

Monitoramento da qualidade do ar interno

simplificado com o Contador de partículas Fluke 985

Nota de aplicação

Introdução

A economia de energia é a principal preocupação dos proprietários de instalações. O sistema HVAC tende a ser o que mais contribui com o consumo de energia. Isenções de impostos são frequentes com base na economia de energia por metro quadrado. Mas a economia sobre os custos de energia do HVAC pode causar sérios problemas à qualidade do ar interno devido a ventilação, temperatura e controle de umidade inadequados. Por exemplo, manter o sistema desligado até os ocupantes de um prédio chegarem ao trabalho de manhã talvez economize dinheiro, mas propicia o acúmulo de agentes poluidores no ar. Se o sistema HVAC não receber manutenção adequada e os filtros de ar não forem verificados, com certeza haverá problemas com a qualidade do ar interno. Os

efeitos da qualidade do ar interno (IAQ) têm sido destacados em inúmeros relatórios de risco no ambiente e esforços corporativos conjuntos pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos). Estudos mais avançados indicam que o ar interior de alguns prédios comerciais é até 5 vezes mais poluído que o ar exterior.

Partículas aéreas apresentam-se em diversas formas, desde a descamação da pele de animais, pólen e bactérias aéreas até fibra de vidro, amianto e partículas de combustão geradas por parte do equipamento ou processo de produção. Para identificar adequadamente os problemas da qualidade do ar interno e solucioná-los, os técnicos precisam de uma ferramenta que não somente lê concentrações de partículas para verificação pontual, mas também oferece monitoramento contínuo para o controle de processos.



Por que a contagem de partículas é importante

Diferentes locais têm níveis variáveis de concentração de partículas aceitáveis. Em um ambiente residencial e comercial (por exemplo, casas, escritórios e hotéis), a preocupação com saúde e conforto e o medo de litígios frequentemente impulsionam investigações da qualidade do ar interno. Em ambientes industriais e institucionais (hospitais, fábricas de alimentos e de bebidas, fabricação de eletrônicos e de precisão), o custo de energia, o controle de contaminação e a produção são a principal preocupação. Níveis muito altos de partículas podem resultar em condições médicas como a "Síndrome de Edifícios Doentes" (SED), no rebaixamento no nível de produtividade, em produtos contaminados ou em todas essas consequências.

Manter o nível aceitável da qualidade do ar reduz os custos correspondentes ao tempo de paralisação e, além disso, reduz ou elimina os custos de medidas corretivas dispendiosas no futuro. O primeiro passo na implantação de um programa de manutenção da qualidade do ar é saber se existe algum problema atualmente.

Investigação da qualidade do ar interno

Uma investigação da qualidade do ar interno é a primeira etapa em um programa de manutenção contínua ou para a solução de reclamações possivelmente associadas à qualidade do ar. Independentemente de o ambiente ser comercial, residencial, industrial ou institucional, a metodologia é parecida:

1. Faça uma pesquisa com as pessoas de mais confiança no local. Quem fez reclamações e quais são os sintomas relatados? As pessoas que reclamaram trabalham em uma área centralizada ou espalhadas em diversas áreas do local? O objetivo é verificar o nível de toxicidade ou concentração confirmada por reações alérgicas ou irritação no conforto humano ou aumento de contaminação em produtos.
2. Faça uma pesquisa do histórico do prédio. Quando as instalações foram construídas ou reformadas? Houve alguma ocasião em que ocorreram muitos danos? Como foram efetuados os consertos? Quais são as práticas de manutenção nas instalações? Por exemplo, talvez tenham sido feitos consertos de vazamentos no encanamento ou no telhado, mas o dano subjacente causado pela umidade não tenha sido corrigido.
3. Faça uma inspeção física. É necessário conhecer o ambiente de teste para poder levar em conta as fontes de partículas nocivas. Em um dado local, é necessário levar em conta todas as áreas em que se encontram as saídas de ar, fornalhas, suprimentos de limpeza, bem como áreas recém-pintadas ou recém-acarpetadas, especialmente se estiverem dentro da área relacionada às reclamações. Existe algum cheiro ou alguma fonte visível de partículas (ex.: mofo)?
4. Efetue medições da qualidade do ar. Ao realizar uma investigação completa da qualidade do ar interno, é necessário medir temperatura, umidade, teor de CO e CO₂ para poder identificar problemas relacionados a ventilação contaminada ou inadequada que pode causar problemas de partículas. As medições de temperatura e umidade, por exemplo, desempenham um papel fundamental na identificação de mofo e bactérias. O alto índice de umidade relativa e a concentração de partículas de 3,0 µm ou superior em um recinto podem indicar a presença de esporos de mofo que, uma vez identificados, podem ser eliminados. A alta concentração de partículas de 0,3 µm a 10 µm pode indicar a presença de bactérias que podem colocar em risco um paciente em uma sala de cirurgia ou uma enfermaria especial.

