

Determinação de Sulfato Total e Potencial e Cloreto Total em Etanol de Acordo com o Método ASTM D 7319

Jeff Rohrer
Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA

Palavras-Chave

Dionex AMMS 300, Dionex ICS-2100, Dionex IonPac, ASTM D 7319, Biocombustível, Cloreto, Etanol, Cromatografia de Íons, Sulfato

Introdução

O etanol está sendo cada vez mais usado como aditivo de gasolina, devido ao aumento dos preços do petróleo e a um esforço global para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.¹ A Lei de Política Energética de 2005 aumentou a quantidade de biocombustível, como o etanol, que deve ser misturado à gasolina à base de petróleo, fornecendo incentivos fiscais e garantias de empréstimos para a produção de gasolina combinada.² Desde 2005, os Estados Unidos (EUA) são o maior produtor mundial de etanol combustível. Os EUA produziram 13,2 bilhões de galões de etanol em 2010 e, quando combinados com a produção no Brasil, os dois países representaram quase 90% do etanol produzido naquele ano.^{3,4} A maioria dos veículos nos EUA pode operar com misturas de até a 10% dos fabricantes de etanol e veículos automotores já produzem veículos projetados para rodar com misturas muito maiores de etanol. O etanol é produzido a partir da fermentação de qualquer cultura de amido, como milho, sorgo, batata, trigo e cana-de-açúcar. A biomassa, como talos de milho e resíduos vegetais, também é usada na produção de etanol. Quando combinado à gasolina, o etanol aumenta os níveis de octanagem e promove uma melhor queima de combustível, o que reduz as emissões prejudiciais.⁵ No entanto, o etanol pode ser contaminado com cloreto e sulfato, o que pode contribuir para obstruir e corrosão dos motores de automóveis.

O etanol usado como agente de mistura na gasolina é necessário para atender aos limites de concentração de sulfato e cloreto definidos pela especificação D 4806 da Sociedade Americana para Testes e Materiais (ASTM). De acordo com esta especificação, as concentrações máximas admissíveis de sulfato e cloreto em etanol são 4 mg/L e 40 mg/L, respectivamente.⁶



A Nota de Aplicação Thermo Scientific 175 e a Atualização de Aplicação 161 descrevem dois métodos de cromatografia de íons (IC) para determinar se o etanol usado como agente de mistura na gasolina atende às especificações de cloreto e sulfato totais definidas pela ASTM D 4806.^{7,8} Embora ambos os métodos sejam amplamente utilizados para testes etanol, nenhum dos métodos descreve a determinação do potencial sulfato em etanol. Os sulfatos totais são as espécies de sulfato inorgânico presentes em uma amostra no momento da análise sem tratamento de oxidação, enquanto os sulfatos em potencial são as espécies de sulfato presentes em uma amostra que foi tratada com um agente oxidante. Este estudo descreve um método IC de injeção simples e direta para determinar o sulfato e cloreto total e potencial em etanol usado como aditivo à gasolina. Este método é consistente com o método ASTM D 7319, destinado à análise de amostras de etanol contendo 1,0–20,0 mg/L de sulfato total ou potencial e 1,0–50,0 mg/L de cloreto.⁹

O sulfato e o cloreto totais foram determinados pela injeção direta de 5 µL de etanol em uma coluna Thermo Scientific™ Dionex™ IonPac™ AS4A-SC seguida de supressão química com um tempo de análise de 10 min. O sulfato potencial foi determinado adicionando 0,5 mL de peróxido de hidrogênio a 30% a 9,5 mL da amostra de etanol e injetando 5 µL na coluna Dionex IonPac AS4A-SC. Linearidade, limites de detecção e quantificação e precisão de potencial e sulfato total e cloreto total em diferentes concentrações foram demonstrados. Conforme descrito na Nota de Aplicação Thermo Scientific 201, que mostra a injeção direta de amostras de metanol, esse método IC permite que a injeção direta de amostras de etanol determine cloreto e sulfato e tem sensibilidade para atender à especificação ASTM D 4806.10

