

## Teste das Unidades de Qualidade de Águas Pluviais

### Introdução

Nos últimos 20 anos, a gestão de águas pluviais se tornou uma questão cada vez mais importante nos Estados Unidos. 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 são apenas a quantidade de águas pluviais, mas também a qualidade das águas pluviais. A Unidade de Qualidade de Águas Pluviais (UQA) da Tigre-ADS é a primeira etapa da corrente de tratamento: remoção de detritos flutuantes, sólidos suspensos, e contaminantes.

### Desenvolvimento

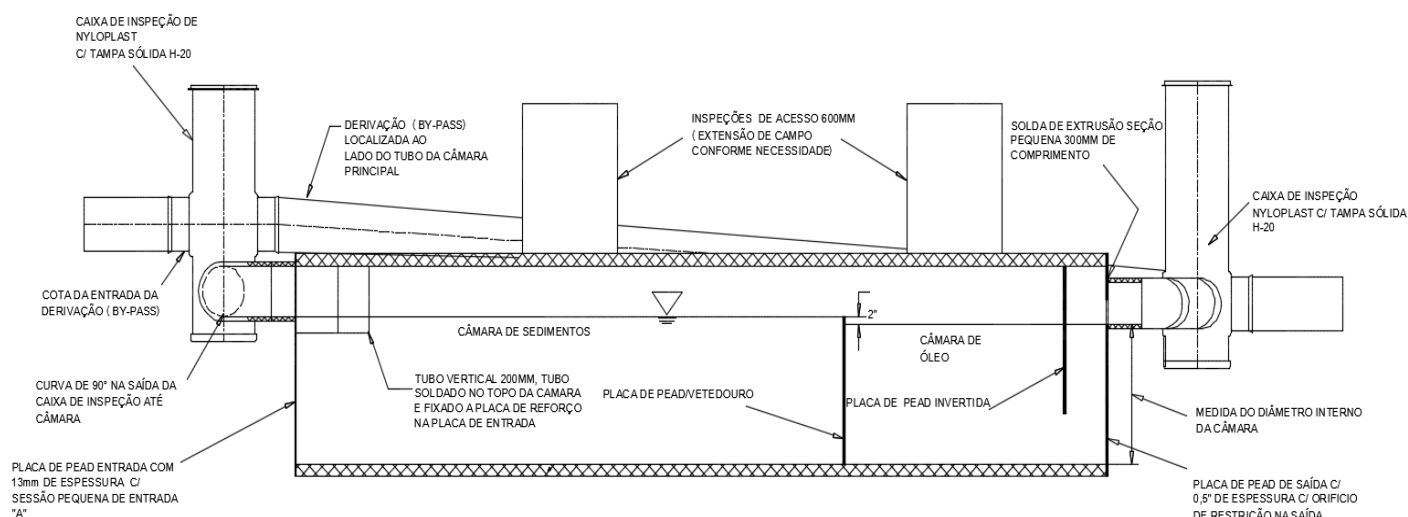
A UQA da Tigre-ADS foi desenvolvida para oferecer um método simples e eficaz para o controle da qualidade das águas pluviais. O projeto básico da unidade é um separador de óleo. A unidade consiste de um vertedouro vertical para capturar sedimentos e um vertedouro invertido adicional para capturar as partículas flutuantes, tais como óleos, graxa e detritos. Essa tecnologia existe há vários anos, e é muito eficaz até mesmo em eventos de grandes tempestades. Durante eventos de grandes tempestades, os separadores de óleo estão sujeitos à suspensão de solutos e lavagem de partículas flutuantes. Apesar da eficiência das primeiras unidades ser razoavelmente alta, elas tinham dificuldade em reter as partículas, que ficavam presas durante tempestades de alto volume.

A UQA da Tigre-ADS utiliza a mesma tecnologia, mas aprimorada, para oferecer um método mais eficiente, e ainda simples, de controlar a qualidade da água. O acréscimo de uma derivação externa permite que grandes volumes pluviais sejam desviados ao redor da unidade, sem passar através dela, e causar uma vazão turbulenta. Isso permite a pluviosidade de volume menor, nas quais a maioria dos contaminantes é removida da pavimentação, fica presa na unidade e permanece lá até a unidade ser limpa. Além disso, a UQA da Tigre-ADS é construída com Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que é inerte e muito mais resistente a produtos químicos que os Separadores de Óleo de concreto padrão, anteriormente usados para essas aplicações.