O procedimento mais eficaz para avaliar a qualidade do ar interno é fazer várias medições do ar externo como medida de referência, levando em conta o local das medições em relação às instalações. Pelo menos uma das medições deve ser feita em proximidade à entrada de ar fresco do prédio. Preste atenção, contudo, na localização das entradas de ar para assegurar que as medidas de referência não sejam distorcidas por fontes de poluição, como, por exemplo, no caso de um local da medição próximo a uma plataforma de carga. Em seguida, é calculada uma "medida-alvo" de partículas para o ar interno, baseada na eficiência da filtragem do ar interno e nas medições de referência. No caso de aplicação em sala limpa, as medições "as built", "at rest" ou "operational" (as três fases de sala limpa)

podem ser usadas como referência. Entretanto, quando a referência é estabelecida, os dados coletados devem sempre ser comparados com a "mesma" referência.

A identificação de fontes de partículas é um processo difícil, porque as partículas tendem a se dispersar rapidamente no ar circundante. Um dos métodos empregados consiste em efetuar várias medições no ambiente interno, começando pela área da reclamação e prosseguindo de dentro para fora. Obtenha um mapa dos sistemas HVAC conforme eles tiverem sido instalados e use-o para criar uma rota de inspeção. Em cada zona, faça uma medição no meio do espaço, bem como próximo a entradas e saídas de ar e qualquer outro elemento do sistema HVAC. Certifique-se de fazer uma medição no sentido superior e inferior de todos os filtros HEPA. À medida que os dados são coletados, preste atenção a qualquer aumento no número ou no tamanho de partículas. Use o recurso de identificação de local e armazenamento de dados do Fluke 985 para distinguir a concentração de partículas em locais diferentes para comparação. Compare as medições de partículas com a medida de referência para ter uma noção da gravidade relativa da concentração de partículas e identificar os pontos de passagem e concentração que possam levar a uma fonte de partículas. Continue no percurso das concentrações mais altas até identificar a fonte. Após serem tomadas as providências necessárias para eliminar a fonte, a área deve ser reavaliada para garantir que o problema foi resolvido.

Juntamente com o medidor de temperatura e umidade do Fluke 971, o técnico também pode comparar as leituras de temperatura e umidade com os parâmetros aceitos (consulte os padrões ASHRAE 55 e 62) para obter uma investigação básica da qualidade do ar interno e tomar as providências adequadas para resolver o problema.



Interpretação dos dados

Para interpretar os dados corretamente, é necessário conhecer a área de teste. Trata-se de uma área residencial ou comercial? É uma sala limpa ou uma área de fabricação de precisão? A sala limpa está na fase “at rest” ou “operational”? O local é exposto a fumaça de tabaco ou a partículas combustíveis? Há alguma construção no local ou nas proximidades? A avaliação correta do ambiente pode ajudar a restringir a lista de partículas nocivas.

Os limites de concentração variam muito dependendo do tamanho e tipo das instalações, entre outras variáveis. Contudo, uma avaliação de alto nível pode dar uma orientação boa no caso de existir algum problema. As seguintes medições de ar externo servem como ponto de referência de alto nível para o técnico:

| Size | Cumulative |
|---------|------------|
| 0.3 µm | 814908 |
| 0.5 µm | 94271 |
| 1.0 µm | 16530 |
| 2.0 µm | 7264 |
| 5.0 µm | 2926 |
| 10.0 µm | 145 |

1.0 F³

10:27:15 AM
11-14-2011

Figura A.