Equipamento

- Sistema Thermo Scientific™ Dionex™ ICS-2100*, incluindo:
 - Bomba isocrática simples
 - Desgaseificador a vácuo
 - Injetor de 6 portas de alta pressão
 - Gabinete do aquecedor de coluna
 - Detector de células de condutividade
 - Organizador de Eluentes EO, incluindo regulador de pressão e garrafa de plástico de 2 litros
- Amostrador automático Thermo Scientific™ Dionex™ AS e bandeja de frascos de 2 mL ou um amostrador automático AS-DV com PolyVials de 5,0 mL com tampas lisas
- Software de Sistema de Dados de Cromatografia (CDS), Thermo Scientific™ Dionex™ Chromeleon™ versão 6.8 ou superior
- Hélio ou nitrogênio, grau 4,5 (99,995%) ou superior, <5 ppm de oxigênio (Praxair)
- Unidade de filtro, 0,2 µm de nylon (Thermo Scientific™ Nalgene™ N° de Peça 164-00200 ou filtro de nylon equivalente)
- Bomba de vácuo (Gast Manufacturing Corp. N° de Peça DOA-P104-AA ou equivalente para eluentes de desgaseificação)
- Kit para frascos, 1,5 ml de vidro com tampas e septos (N° de Peça 055427)
- Três conjuntos de garrafas de plástico de 4 L para o modo de operação de regeneração química

Consumíveis

Dionex IonPac AS4A-SC Analítico, 2 × 250 mm (N° de Peça 043125)
 Proteção Dionex IonPac AS4A-SC, 2 × 50 mm (N° de Peça 043126)
 Supressor de micro-membranas aniônicas Thermo Scientific™ Dionex™ AMMS™ 300, 2 mm (N/P 064559)

Reagentes e Padrões

Água deionizada, grau de reagente Tipo I, resistência de 18 MΩ-cm ou superior
 Padrão de cloreto, 1000 mg/L (N° de Peça 037159)
 Padrão de sulfato, 1000 mg/L (N° de Peça 037160)
 Concentrado de eluente AS4A (N° de Peça 039513)
 Concentrado regenerante de supressor de ânions, ácido sulfúrico 0,50 N (N° de Peça 37164, embalagem de 4)
 Etanol, álcool reagente 90,94% etanol, 5% isopropanol, 4,6% metanol (EM Science VWR N° de Peça EM-AX0445-1)
 Ácido sulfúrico, grau de reagente ACS (JT Baker N° de Peça 11-9681-05)
 Peróxido de hidrogênio, classe 30% ACS (Mallinckrodt N° de Peça V340-04)
 Tiosulfato de sódio (JT Baker N° de Peça 3949)

CONDIÇÕES

Coluna:	Dionex IonPac AS4A-SC Analítico, 2 × 250 mm
	Proteção Dionex IonPac AS4A-SC, 2 × 50 mm
Eluente:	Carbonato de sódio 1,8 mM/ Bicarbonato de sódio 1,7 mM
Quociente de vazão:	0,5 mL/min
Inj. Volume	5,0 µL
Temp. da coluna:	30 °C
Deteção:	Condutividade suprimida, Dionex AMMS 300, 2 mm com ácido sulfúrico 50 mN
Condutância em segundo plano:	~ 20 µS
Ruído	3–5 rS pico a pico
Contrapressão	1200 psi
Tempo de execução:	10 min

Soluções e Reagentes de Preparação

Ácido Sulfúrico, 0,5 N

Transfira cuidadosamente 13,7 mL de ácido sulfúrico de grau reagente para ~500 mL de água deionizada (DI) filtrada e desgaseificada em um balão volumétrico de 1 L. Deixe a solução esfriar antes de completar o volume com água deionizada. Inverta o balão várias vezes para misturar.