### Projeto

Uma discussão completa da metodologia de projeto da UQA está disponível na Nota Técnica 1.01: *Unidades de Qualidade de Água – EPA Fase II, Melhores Práticas de Gestão*. Em suma, a UQA emprega a lei de Stoke para prever as eficiências de remoção, com base no tamanho da partícula. As unidades são projetadas com uma câmara de sedimentos, uma câmara flutuante, e uma câmara de saída para fornecer à unidade a capacidade de tratamento de águas pluviais. Todas as vazões acima da velocidade requerida são roteadas através da linha de derivação para evitar a suspensão e a remoção dos materiais recolhidos da unidade. Veja a Figura 1 quanto a um layout de uma típica UQA.

## FIGURA 1



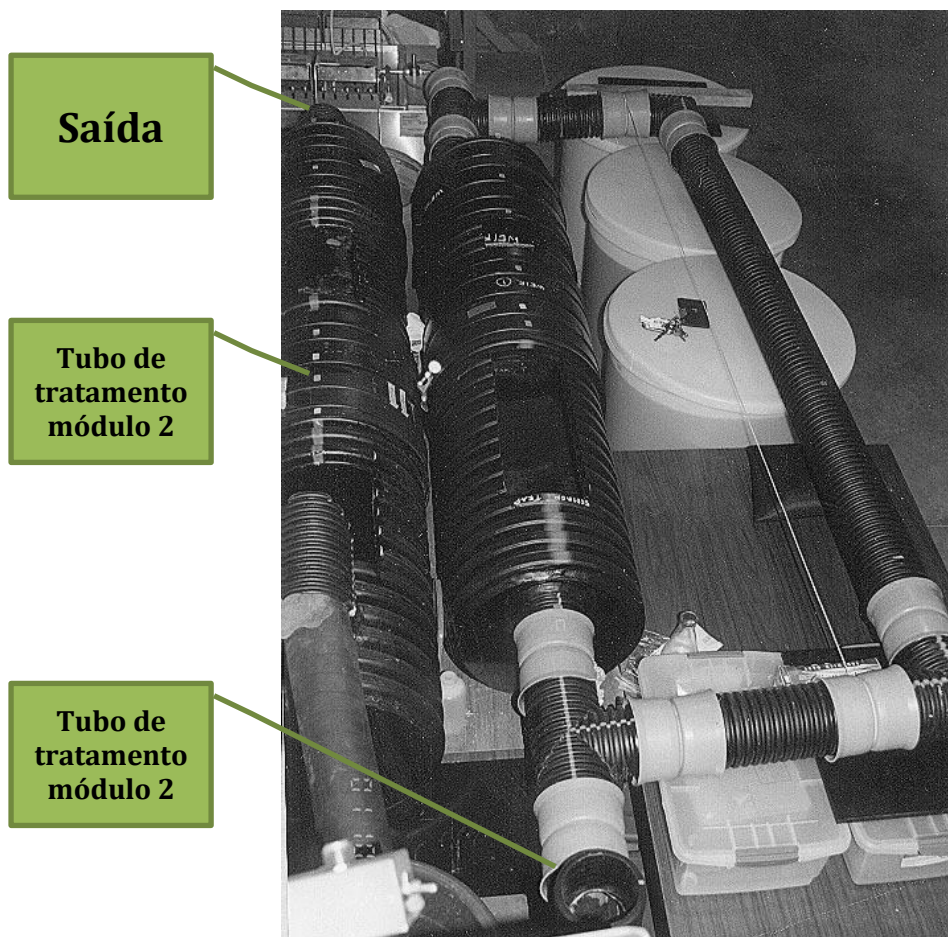
## Teste de Laboratório e Pesquisa

Como qualquer dispositivo projetado para tratar da qualidade da água, testes deverão ser feitos para determinar as taxas de eficácia de remoção do dispositivo. A UQA da Tigre-ADS foi submetida a vários protocolos de teste diferentes para determinar as taxas de remoção, tanto para sólidos suspensos totais (TSS), óleo e hidrocarbonetos. Os testes foram realizados tanto no laboratório como em campo. A seguir encontra-se um resumo dos testes que foram iniciados ou concluídos na UQA da Tigre-ADS:

