

Teste das Unidades de Qualidade de Águas Pluviais (UQA)

Introdução

Nos últimos anos a gestão de águas pluviais se tornou uma questão cada vez mais importante. Isso tem afetado não apenas as grandes comunidades metropolitanas, mas começou a se tornar importante em pequenas comunidades rurais espalhadas pelo país. As áreas de interesse para esses projetos não envolvem apenas a quantidade de águas pluviais, mas também a qualidade das águas pluviais. A Unidade de Qualidade de Águas Pluviais (UQA) da ADS-Tigre é a primeira etapa da corrente de tratamento: remoção de detritos flutuantes, sólidos suspensos e contaminantes.

Desenvolvimento

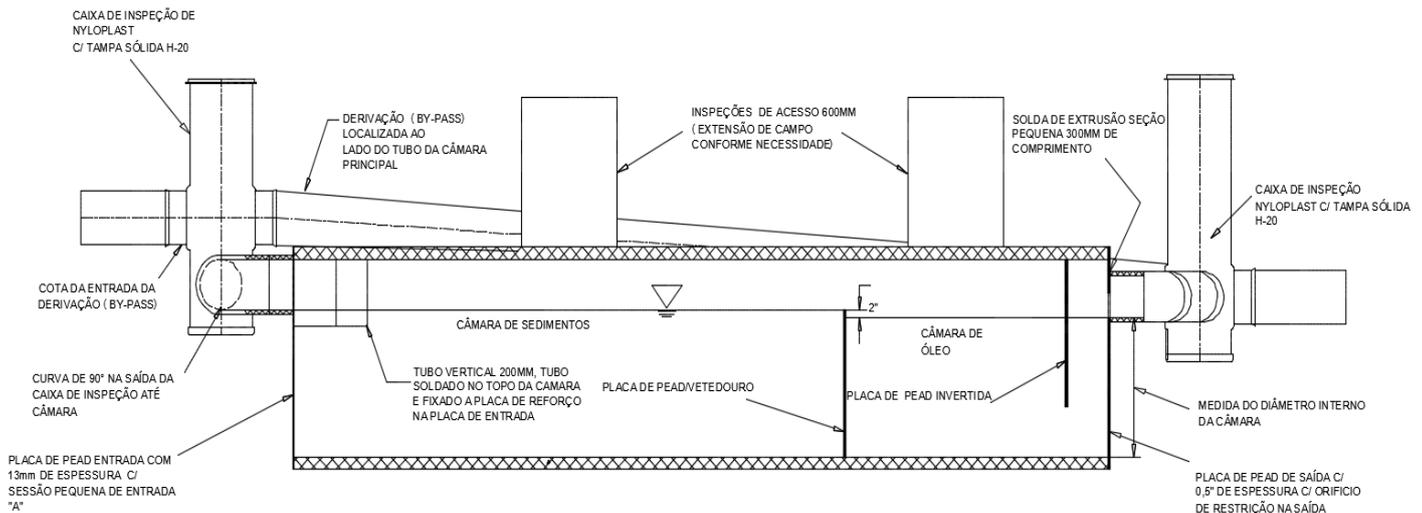
A UQA da ADS Tigre foi desenvolvida para oferecer um método simples e eficaz para o controle da qualidade das águas pluviais. O projeto básico da unidade consiste em um separador de óleo e sedimentos. A unidade é composta por um vertedouro vertical para retenção de sedimentos e um vertedouro invertido adicional para retenção de partículas flutuantes, como óleos, graxas e detritos. Essa tecnologia já é utilizada há vários anos e apresenta boa eficácia até eventos de chuva mais intensa. Durante tempestades intensas, os separadores de óleo e sedimentos podem sofrer ressuspensão de sólidos e lavagem das partículas flutuantes. Apesar de a eficiência das unidades iniciais ser relativamente alta, elas apresentavam dificuldades em reter as partículas capturadas durante eventos de chuva de grande volume.