Ácido Sulfúrico, 50 mN

Dilua 200 mL do concentrado de ácido sulfúrico 0,5 N preparado acima em um balão volumétrico de 2 L adicionando ~1700 mL de água DI filtrada e desgaseificada. Inverta o balão várias vezes para misturar o conteúdo e aumentar o volume para 2000 mL usando água deionizada. Repita este passo várias vezes para encher três frascos de 4 L de regenerante. Se estiver usando o concentrado regenerante (Nº de Peça 9513), basta adicionar o concentrado de 200 mL a 1700 mL de água deionizada filtrada e desgaseificada. Inverta várias vezes para misturar e aumentar o volume para 2000 mL usando água deionizada. Repita este passo várias vezes para encher três frascos de 4 L de regenerante.

Solução Eluente (Carbonato de Sódio 1,8 mM/ 1,7 mM de bicarbonato de sódio)

Transfira 10 mL do concentrado de eluente AS4A para um balão volumétrico de 1 L e adicioná-lo a ~700 mL de água DI filtrada e desgaseificada. Inverta várias vezes para misturar e aumente para 1000 mL usando água deionizada.

Soluções Padrão Estoque

Os padrões de cloreto e sulfato da Thermo Scientificem concentrações de 1000 mg/L foram utilizados para o estudo. Como alternativa, os padrões podem ser adquiridos de outro fornecedor confiável ou preparados manualmente. O padrão de 1000 mg/L de cloreto pode ser preparado dissolvendo 0,1648 g de cloreto de sódio em 100 mL de água DI filtrada e desgaseificada. O padrão de sulfato de 1000 mg/L pode ser preparado dissolvendo 0,1814 g de sulfato de potássio em 100 mL de água DI filtrada e desgaseificada.

Preparação de Padrões de Calibração

Para preparar um padrão de calibração misto, forneça volumes apropriados dos padrões estoque individuais de 1000 mg/L usando pipetas calibradas (consulte a Tabela 1).

Tabela 1. Preparação se padrões de calibração.

Concentração de Ânions (mg/L)	Volume de 1000 mg/L de Estoque de Cloreto (mL)	Volume de 1000 mg/L de Estoque de Sulfato (mL)	Volume Total com Água Deionizada (mL)
0,3	0,03	0,03	100
0,5	0,05	0,05	100
1,0	0,10	0,10	100
5,0	0,50	0,50	100
10,0	1,00	1,00	100
20,0	2,00	2,00	100
50,0	5,00	—	100

Preparação de Amostra

Cuidado: O etanol é inflamável e toda a preparação de amostras deve ser realizada sob uma capela. Observação: Amostras de etanol contendo cloreto, sulfato e outras espécies de enxofre não estavam disponíveis. Prepare amostras simuladas adicionando quantidades conhecidas de cloreto e sulfato em etanol a 90% para determinar o total de sulfato e cloreto. Para a determinação de potencial sulfato, adicione 90% de etanol com uma concentração conhecida de tiossulfato.

Sulfato e Cloreto Totais

Injete diretamente amostras de etanol a 90% com adição de cloreto e sulfato sem preparação adicional.

Sulfato Potencial

Adicione 9,5 mL de etanol a 90% enriquecido com quantidades conhecidas de tiossulfato a um balão volumétrico de 10 mL e adicione 0,5 mL de uma solução a 30% de peróxido de hidrogênio. Agite por ≥30 seg. para garantir uma boa mistura. A concentração final de peróxido de hidrogênio desta mistura é de 1,5%.

Configuração de Sistema

Instale as colunas analíticas e de proteção. Instale o supressor Dionex AMMS 300 no modo de regeneração química, conectando a linha do eluente da saída da coluna à porta ELUENT IN do supressor e a porta ELUENT OUT do supressor Dionex AMMS 300 à porta CELL IN do detector de condutividade. Conecte uma linha regenerante à porta REGEN IN do supressor do reservatório regenerante e conecte uma linha da porta REGEN OUT do supressor Dionex AMMS 300 a um recipiente de lixo.