### Teste de Laboratório do Modelo em Escala da Universidade de Ohio

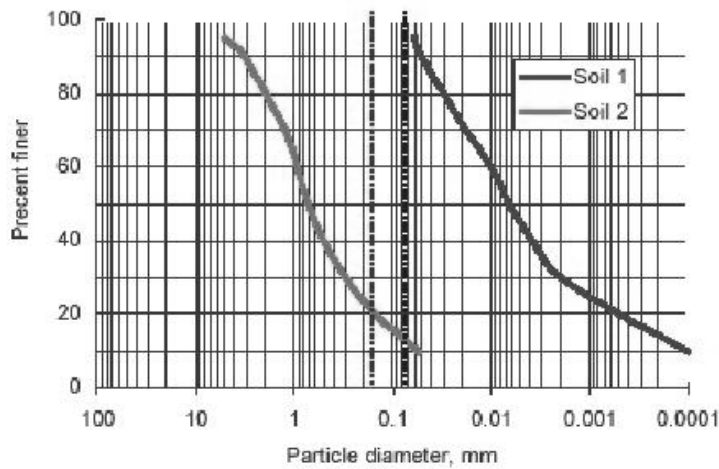
O teste consiste de um loop de teste do modelo em escala, incluindo a Unidade de Qualidade da Água e a linha de derivação. O modelo testado foi uma Unidade de Qualidade de Água com 300mm de diâmetro, com seus devidos acessórios em escala. Esse teste foi concluído em setembro de 2003. O modelo foi testado para remoção de óleo e sedimentos durante a avaliação. Um layout do loop de teste é mostrado abaixo na Figura 2.

Figura 2



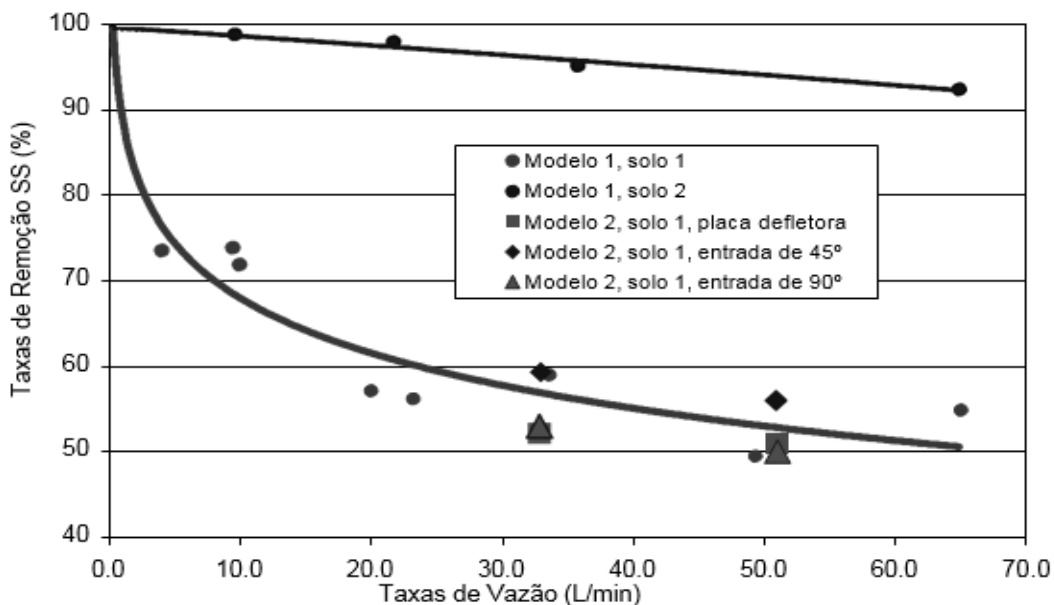
Dois solos diferentes foram usados para a avaliação no estudo de Laboratório da Universidade de Ohio. Os solos são mostrados como Tipo 1 e Tipo 2. O solo Tipo 1 contém partículas que são geralmente menores do que o tamanho de peneira 200 ou 75 micra. O solo Tipo 2 contém partículas que são geralmente maiores que a peneira 200 ou 75 micra. As análises da peneira, para ambos os tipos de solo, são mostradas abaixo nas Figuras 3 e 4. As linhas verticais representam os tamanhos de partícula das peneiras 140 e 200.