Situação 1: Os níveis de partículas apresentados na Figura B são de uma casa nova (construída a menos de 5 anos) e não indicam nenhuma concentração fora da faixa normal. Em ambiente residencial, às vezes os níveis de partículas são mais altos do que ao ar livre, devido à existência de um maior número de fontes potenciais de partículas (ex.: descamação da pele de animais domésticos), menor área de dispersão e filtragem menos sofisticada.

| Size | Cumulative |
|---------|------------|
| 0.3 µm | 315298 |
| 0.5 µm | 101875 |
| 1.0 µm | 61879 |
| 2.0 µm | 45519 |
| 5.0 µm | 28105 |
| 10.0 µm | 2607 |

1.0 F³

11:27:15 AM
11-14-2011

Figura B.

Situação 2: Os níveis de partículas apresentados na Figura C são representativos da área de trabalho em um escritório comum e não indicam nenhuma concentração fora da faixa normal. Em recinto comercial, os níveis de partículas deveriam ser bem mais baixos do que no ar externo, devido à melhor filtragem e maior diluição com o ar externo.

| Size | Cumulative |
|---------|------------|
| 0.3 µm | 113899 |
| 0.5 µm | 21898 |
| 1.0 µm | 9383 |
| 2.0 µm | 5934 |
| 5.0 µm | 3285 |
| 10.0 µm | 617 |

1.0 F³

12:27:15 PM
11-14-2011

Figura C.

Situação 3: Os níveis de partículas na Figura D são de um local residencial mais antigo em que a presença de mofo é visível. Os resultados das medições são substancialmente mais altos, e neste caso devem ser tomadas providências para eliminar o mofo e eliminar a causa principal do problema.

| Size | Cumulative |
|---------|------------|
| 0.3 µm | 2651469 |
| 0.5 µm | 291193 |
| 1.0 µm | 70852 |
| 2.0 µm | 36837 |
| 5.0 µm | 17993 |
| 10.0 µm | 1979 |

1.0 F³

1:27:15 PM
11-14-2011

Figura D.

Situação 4: Se a fonte de partículas na Situação 3 não for visível, use uma tabela de tamanho de partículas, como a da Tabela 1, para identificar possíveis fontes. Colete uma amostra de partículas e remeta a um laboratório de análise.