A UQA da ADS Tigre utiliza a mesma tecnologia, mas aprimorada, para oferecer um método mais eficiente, e ainda simples, de controlar a qualidade da água. A adição de um bypass externo permite que volumes maiores de chuva sejam desviados ao redor da unidade, evitando que passem por ela e causem fluxos turbulentos. Isso garante que as “primeiras descargas” — responsáveis pela maior parte do transporte de contaminantes da superfície — sejam tratadas pela unidade e permaneçam retidas até que a limpeza seja realizada. Além disso, a UQA da ADS Tigre é construída com Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que é inerte e muito mais resistente a produtos químicos que os tradicionais separadores de óleo de concreto, anteriormente usados para essas aplicações.

Projeto

Uma discussão completa sobre a metodologia de projeto da UQA está disponível na Nota Técnica 1.01: Unidades de Qualidade da Água - EPA Fase II, Melhores Práticas de Gestão (BMPs). Em resumo, a UQA utiliza a Lei de Stokes para prever a eficiência de remoção com base no tamanho das partículas. As unidades são projetadas com uma câmara de sedimentos, uma câmara para partículas flutuantes e uma câmara de saída, permitindo o tratamento da água pluvial pela unidade. Todos os fluxos acima da velocidade necessária são desviados por uma linha de bypass, evitando a ressuspensão e a remoção dos materiais retidos na unidade. Consulte a Figura 1 para o layout típico de uma UQA.

Figura 1. Layout típico de uma UQA.