Figura 3



O Solo Tipo 1 mostrou taxas de remoção de 50 a 60% nos regimes de maior vazão. Isso seria esperado para esse tipo de solo, dados os menores tamanhos de partícula e as taxas de vazão usadas na experiência. Nos testes com taxas de vazão mais baixas, as taxas de remoção aumentaram à medida que o tempo de residência aumentava. Novamente, isso era esperado com qualquer distribuição de solo que pudesse ser usada no sistema. O Tipo de Solo 1, em sua maioria, consistia de partículas muito finas, tais como argila e sedimentos. O desempenho da UQA utilizando esses tamanhos de partícula foi excelente, considerando-se que estavam fora do projeto da unidade. Um gráfico das taxas de remoção para ambos os tipos de solo é mostrado na Figura 4.

Figura 4



O Solo Tipo 2 consistia de partículas que eram geralmente maiores que a peneira 200 e maiores do que os solos do Tipo 1. Esses solos, devido a seu maior tamanho, permitiram menos tempo de residência na unidade e ainda mantiveram altas taxas de remoção. As taxas de remoção para esses tamanhos de partícula eram superiores a 90% para os regimes de vazão testados. Os solos que estavam presentes nessa faixa de classificação eram partículas destinadas à remoção na Unidade de Qualidade de Água da ADS.

## Escalonamento dos Dados de Laboratório

O teste de laboratório é um método conveniente para testar teorias, práticas, e princípios de projeto. Ele fornece um método para usar um ambiente controlado e alterar as variáveis adequadas para realizar a experiência e atingir os resultados desejados. Isso é particularmente verdade quando modelos em escala podem ser usados para reduzir o custo e a logística de testar grandes dispositivos. Quando o teste for concluído, ele deverá ser escalonado para o padrão adequado para produzir resultados que possam ser previstos no mundo real. No caso da UQA da Tigre-ADS, isso requer que a unidade seja escalonada para taxas de vazão e tamanhos de UQA adequados para aplicação.

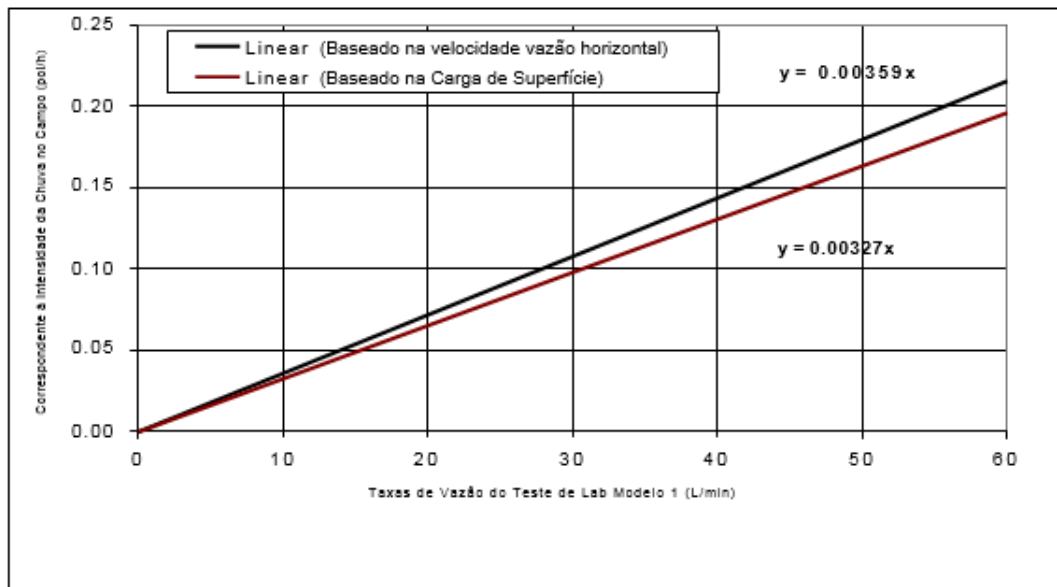
Dois métodos para escalonar os dados de laboratório são discutidos aqui. Eles são o “método de carga de superfície” e o método de “velocidade de vazão horizontal”.