Inicie o fluxo do eluente da coluna e ajuste a pressão do cabeçote no reservatório de regenerador químico para fornecer uma taxa de fluxo de 2,5–5 mL/min. Se necessário, adicione tubulação de restrição à linha de resíduos regenerantes para obter a vazão necessária. Deixe aproximadamente 5 mL de eluente fluir através da porta Dionex AMMS 300 supressor ELUENT IN e 5 mL de regenerador através da porta REGEN IN. Pare o fluxo de eluente e regenerador para o supressor. Deixe o supressor hidratar por 15–20 minutos. Depois que o supressor estiver adequadamente hidratado, reinicie o fluxo de líquido no supressor e equilibre a coluna com eluente por ≥30 min antes de analisar um branco do sistema de álcool reagente.

Verifique se a condutância e o ruído de fundo do sistema são os especificados na seção Condições. Injete um padrão contendo 5 mg/L de cloreto e sulfato em água. A coluna é equilibrada quando pelo menos três dos cromatogramas resultantes se assemelham aos cromatogramas sobrepostos mostrados na Figura 1.

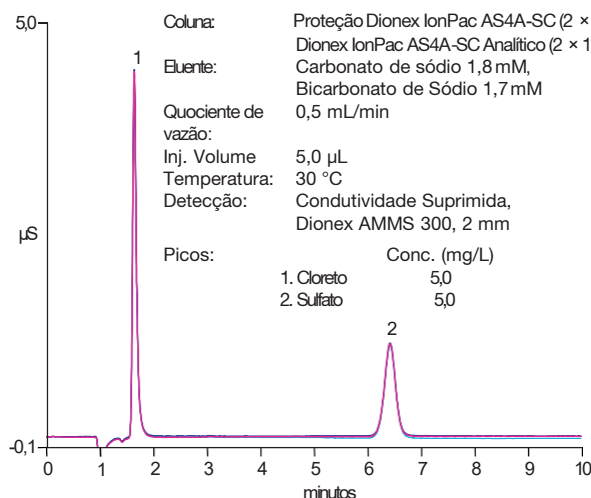


Figura 1. Sobreposição de três cromatogramas de ânions cloreto e sulfato em água determinada usando a coluna Dionex IonPac AS4A-SC.

Resultados e Discussão

A Nota de Aplicação Thermo Scientific 175 demonstra dois métodos IC de injeção direta para determinar se o etanol usado como agente de mistura na gasolina atende às especificações de cloreto e sulfato na ASTM D 4806.6. Devido às limitações discutidas aqui, foi desenvolvido um método alternativo usando a pré-concentração com eliminação da matriz, descrito na Atualização de Aplicação 161.8 Thermo Scientific. No entanto, esses métodos não discutem o procedimento necessário para determinar o potencial sulfato em etanol. Para determinar o potencial sulfato em etanol, um agente oxidante – peróxido de hidrogênio – é adicionado à amostra para converter todas as espécies de enxofre em sulfato.

O método descrito neste estudo utiliza uma abordagem de injeção direta, que é um método econômico e de tempo para determinar o sulfato total e potencial e o cloreto total em amostras de etanol. A Figura 2A compara uma amostra de etanol sem amostra para replicar injeções da mesma amostra com 5 mg/L cada de cloreto e sulfato. Como mostrado na Figura 2B, o cloreto e o sulfato demonstram tempos de retenção estáveis e respostas de área de pico ao longo do tempo.

As interferências podem ser causadas por ânions com tempos de retenção semelhantes ao sulfato e cloreto. Os ânions interferentes podem estar presentes na amostra ou lixiviar do material de laboratório para a amostra. A Figura 3 demonstra que alguns ânions comuns não interferem na determinação de cloreto e sulfato. Como mostrado, o cloreto e o sulfato são bem resolvidos sem interferências dos ânions adicionados, com um tempo de execução de 10 min.