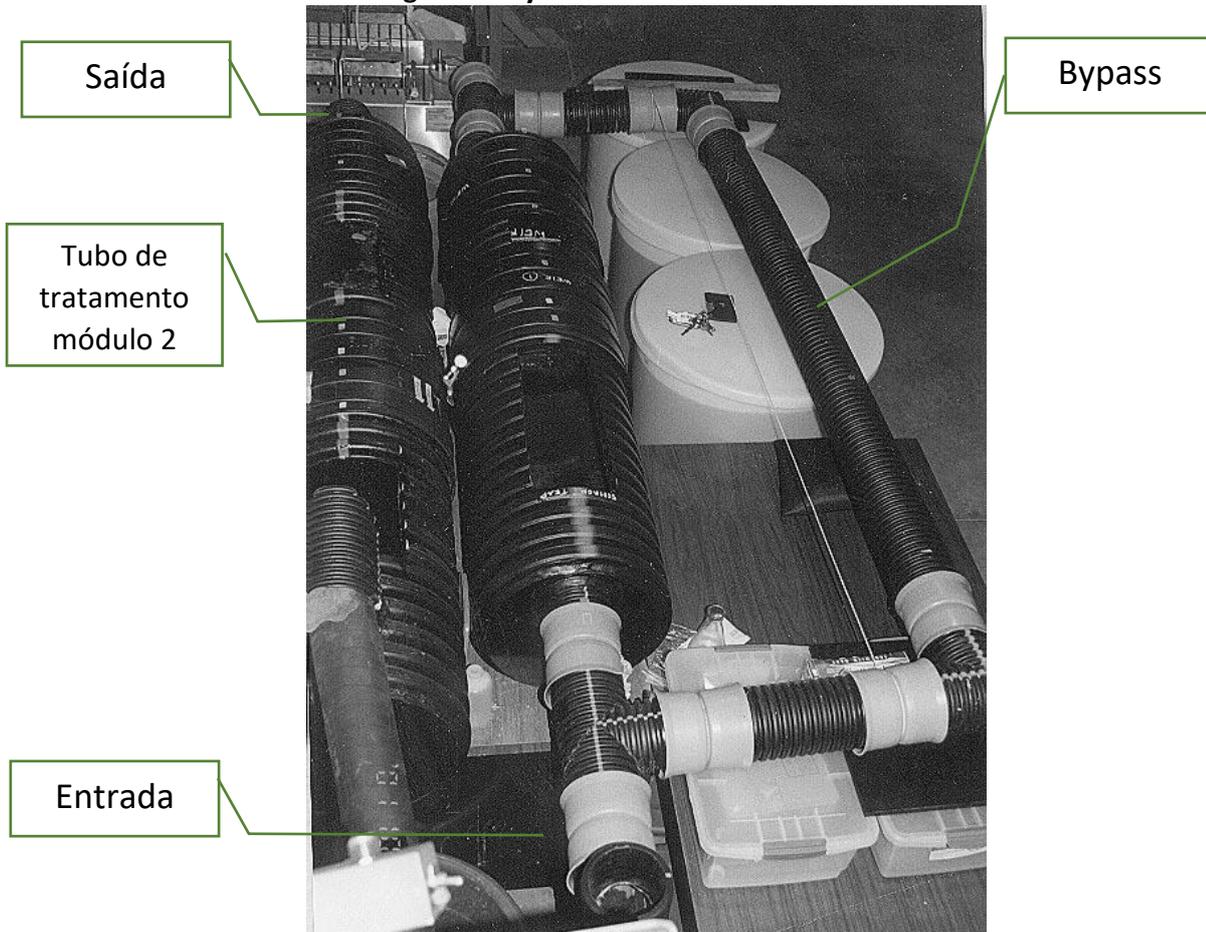
Teste de Laboratório e Pesquisa

Como em qualquer dispositivo projetado para tratamento da qualidade da água, testes devem ser realizados para determinar as taxas de remoção e as eficiências do equipamento. A UQA da ADS Tigre foi submetida a diversos protocolos de teste para avaliar as taxas de remoção de sólidos suspensos totais (TSS), bem como de óleos e hidrocarbonetos. Os testes foram conduzidos tanto em laboratório quanto em campo. A seguir, está um resumo dos testes que foram iniciados ou concluídos para a UQA da ADS Tigre:

Teste de Laboratório do Modelo em Escala da Universidade de Ohio

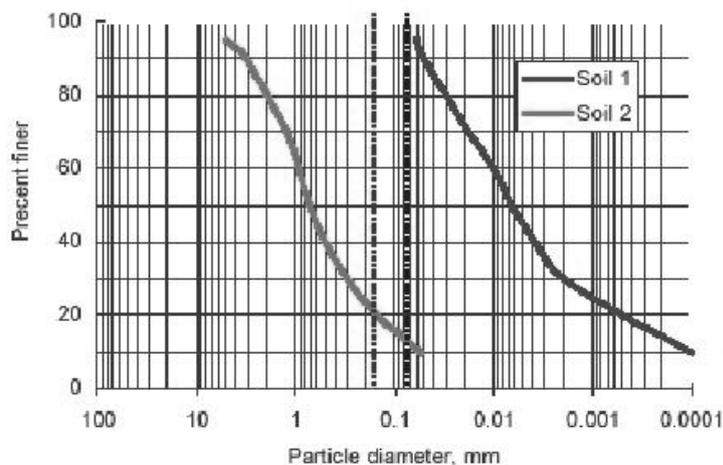
Os testes consistiram em um circuito do modelo em escala, incluindo a Unidade de Qualidade de Água e a linha de bypass. O modelo testado foi uma UQA de 300mm de diâmetro, equipada com os acessórios proporcionais devidamente dimensionados. Esses testes foram concluídos em setembro de 2003. O modelo foi avaliado para remoção de sedimentos e óleo durante o processo. O layout do circuito de teste está apresentado abaixo na Figura 2.