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 pega a taxa de escoamento, e a converte em uma vazão baseada no diâmetro do tubo, para obter a velocidade da vazão. Se ambos esses 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



## 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 (SST). 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 secado. Quando o material estiver seco, ele é pesado e a concentração dos sólidos suspensos total é determinada.

Para a UQA da Tigre-ADS, 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 da UQA e da 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 no tamanho dos risers 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, do lado de entrada e saída. Os risers de 900mm foram acrescentados basicamente



como risers de inspeção e para acesso ao sistema em caso de modificações ou alterações no procedimento de monitoramento e teste serem necessárias. Além disso, os risers grandes propiciaram acesso mais fácil para limpeza do sistema entre os testes. Os flanges foram colocados do lado de entrada e saída da unidade para permitir que a UQA fosse inserida no loop de teste, e para oferecer uma conexão à prova d'água para o procedimento de teste. O tubo de pequeno diâmetro no inversor foi colocado para permitir que a unidade fosse facilmente drenada e limpa para os testes subsequentes em diferentes taxas de vazão. Em todos os outros aspectos a unidade testada era uma UQA padrão da Tigre-ADS com adequado espaçamento e altura entre as barragens.

O teste da unidade foi executado em diversas taxas de vazão, para determinar a variação nos níveis de eficiência para a UQA com base na taxa de vazão e tempo de residência. A concentração de sedimentos foi de aproximadamente 250 mg/L. Cada teste executado consistiu de 5 pares de amostra de entrada e saída para fornecer um conjunto de dados adequado para teste da unidade. O timing das amostras foi tal que o tempo de residência na unidade foi levado em consideração para fornecer amostras que eram coordenadas entre si. Uma foto da unidade de teste, no loop de teste, é mostrada na Figura 6.

**Figura 6**



A mídia de teste usada consistiu de 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

## Média 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

Múltiplos testes foram realizados na unidade para propiciar uma análise abrangente do desempenho da unidade em diversas taxas de vazão. A taxa de vazão almejada, com base na Lei de Stoke para a Unidade de Qualidade da Água de 1500mm é de 41.63 L/s. Os testes foram feitos acima e abaixo da taxa de vazão prevista para a unidade para determinar as limitações de desempenho. Para o teste de 42.48 L/s, a taxa média de remoção da areia OK-110 foi de 88,3%. Como resultado desse teste, um fator de escala pode ser usado para correlacionar os resultados a UQA's de diferentes tamanhos e indica que o projeto para as unidades é preciso. Escalonamento para unidades de outros tamanhos é feito através da seguinte equação:

$$Q_{tratamento} = (5.167L/s / m^2)(\text{área})$$

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

Código	Área Mínima da Câmara de Tratamento (m <sup>2</sup> )	Vazão Máxima Tratada (L/s) (Testado)	Vazão de Projeto Tratada (L/s) (Recomendado)
3620WQB	5.156	26.618	19.822
3640WQB	10.312	53.236	45.307
4220WQB	5.986	30.865	2.352
4240WQB	11.971	61.731	51.820
4820WQB	6.633	34.263	31.998
4840WQB	13.267	68.527	67.677
6020WQB	8.222	42.475	41.626
6040WQB	16.444	84.951	83.252



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 utilizando-se uma bomba, que foi 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 vazão variando de 14.16 L/s a 56.63 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 o óleo de vazão ter sido descontinuado, deixou-se a unidade operar por um período de tempo para se certificar de que todo o óleo tinha sido injetado na unidade, e que o volume de água transportando o óleo tinha passado. Taxas de vazão e eficiências de remoção são mostradas na Tabela 3.