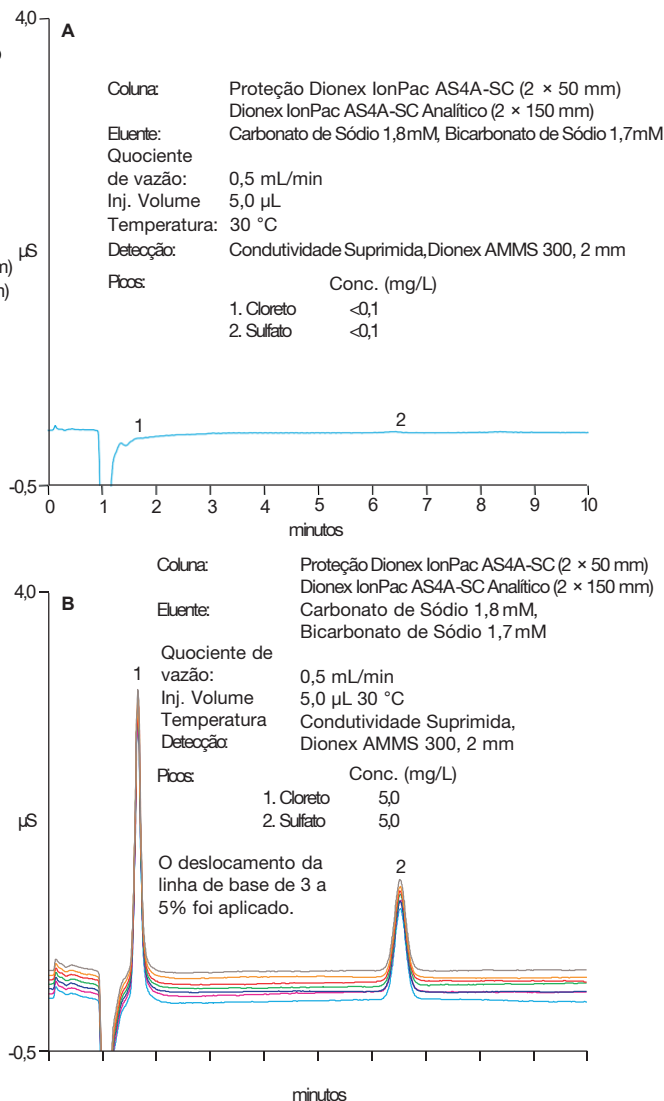


Figura 2. A) Cromatograma de ânions cloreto e sulfato em etanol determinado usando a coluna Dionex IonPac AS4A-SC. B) Sobreposição de sete cromatogramas de ânions cloreto e sulfato em etanol determinados usando a coluna Dionex IonPac AS4A-SC.

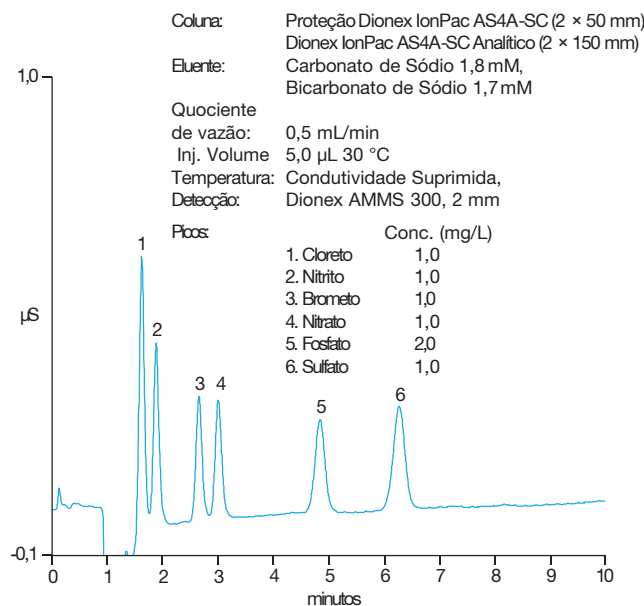


Imagem 3. A separação dos ânions comuns em etanol foi determinada usando a coluna Dionex IonPac AS4A-SC.