Figura 2. Layout Do Circuito De Teste



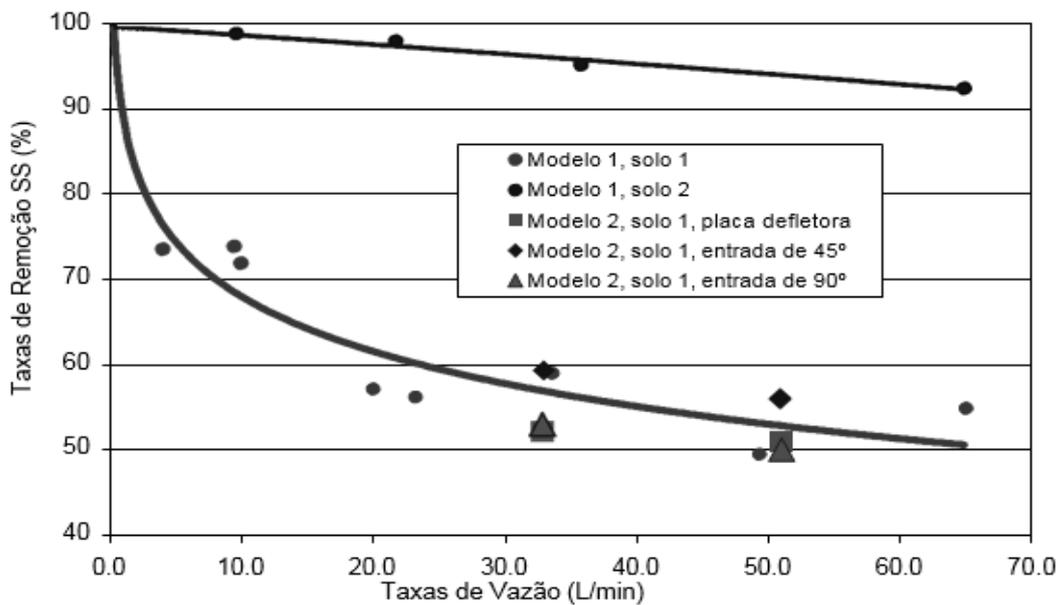
Dois tipos diferentes de solos foram utilizados na avaliação conduzida pelo estudo de laboratório da Universidade de Ohio. Os solos foram classificados como Tipo 1 e Tipo 2. O solo Tipo 1 contém partículas predominantemente menores que a peneira nº 200 (75 µm). Já o solo Tipo 2 contém partículas predominantemente maiores que a peneira nº 200 (75 µm). As análises granulométricas para ambos os tipos de solo estão apresentadas nas Figuras 3 e 4. As linhas verticais representam os tamanhos das partículas correspondentes às peneiras nº 140 e nº 200.

Figura 3. Análise Granulométrica



O Solo Tipo 1 apresentou taxas de remoção entre 50% e 60% nos regimes de maior vazão. Esse resultado é esperado para este tipo de solo, devido ao menor tamanho das partículas e às taxas de fluxo utilizadas no experimento. Nos testes com taxas de vazão mais baixas, as taxas de remoção aumentaram à medida que o tempo de residência se prolongou. Isso também é esperado para qualquer distribuição de partículas que possa ser usada no sistema. O Solo Tipo 1 consistia, em sua maior parte, de partículas muito finas, como siltes e argilas. O desempenho da UQA com esses tamanhos de partículas foi excelente, considerando que estavam fora do escopo do projeto original da unidade. Um gráfico das taxas de remoção para ambos os tipos de solo pode ser encontrado na Figura 4.

Figura 4. Relação entre as taxa de remoção vazão para os tipos de solo



O Solo Tipo 2 consistia em partículas que, em geral, eram maiores que a peneira nº 200 e maiores do que as do Solo Tipo 1. Esses solos, devido ao maior tamanho das partículas, permitiram um tempo de residência menor na UQA, mas ainda assim mantiveram altas taxas de remoção. As taxas de remoção para esses tamanhos de partículas foram superiores a 90% nos regimes de fluxo testados. Os solos presentes nessa classificação consistiam em partículas que são especificamente visadas para remoção na Unidade de Qualidade da Água ADS Tigre.

Escalonamento dos Dados de Laboratório

Os testes de laboratório são um método conveniente para testar teorias práticas e princípios de projeto. Eles oferecem uma maneira de utilizar um ambiente controlado e modificar as variáveis apropriadas para tentar alcançar os resultados desejados. Isso é especialmente verdadeiro quando modelos em escala podem ser usados para reduzir os custos e a logística de testes em dispositivos de grande porte. Uma vez concluídos os testes, é necessário escalá-los para o padrão apropriado, de modo a produzir resultados que possam ser previstos no mundo real. No caso da UQA ADS, é necessário que a unidade seja escalada para que as taxas de fluxo e os tamanhos da UQA sejam adequados para a aplicação.

Aqui são discutidos dois métodos para escalonar os dados de laboratório: o "método de vazão de superfície" e o "método da velocidade da vazão horizontal".