**Tabela 3**  
**Eficiências de Remoção de Óleo**

<b>Taxa de Vazão (L/s)</b>	<b>Eficiência de Remoção (%)</b>
14.158	95
28.316	87
42.474	80
56.632	57

Novamente, a taxa de vazão pretendida para fins de projeto é de 42 L/s 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 de campo e da dependência do clima para cooperação, testes de campo requerem mais tempo e recursos. Além disso, devido à falta de controle em todas as variáveis, os resultados podem ser um pouco inconsistentes e geralmente requerem mais análise quando concluídos. Contudo, os dados de campo e os testes quando corretamente abordados, podem fornecer informações valiosas para mais aprimoramentos e melhorias. A UQA está sendo testada em várias instalações de campo. Devido ao tempo necessário para concluir esses estudos, nenhum dos estudos de campo atuais foi concluído, mas alguns deles estão produzindo 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 de uma Unidade de Qualidade de Água e de um sistema de retenção perfurado em série no local. O local é uma área de estudo para vários dispositivos fabricados e naturais de tratamento e controle de águas pluviais. Todos os 8 acres nos quais a propriedade se situa é a área de drenagem de um estacionamento da Universidade. O escoamento coletado do local é urbano e gera sedimentos, óleo e graxa. A água pluvial é medida para todos os diferentes dispositivos no local, de modo que cada dispositivo de tratamento recebe 1 cfs. A água pluvial é amostrada dos lados influente e efluente para fornecer a Taxa de Remoção de TSS e Flutuantes. Vários outros parâmetros também são testados neste local, incluindo metais pesados, orgânicos e nutrientes. Os amostradores utilizados são automáticos e as informações são coletadas centralmente para facilidade de acesso.

Além disso, o local foi estudado do ponto de vista hidrológico para fornecer dados detalhados sobre chuva e taxas de escoamento. A partir desses dados, tempestades que fornecem parâmetros adequados são selecionadas para fornecer o conjunto de dados de amostra. Um conjunto completo de dados e os parâmetros para teste estão disponíveis mediante solicitação. Os resultados preliminares não estão disponíveis ao público neste momento.

## Estudo de Nashville de Oito Unidades de Qualidade de Água

Este estudo consiste de 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**

<i>Local</i>	<i>Diâmetro da Unidade</i>	<i>Peneira #</i>	<i>Peso do Influyente Retido (Gramas)</i>	<i>Peso do Efluente Retido (Gramas)</i>	<i>Percentual Removido</i>
Saúde Ocupacional 4300 Sidco Drive	1200mm	140	8,28	0,14	98
Jim and Nick's BBQ 7004 Charlotte Pike	1500mm	140	2,99	0,05	98
Lava-rápido 7006 Charlotte Pike	900mm	140	1,5	0,3	80
Shurgard Storage 2360 Gallatin Road	1200mm	140	4,59	0,21	95
Southern Unit: Walgreen's HWY 100 em Old Harding Pike	1200mm	140	1,81	0,13	93
Taco Bell 2904 Gallatin Road	1200mm	140	1,21	0,08	93
High Tech Institute 560 Royal Parkway	1050mm	140	0,88	0,08	91
DMW Expedite 1850 Elm Hill Pike	1200mm	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**

Local	Diâmetro da Unidade	Peneira #	Peso do Influyente Retido (Gramas)	Peso do Efluente Retido (Gramas)	Percentual Removido
Saúde Ocupacional 4300 Sidco Drive	1200mm	200	8,29	0,15	98
Jim and Nick's BBQ 7004 Charlotte Pike	1500mm	200	3,29	0,07	98
Lava-rápido 7006 Charlotte Pike	900mm	200	1,7	0,31	82
Shurgard Storage 2360 Gallatin Road	1200mm	200	4,6	0,21	95
Southern Unit: Walgreen's HWY 100 em Old Harding Pike	1200mm	200	1,99	0,15	93
Taco Bell 2904 Gallatin Road	1200mm	200	1,2	0,1	92
High Tech Institute 560 Royal Parkway	1050mm	200	0,94	0,1	89
DMW Expedite 1850 Elm Hill Pike	1200mm	200	1,62	0,34	79

### Teste de Mississippi das Unidades de Qualidade de Água

O teste de Mississippi consiste de 5 Unidades individuais de Qualidade de Água 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 para começar a ser testadas. Nenhum resultado está disponível no momento.

## Conclusões

A UQA da Tigre-ADS pode fornecer tratamento significativo para a qualidade das águas pluviais em uma grande variedade de projetos para águas pluviais. O tratamento de ambos os poluentes de assentamento e flutuação fornece uma boa técnica de gestão de primeiro nível. Isso propicia a oportunidade de usar o dispositivo tanto em uma configuração independente, ou como a primeira etapa em uma sequência de tratamento.