A linearidade, os limites de detecção (LOD) e os limites de quantificação (LOQ) foram avaliados para determinar a adequação do método para esta análise. O método ASTM D 7319-09 foi usado para definir as faixas de calibração apropriadas. A Tabela 2 resume a linearidade obtida pela injeção de padrões de calibração de 0,3 a 50 mg/L para cloreto e 0,3 a 20 mg/L para sulfato.

As curvas de calibração foram lineares com coeficientes de determinação (r^2) maiores que 0,999. Os LODs para cloreto e sulfato foram 5,0 µg/L e 20 µg/L, respectivamente, e os LOQs foram 14,7 µg/L para cloreto e 60 µg/L para sulfato.

A Figura 4 é uma sobreposição de sete cromatogramas para determinar o potencial sulfato em uma amostra de etanol enriquecida com 4 mg/L de tiosulfato, seguida pela adição de peróxido de hidrogênio. As respostas da área do pico e os tempos de retenção são estáveis sobre as injeções replicadas, mesmo na presença do agente oxidante.

A supressão eletrolítica não é usada para esse método, porque o aumento observado na linha de base pode interferir na determinação de baixas concentrações de cloreto. O supressor Dionex AMMS 300 no modo de regeneração química é usado para garantir uma linha de base estável para cada injeção, o que melhora a quantificação do cloreto. A repetibilidade obtida com o supressor Dionex AMMS 300 é mostrada nas Figuras 2B e 4, onde as sobreposições de sete injeções replicadas exibem respostas de pico consistentes sem desvio da linha de base.

As medições de precisão em diferentes concentrações de cloreto foram determinadas adicionando concentrações conhecidas de cloreto em etanol a 90%, seguidas de múltiplas injeções ($n = 7$). As medições de precisão em diferentes concentrações de sulfato foram determinadas adicionando concentrações conhecidas de sulfato em etanol a 90%, seguidas de múltiplas injeções ($n = 7$). As amostras para determinações potenciais de sulfato foram preparadas enriquecendo as concentrações conhecidas de tiosulfato para 9,5 mL de etanol a 90% e adicionando 0,5 mL de uma solução de peróxido de hidrogênio a 30% para obter uma concentração final de 1,0, 4,0 ou 20,0 mg/L de sulfato.

Conforme mostrado na Tabela 3, a precisão do método é boa para sulfato total e potencial durante um período de sete injeções nas concentrações de 1,0, 4,0 e 20 mg/L e nas concentrações de 1,0, 20 e 50 mg/L para determinação do cloreto total.

Tabela 2. Linearidade, LOD e LOQs.

Analito	Intervalo (mg/L)	Coefficiente de Determinação (r^2)	LODa (µg/L)	LOQb (µg/L)
Cloreto	0,3-50	0,9999	5,00	14,7
Sulfato	0,3-20	0,9993	20,0	60,0