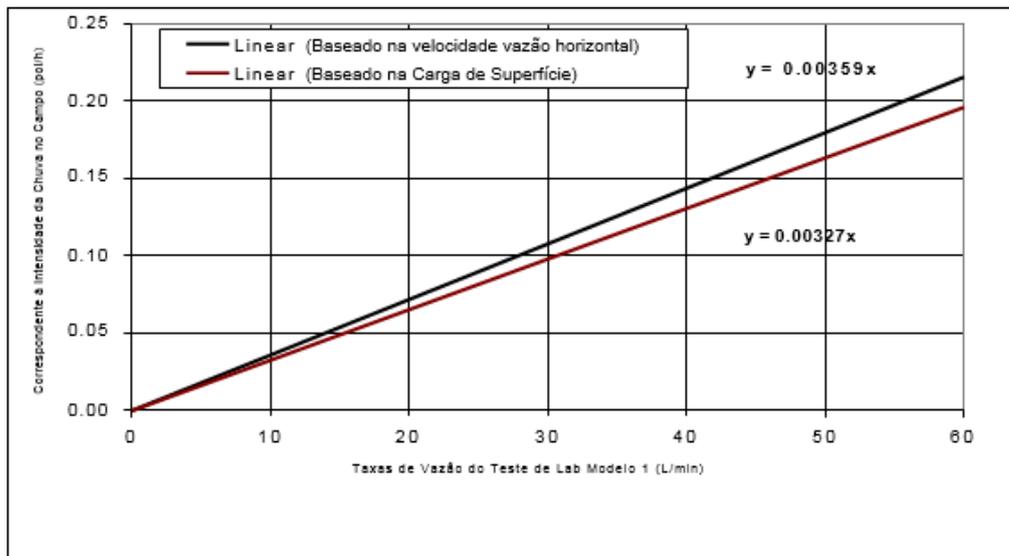
O método de vazão de superfície é definido pela seguinte equação:

Carga de superfície = taxa de transbordamento = taxa de vazão / área de superfície

(Tchobanoglous e Franklin, 1991)

A velocidade da vazão horizontal simplesmente converte a taxa de escoamento em uma vazão baseada no diâmetro do tubo, para obter a velocidade da vazão. Se ambos os métodos forem usados, um gráfico, comparando a intensidade da chuva no campo com os dados de vazão do laboratório, poderá ser desenvolvido, conforme mostrado na Figura 5 abaixo.

Figura 5. Relação entre Intensidade de Chuvas e Vazão



Protocolo de Teste do Departamento de Proteção Ambiental do Maine realizado pelos Laboratórios Alden:

Além do teste do modelo em escala, que foi feito na Universidade de Ohio, um teste em escala real foi feito nos Laboratórios Alden em Holden, Massachusetts. Os Laboratórios Alden testaram a UQA quanto à conformidade com o Protocolo do Departamento de Proteção Ambiental do Maine para remoção de sólidos suspensos totais (TSS). O protocolo do DEP do Maine foi implantado para fornecer um mecanismo justo e não tendencioso para a avaliação de dispositivos de tratamento de qualidade da água fabricados pela concorrência. O protocolo pede a injeção de uma mídia de teste na vazão de tratamento em uma concentração predeterminada. A concentração é mantida nesses níveis e o tempo de residência exigido é computado. As amostras são tiradas em níveis de fundo, níveis de influentes e níveis de efluentes. O material coletado em cada amostra é então filtrado e devidamente seco. Quando o material estiver seco, é pesado e a concentração dos sólidos suspensos total é determinada.

Para a UQA da ADS Tigre, foi usada uma unidade em escala real de 1500mm de diâmetro. A unidade foi colocada em um loop de teste nos Laboratórios Alden, que consistia na UQA e na estrutura de suporte necessária para realizar os testes.

O teste foi realizado em uma unidade padrão de 1500mm, com algumas pequenas modificações para oferecer a acessibilidade e a conformidade com os requisitos do loop do sistema. As modificações incluíram um aumento do tamanho dos tubos de inspeção para 900mm, a introdução de flanges nos lados de entrada e saída da unidade, e a inserção de um tubo de pequeno diâmetro na inversão, na entrada e saída.