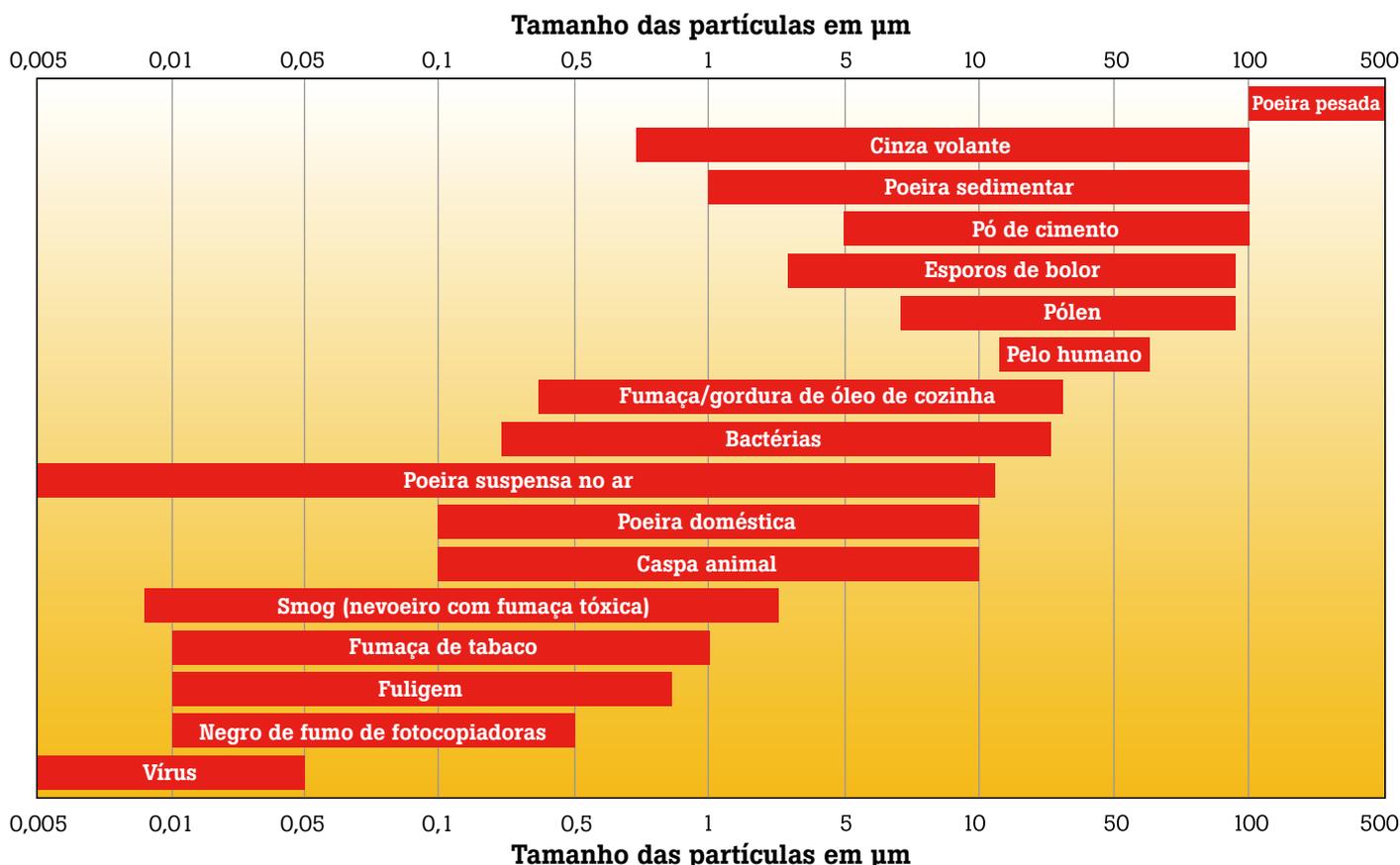


Tabela 1:

Exemplo de sala limpa (certificação e monitoramento)

Salas limpas são locais ideais para aplicação de contadores de partículas. A certificação em salas limpas é normalmente conduzida na fase “as build”. Para fins de ilustração, vamos testar o Fluke 985 na avaliação de uma sala limpa Classe 5 ISO (conforme o padrão ISO 14644). Para se classificar como sala limpa Classe 5, os níveis das medições não podem ultrapassar os limites de tamanho de partícula definidos para a classe, apresentados na tabela a seguir:

Nosso teste se refere à concentração de partículas de 0,3 µm na sala. Foram coletadas várias amostras de 2 litros em seis pontos da sala em mais de seis horários diferentes, com os seguintes resultados:

| Classificação ISO | Limites de partículas por classe | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 0,1 µm | 0,2 µm | 0,3 µm | 0,5 µm | 1,0 µm | 5,0 µm |
| | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 1 | 10 | 2 | | | | |
| 2 | 100 | 24 | 10 | 4 | | |
| 3 | 1.000 | 237 | 102 | 35 | 8 | |
| 4 | 10.000 | 2.370 | 1.020 | 352 | 83 | |
| 5 | 100.000 | 23.700 | 10.200 | 3.520 | 832 | 29 |
| 6 | 1.000.000 | 237.000 | 102.000 | 35.200 | 8.320 | 293 |
| 7 | | | | 352.000 | 83.200 | 2.930 |
| 8 | | | | 3.520.000 | 832.000 | 29.300 |
| 9 | | | | 35.200.000 | 8.320.000 | 293.000 |

| Local (L) | Concentrações (C1) | | | | | | Média Concentração (AC1) |
|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| A | 750 | 560 | 655 | 730 | | | 674 |
| B | 1.575 | 1.250 | 750 | 950 | 1.100 | 1.300 | 1.154 |
| C | 1.300 | 850 | 980 | 1.125 | 1.350 | 975 | 1.097 |
| D | 1.150 | 775 | 450 | 825 | 845 | 1.000 | 841 |
| E | 825 | 855 | 730 | 940 | 695 | 925 | 828 |
| F | 1.700 | 1.585 | 1.135 | 900 | 1.725 | 1.210 | 1.376 |

As medições individuais estão dentro dos limites estabelecidos para salas limpas; contudo, para determinar a validade estatística das medições efetuadas, podemos seguir estas etapas:

Etapa 1: Calcular a concentração média (CM) de partículas

$$M = (CM_1 + CM_2 + CM_3 + CM_4 + CM_5 + CM_6) / L$$

$$995 = (674 + 1154 + 1097 + 841 + 828 + 1376) / 6$$

Etapa 2: Calcular o desvio padrão (DP) em relação às médias (M)

$$SD = (\sqrt{(AC_1-M)^2 + \dots + (AC_6-M)^2}) / (L-1)$$

$$116 = (\sqrt{(674-995)^2 + (1154-995)^2 + (1097-995)^2 + (841-995)^2 + (828-995)^2 + (1376-995)^2}) / (6-1)$$

