das superfícies, como a maioria dos revestimentos.

“Acreditamos que a aplicação do novo Megamix com Bio-San, neste caso, é a melhor solução”, diz Teunissen. “Por isso, em comparação com a resina de epóxi ou qualquer outro revestimento, temos menos trabalho com a preparação das superfícies. E o local já recebera um revestimento de resina de epóxi, quando a destruição rápida foi descoberta pela primeira vez. Mas este não durou muito tempo.

Eu já usava o Megamix quando trabalhava em uma outra empresa. Nos poupava tempo e dinheiro e funcionava bem. Quando aplicamos o Megamix com Bio-San, poupamos ainda mais tempo e dinheiro e obtemos uma resistência mais elevada contra a MIC, especialmente em combinação com o Biozid, que colocamos na água residual.

Como parte do programa de monitoramento após o reparo, a JVA pretende aplicar corpos de prova de concreto tratados e não tratados na chapa inferior e verificá-los periodicamente, de modo a poder medir a eficácia do Megamix II com Bio-San. Não é a primeira vez que este produto é avaliado em um ambiente extremo de H_2S deste tipo. Em um estudo independente sobre o impacto antimicrobiano do Xypex Bio-San C500, o elemento ativo foi adicionado em 1% do peso da argamassa de cimento Portland e comparado com amostras de controle não tratadas. Os cilindros de amostra foram suspensos em uma instalação de águas residuais durante dez anos, que fora escolhida devido ao elevado teor de H_2S (cerca de 50 ppm). Os ensaios mostraram que as amostras tratadas registraram uma perda nove vezes mais reduzida de massa de concreto do que as amostras de controle não tratadas. A concentração de bactérias nas amostras tratadas após dez anos também era mínima.

“Ficamos um pouco preocupados devido ao invulgarmente elevado teor de H_2S na instalação, muito acima dos 50 ppm no ensaio Bio-San,” diz Teunissen. “Mas pensamos que conseguimos baixar este nível para 50 ppm ou menos com o Biozid e o Xypex com Bio-San depois trata do resto.” ■

MAIS INFORMAÇÕES



Xypex Chemical Corporation
13731 Mayfield Place
V6V 2G9, Richmond BC, Canadá
T +1 604 273 5265
enquiry@xypex.com
www.xypex.com

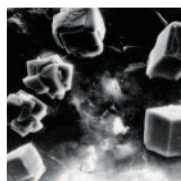
Tecnologia Cristalina Antimicrobiana

para máxima proteção do concreto em condições extremas de resíduos

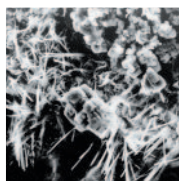
**NO
EQUAL**



As imagens de microscópio eletrônico são propriedade e estão protegidas por direitos autorais da Xypex Chemical Corporation.



Concreto
(sem tratamento)



Cristalização Xypex
(início)



Cristalização Xypex
(após terminado
o processo)

O **Xypex Bio-San C500** é um aditivo concebido especialmente para a proteção integral e a longo prazo do concreto em condições extremas de resíduos com níveis elevados de H₂S que provocam corrosão microbiologicamente induzida. O Bio-San C500 combina a proteção antimicrobiana potente com a tecnologia cristalina exclusiva da série Xypex Admix C. O Bio-San C500 evita a corrosão microbiologicamente induzida, interrompe a infiltração/fuga de água e fornece resistência contra ácidos e sulfatos, aumentando, significativamente, a vida útil dos sistemas de recolha de resíduos em concreto e da infraestrutura de águas residuais.

Ligue para o 1.604.273.5265 ou visite-nos em xypex.com/brazil

XYPEX®