Os tubos de inspeção de 36" foram adicionados principalmente para permitir a inspeção e acesso ao sistema caso fossem necessárias modificações ou alterações nos procedimentos de monitoramento e teste. Além disso, esses tubos maiores facilitaram a limpeza do sistema entre os testes. As flanges nos lados de entrada e saída foram instaladas para possibilitar a inserção da UQA no circuito de teste e para garantir uma conexão estanque durante o procedimento de teste. Já o tubo de pequeno diâmetro no ponto mais baixo foi incluído para permitir a drenagem e limpeza fáceis da unidade entre testes realizados com diferentes taxas de vazão. Em todos os outros aspectos, a unidade testada era uma UQA ADS padrão, com espaçamento e altura dos vertedouros adequados.

Os testes da unidade foram realizados em diversas taxas de fluxo, a fim de determinar a variação nos níveis de eficiência da UQA com base na vazão e no tempo de residência. A concentração de sedimentos era de aproximadamente 250 mg/L. Cada execução do teste consistiu em 5 pares de amostras coletadas na entrada e na saída, garantindo um conjunto de dados adequado para a análise da unidade.

O cronograma de coleta das amostras foi ajustado para considerar o tempo de residência na unidade, garantindo que as amostras fossem devidamente sincronizadas. Uma imagem da unidade de teste no circuito de teste é apresentada na Figura 6.

Figura 6. Unidade De Teste



A mídia de teste usada consistiu em dois diferentes tipos de areia fabricados pela U.S. Silica. A areia F-95 tem um tamanho de partícula maior, e a areia OK-110 tem um tamanho de partícula menor. A análise de peneira para cada um dos produtos é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Mídia de Teste da U.S Sílica

Peneira Padrão US	% Retido F-95	OK-110
30	-	0
40	<1	0
50	1	0
70	9	0
100	60	1
120	-	15
140	42	48
170	-	24.2
200	15	9.7
270	3	1.9
Pan	<1	0.2

Vários testes foram realizados na unidade para fornecer uma análise abrangente do desempenho em diferentes taxas de fluxo. A taxa de fluxo alvo, baseada na Lei de Stokes, para a Unidade de Qualidade da Água de 60 polegadas, é de 1,47 cfs (41,6 L/s). Os testes foram conduzidos em taxas de fluxo acima e abaixo da taxa projetada da unidade, a fim de determinar as limitações de desempenho.

No teste de 1,5 cfs (42,5 L/s), a taxa média de remoção para a areia OK-110 foi de 88,3%. Como resultado desses testes, um fator de escala pode ser utilizado para correlacionar os resultados com unidades de diferentes tamanhos, indicando que o projeto das unidades é preciso. O escalonamento para unidades de outros tamanhos é realizado utilizando a seguinte equação:

$$Q_{tratamento} = (0.016949cfs / ft^2)(\text{área})$$

Como resultado, as taxas de tratamento dos testes nos Laboratórios Alden se comparam de modo favorável às nossas recomendações para taxas de vazão através da unidade com base no projeto teórico. A Tabela 2 mostra as taxas de vazão testadas em comparação com a taxa recomendada.

Tabela 2 – Taxas de vazão testadas x taxa recomendada

Código	Área Mínima da Câmara de Tratamento (sf)	Vazão Máxima Tratada (cfs) (Testado)	Vazão de Projeto Tratada (cfs) (Recomendado)
3620WQB	55,50	0,94	0,7
3640WQB	111,00	1,88	1,6
4220WQB	64,43	1,09	0,86
4240WQB	128,86	2,18	1,83
4820WQB	71,40	1,21	1,13
4840WQB	142,80	2,42	2,39
6020WQB	88,50	1,50	1,47
6040WQB	177,00	3,00	3,12

Para fins de projeto, a taxa de Vazão de Projeto Tratada deverá ser usada. Como acompanhamento do teste de sólidos totais suspensos, mais estudos da Unidade de Qualidade de Água foram feitos para determinar a eficácia da remoção de óleo da unidade.

Teste de Remoção de Óleo do Alden Labs

A mesma UQA de 1500mm de diâmetro, que foi usada no teste de remoção de sólidos suspensos totais no Alden Labs, também foi usada para o estudo de remoção de óleo. A unidade novamente sofreu pequenas modificações para uma determinação precisa da eficácia na remoção de óleo.