Etapa 3: Calcular o erro padrão (EP) da média geral das médias

$$SE = SD / (\sqrt{L})$$

$$47,36 = 116 / (\sqrt{6})$$

Etapa 4: Estabelecer o limite superior do intervalo de confiança (UCL – Upper Confidence Limit)

| Núm. de locais | Fator para limite superior de confiança (UCL) correspondente a 95 % | | | | | | | | |
|------------------|---|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9+ |
| 95% fator de UCL | 6,31 | 2,92 | 2,35 | 2,13 | 2,02 | 1,94 | 1,9 | 1,86 | N/A |

$$UCL = M + (EP \text{ do fator de UCL})$$

$$1.087 = 995 + (1,94 * 47,36)$$

O resultado da média de todos os locais está dentro dos requisitos referentes a sala limpa Classe 5.

O Fluke 985 apresenta os dados sobre as partículas em seis canais, em um mesmo mostrador, o que possibilita ao técnico ver rapidamente todas as medidas. Embora o exemplo da sala limpa seja referente a partículas de 0,3 µm, o mostrador único alertaria imediatamente o técnico se houvesse alguma anormalidade nas concentrações de partículas de outros tamanhos. Com o Fluke 985, o técnico pode configurar o número de canais exibidos para diferentes tamanhos de partículas e também definir um alerta de alarme por áudio ou texto destacado para concentração excessiva de contagem do tamanho específico de partícula em questão.

Após a sala limpa ser certificada, o técnico também pode usar a função de gráfico de tendência do Fluke 985 para monitorar a concentração de partículas em um período de tempo específico predefinido pelo técnico. Isso pode ser usado na fase “operational” da sala limpa. Dessa forma, o técnico pode monitorar o processo de fabricação, verificar se há algum pico incomum na concentração de partículas e rastrear o evento que introduz contaminantes no processo. O técnico também pode visualizar a tendência imediatamente na unidade antes da exportação dos dados; economizando o tempo de download dos dados. Com o encaixe USB/Ethernet do Fluke 985, o técnico pode transferir rapidamente os dados para o computador com um cabo USB ou pela rede para análise imediata dos dados, de forma que as medidas corretivas possam ser implantadas rapidamente. A função de Atraso do Fluke 985 é útil para verificar se há concentrações de partículas na sala limpa na fase “at rest” após a saída dos ocupantes do local, se o sistema de ventilação da sala filtrou o ar e se o ambiente foi estabilizado.

Contagem de partículas colocadas em perspectiva

A chave de uma boa investigação da qualidade do ar interno é levar em conta o ambiente como um todo. Localização, histórico do edifício, reclamações, registros de processos e fatores mensuráveis como temperatura e umidade, pressão e concentração de partículas têm seu papel na descoberta de problemas da qualidade do ar interno. Ao usar o contador de partículas, esteja ciente de que uma fonte de partículas pode representar apenas o sintoma de um problema maior subjacente. Remediar a fonte nem sempre resolve os problemas fundamentais de filtragem inadequada, falta de ventilação ou excesso de umidade. Se essas condições não forem examinadas, os sintomas atuais certamente ocorrerão novamente, talvez em grau pior. A contagem de partículas como parte da manutenção preventiva continua é de grande importância para garantir um ambiente saudável e bom rendimento da produção. O Fluke 985 é uma ferramenta avançada, resistente e fácil de usar que ajuda o técnico a identificar problemas relacionados a partículas e resolver a causa principal dos problemas.

Explicação sobre funções do contador de partículas

O uso do contador de partículas é muito simples, contudo, pode ser mais complicado entender as funções que diferenciam os diversos tipos de instrumentos. Os seguintes termos são comumente usados para descrever a precisão, a eficiência e outras qualidades de contadores de partículas aéreas (OPC - Optical Particle Counter).