Uma parede separadora, conjunto de retração e áreas de bloqueio da parede lateral foram acrescentadas para confinar o óleo coletado, de modo que ele pudesse ser facilmente identificado.

Óleo vegetal de soja foi usado como mídia de teste. A densidade do óleo era de aproximadamente 0,92 g/ml. O óleo foi introduzido no sistema por meio de uma bomba calibrada antes do teste para determinar a relação entre a velocidade da bomba e a taxa de alimentação do óleo. Mais uma vez, os níveis de fundo foram registrados para determinar qualquer influência da água usada no sistema. A UQA foi testada com taxas de fluxo variando de 0,5 cfs (14,2 L/s) a 2 cfs (56,6 L/s). A concentração de injeção de óleo variou de 50 a 100 mg/L.

Os testes foram feitos por um período de 1 a 2 horas, dependendo da vazão influente, até aproximadamente 10 litros de óleo serem injetados na unidade. Após a injeção de óleo ser interrompida, a unidade foi mantida em operação por um período adicional para garantir que todo o óleo tivesse sido injetado na unidade e que o volume de água transportando o óleo tivesse passado por ela. Taxas de vazão e eficiências de remoção são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Eficiências de Remoção de Óleo

<i>Taxa de Vazão (cfs)</i>	<i>Eficiência de Remoção (%)</i>
0.5	95
1	87
1.5	80
2	57

Novamente, a taxa de vazão pretendida para fins de projeto é de 1,5 cfs para a unidade de 1500mm. Isso mostraria uma taxa de remoção de 80%. O escalonamento dessa informação permanece igual, conforme mostrado na seção anterior.

Teste de Campo e Pesquisa

Devido às complexidades da pesquisa em campo e à dependência das condições climáticas favoráveis, os testes em campo exigem mais tempo e recursos. Além disso, pela falta de controle sobre todas as variáveis, os resultados podem ser um pouco inconsistentes e frequentemente demandam uma análise mais aprofundada ao serem concluídos. No entanto, quando conduzidos de maneira adequada, os dados e testes em campo podem fornecer informações valiosas para melhorias e aperfeiçoamentos futuros.

A UQA está sendo testada em várias instalações de campo. Devido ao tempo necessário para a conclusão desses estudos, nenhum deles foi finalizado até o momento, mas alguns estão gerando informações preliminares. Os estudos atualmente em andamento são os seguintes:

- **Centro de Tecnologia de Águas Pluviais da Universidade de New Hampshire**
- **Estudo de Nashville de Oito Unidades de Qualidade de Água**
- **Teste do Mississippi das Unidades de Qualidade de Água**

O status de cada estudo encontra-se resumido abaixo.

Centro de Tecnologia de Águas Pluviais da Universidade de New Hampshire

Este estudo consiste em uma UQA e um sistema de retenção perfurado em série no local. O local é uma área de estudo para vários dispositivos de tratamento e controle de águas pluviais naturais e fabricados.

Todos os 8 acres (cerca de 32.375 m²) nos quais a propriedade se situa é a área de drenagem de um estacionamento da Universidade.

O escoamento coletado no local é de origem urbana, gerando sedimentos, óleo e graxa. A água pluvial é direcionada de forma controlada para os diferentes dispositivos do local, garantindo que cada equipamento de tratamento receba uma vazão de **1 cfs (28,3 L/s)**. Amostras são coletadas nos lados de entrada e saída da água pluvial para avaliar a Taxa de Remoção de Sólidos Suspensos Totais (TSS) e de materiais flutuantes. Além disso, diversos outros parâmetros estão sendo testados no local, incluindo metais pesados, compostos orgânicos e nutrientes. Coletadores automáticos são usados para amostrar a água, e as informações são centralizadas para facilitar o acesso e a análise.

Adicionalmente, o local foi estudado sob uma perspectiva hidrológica, coletando dados detalhados sobre índices de precipitação e taxas de escoamento. Com base nesses dados, tempestades que atendem aos parâmetros adequados são selecionadas para a criação do conjunto de dados de amostras.

Um conjunto completo de dados e os parâmetros de teste estão disponíveis mediante solicitação. Resultados preliminares ainda não estão disponíveis publicamente.

Estudo de Nashville de Oito UQA's

Este estudo consiste em oito Unidades de Qualidade de Água localizadas em diversos locais ao redor da área do metrô de Nashville. O teste foi realizado pela Qore Property Sciences e o relatório final foi emitido em 23 de junho de 2005.

As oito unidades foram testadas individualmente para um evento de tempestade dentro da capacidade de tratamento de cada unidade. As amostras foram coletadas de acordo com o Protocolo de Parceria de Reciprocidade de Aceitação de Tecnologia (TARP) para demonstrações BMP de Águas Pluviais. O teste foi feito de acordo com a ASTM 3977-97, Método de Teste Padrão para Determinar a Concentração de Sedimentos em Amostras de Água, para a faixa de partículas especificadas por Nashville utilizando o Nº 10 para a peneira Nº 140.

Os resultados do teste são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado do estudo de Nashville

<i>Local</i>	<i>Diâmetro da UQA (mm)</i>	<i>Peneira #</i>	<i>Peso do Influyente Retido (g)</i>	<i>Peso do Efluente Retido (g)</i>	<i>Percentual Removido</i>
Saúde Ocupacional 4300 Sidco Drive	1200	140	8,28	0,14	98
Jim and Nick's BBQ 7004 Charlotte Pike	1500	140	2,99	0,05	98
Lava-rápido 7006 Charlotte Pike	900	140	1,5	0,30	80
Shurgard Storage 2360 Gallatin Road	1200	140	4,59	0,21	95
Southern Unit: Walgreen's HWY 100 em Old Harding Pike	1200	140	1,81	0,13	93
Taco Bell 2904 Gallatin Road	1200	140	1,21	0,08	93
High Tech Institute 560 Royal Parkway	1050	140	0,88	0,08	91
DMW Expedite 1850 Elm Hill Pike	1200	140	1,22	0,21	83

Além dos resultados resumidos na Tabela 4, uma análise do tamanho das partículas indo da peneira Nº 10 à Nº 200 também foi realizado. As amostras retiradas estavam de acordo com o protocolo TARP e a ASTM 3977-97 foi utilizada para determinar as eficiências resultantes. Um resumo dos resultados é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise do tamanho das partículas

<i>Local</i>	<i>Diâmetro da UQA (mm)</i>	<i>Peneira #</i>	<i>Peso do Influyente Retido (g)</i>	<i>Peso do Efluente Retido (g)</i>	<i>Percentual Removido</i>
Saúde Ocupacional 4300 Sidco Drive	1200	200	8,29	0,15	98
Jim and Nick's BBQ 7004 Charlotte Pike	1500	200	3,29	0,07	98
Lava-rápido 7006 Charlotte Pike	900	200	1,70	0,31	82
Shurgard Storage 2360 Gallatin Road	1200	200	4,60	0,21	95
Southern Unit: Walgreen's HWY 100 em Old Harding Pike	1200	200	1,99	0,15	93
Taco Bell 2904 Gallatin Road	1200	200	1,20	0,10	92
High Tech Institute 560 Royal Parkway	1050	200	0,94	0,10	89
DMW Expedite 1850 Elm Hill Pike	1200	200	1,62	0,34	79

Teste de Mississippi das Unidades de Qualidade de Água

O teste de Mississippi consiste em 5 UQA's individuais em um único local no Mississippi. As unidades estão localizadas em um prédio comercial de Lowes. As unidades foram instaladas, limpas a partir das operações de construção e estão prontas serem testadas. Nenhum resultado está disponível no momento.

Conclusão

A UQA da ADS Tigre pode fornecer tratamento significativo para a qualidade das águas pluviais em uma grande variedade de projetos de drenagem. O tratamento tanto de poluentes que se depositam quanto dos flutuantes oferece uma boa técnica de gestão em nível inicial. Isso possibilita o uso do dispositivo tanto em uma configuração autônoma quanto como o primeiro passo em uma linha de tratamento.