Modos de contagem O modo de contagem define como o contador de partículas apresenta os dados ao usuário. Os modos de concentração (Concentration) e contagem individual (Raw Count) são dois modos comuns de amostragem. Além desses modos, o Fluke 985 oferece o modo de áudio (Audio). O modo de concentração verifica um pequeno volume de ar e calcula o valor com base na configuração do valor (cm³, pé³ ou litros) no contador, e o modo de contagem individual permite coletar contagens reais de partículas conforme elas são acumuladas por tempo de amostragem. Ele pode ser definido como cumulativo (o número total de partículas é maior que o tamanho de cada canal) ou diferencial (o número de partículas está entre os tamanhos dos canais). O modo Áudio é útil na pesquisa de áreas que excedem os níveis de partículas predefinidos. Quando os níveis são excedidos, o contador notifica o usuário com um alarme sonoro. O modo de contagem define como o contador de partículas apresenta os dados ao usuário.

Contagem zero: A contagem zero é uma medida da precisão do contador de partículas e deve ser efetuada antes de se usar o instrumento e subsequentemente, de forma periódica, ou quando houver suspeita de erro de amostragem. O filtro de contagem zero deve ser anexado ao contador de partículas de acordo com as instruções do fabricante e, em seguida, o contador deve permanecer ligado por 15 minutos. O contador não deverá detectar mais de 1 partícula maior que 0,3 µm em um intervalo de 5 minutos.

Perda devido a coincidência: A perda por coincidência ocorre quando duas partículas atravessam o feixe de luz do contador ao mesmo tempo, criando um pulso único que resulta na contagem de uma única partícula. Esse tipo de erro ocorre com maior frequência quando a concentração de partículas na amostra aumenta. De acordo com o 21501-4, a perda devida a coincidência deve ser menor ou igual a 10% pela

concentração do número máximo de partículas. O Fluke 985 está em 10% a 4.000.000 partículas por pé³.

Eficiência da contagem: É a probabilidade de que o contador detecte e conte uma partícula que passe pelo volume da amostra. A eficiência da contagem é função do tamanho, até um limite mínimo de sensibilidade; acima desse limite, todas as partículas são detectadas e contadas. Uma eficiência de contagem de 50 % correspondente ao limite máximo de sensibilidade é o que normalmente se considera eficiência ótima. Isso permite fazer comparações uniformes entre contagens efetuadas por contadores ópticos (OPCs) e as efetuadas por outros instrumentos de alta resolução.

Sensibilidade: Refere-se à capacidade do instrumento de detectar partículas de tamanho pequeno com determinada eficiência de contagem. O Fluke 985 detecta tamanho de 0,3 µm com eficiência de contagem de 50%.

Calibração: Refere-se a uma série de operações ou procedimentos efetuados para estabelecer a relação entre os valores medidos por um dispositivo e os valores dos parâmetros correspondentes, conforme definidos por um padrão. O Fluke 985 é calibrado com esferas de látex de poliestireno (PSL), amplamente usadas devido às suas propriedades de refração da luz e uniformidade de tamanho, e atende ao ISO 21501-4: Contador de partículas aéreas de dispersão de luz para espaços limpos.

Rastreamento NIST: A capacidade de rastreamento é uma característica de uma medição ou padrão e da respectiva relação com referências estabelecidas, geralmente com padrões nacionais ou internacionais. As esferas de PSL usadas no processo de calibração do Fluke 985 podem ser rastreadas de acordo com os padrões do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos EUA (NIST – National Institute of Standards and Technology).

Fluke. Mantendo seu mundo funcionando.®

Fluke Corporation
PO Box 9090, Everett, WA 98206 EUA

Fluke Europe B.V.
PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, Holanda

Fluke do Brasil Ltda
Av. Major Sylvio de Magalhães Padilha, 5200
Bloco B Conj 42 -- Jd. Morumbi --
São Paulo -- SP
CEP: 05693-000

A modificação deste documento não é permitida sem permissão por escrito da Fluke Corporation.

Para obter mais informações, ligue para os seguintes números:
Tel: 55 11 3759-7600
email: info@fluke.com/br
Site Brasil: <http://www.fluke.com/br>
EUA: (800) 443-5853 ou
Fax (425) 446-5116
Europa/Oriente Médio/África:
+31 (0) 40-2675 200 ou
Fax +31 (0) 40-2675-222
Canadá (800)-36-FLUKE ou
Fax (905) 890-6866
outros países: +1 (425) 446-5500 ou
Fax +1 (425) 446-5116
Site NA Internet: <http://www.fluke.com>

© Copyright 2012 Fluke Corporation. Todos os direitos reservados. Os dados fornecidos estão sujeitos a alterações sem aviso prévio.
31783250 BRPT
É proibido modificar este documento sem permissão escrita da Fluke Corporation.