^a Estimado a partir de $3 \times S/N$

^b Estimado a partir de $10 \times S/N$

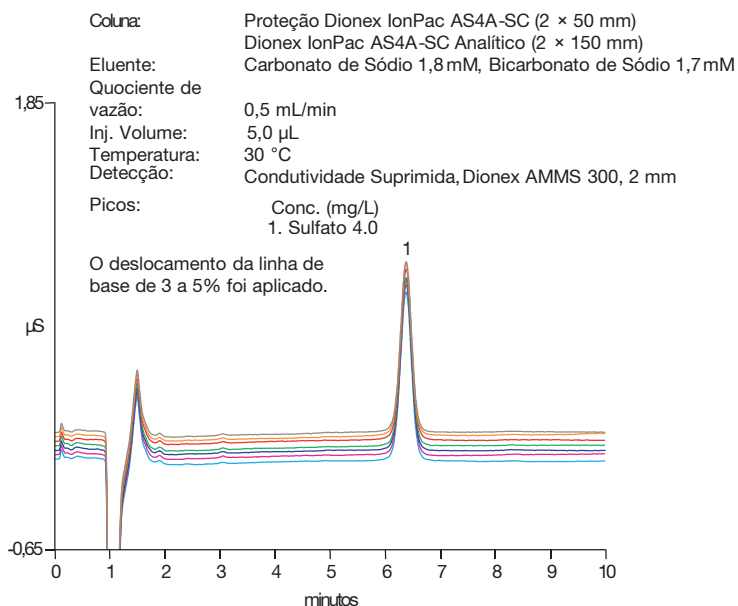


Figura 4: Sobreposição de sete cromatogramas que determinam o potencial sulfato em etanol usando a coluna Dionex IonPac AS4A-SC.

Tabela 3. Precisão do método.

Medição	Concentração de Ânions mg/L	Precisão (RSD, $n = 7$)
Cloreto Total	1,0	0,45
	20,0	0,62
	50,0	0,39
Sulfato Total	1,0	0,86
	4,0	0,65
	20,0	0,72
Sulfato Potencial	1,0	0,67
	4,0	0,33
	20,0	0,32

Conclusão

Este estudo descreve um método de injeção rápida, simples e direta para determinar o sulfato total e potencial e o cloreto total em etanol, de acordo com a norma ASTM D 7319. A Nota de Aplicação Thermo Scientific 175 e a Atualização de Aplicação 161 apresentam métodos para medir cloreto e sulfato totais em etanol em limites de detecção abaixo de mg/L; no entanto, o método apresentado aqui também mede o potencial sulfato em etanol. Esse método pode quantificar com segurança sulfato e cloreto a 60 µg/L e 15 µg/L, respectivamente, o que está bem abaixo da especificação ASTM D 4806 de 4 mg/L para sulfato e 40 mg/L para cloreto.

Fornecedores

Sigma-Aldrich, 3050 Spruce Street, St. Louis, MO 63103, EUA, Tel: 800-521-8956.

www.sigmaaldrich.com

JT Baker, uma Divisão da Mallinckrodt Baker, Inc., 222 Red School Lane, Phillipsburg, NJ, 08865, EUA, Tel: 908-859-2151; 800-582-2537.
www.mallbaker.lookchem.com

Sarstedt Inc., 1025, St. James Church Road, P.O. Box 468, Newton NC 28658-0468, EUA, Tel: +1 828 465 4000. www.sarstedt.com
Praxair Specialty Gases and Equipment, 39 Old Ridgebury Road, Dansbury, CT 06810-5113, EUA, Tel: 877-772-9247

www.praxair.com

Referência

1. Antoni, D.; Zverlov, V. V.; Schwarz, W. H. from Microbes. Appl. Microbiol. Biotechnol. 2007, 77, 23–35. [Online]
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17891391>
(acessado em 10 de agosto de 2015).

2. Halperin, A. Ethanol: Myths and Realities. Business Week. May 2006. [Online]
<http://www.bloomberg.com/bw/stories/2006-05-18/ethanol-myths-and-realities>
(acessado em 10 de agosto de 2015).

3. Associação de Combustíveis Renováveis. Historic U.S. Fuel Ethanol Production. [Online]
<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics#E>
(acessado em 13 de maio de 2011).
4. Biofuels: The Promise and the Risks. [Online]
http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1192112387976/WDR08_05_Focus_B.pdf
(acessado em 13 de maio de 2011).

www.thermofisher.com

© 2016 Thermo Fisher Scientific Inc. Todos os direitos reservados. Gast é uma marca comercial da IDEX Health & Science. Mallinckrodt é uma marca comercial da Mallinckrodt Company. Praxair é uma marca comercial da Praxair Technologies. Todas as outras marcas comerciais são de propriedade da Thermo Fisher Scientific e de suas subsidiárias. Esta informação é apresentada como um exemplo das capacidades dos produtos da Thermo Fisher Scientific. Não foi elaborada para encorajar o uso desses produtos de quaisquer maneiras que possam infringir os direitos de propriedade intelectual de terceiros. Especificações, prazos e preços estão sujeitos a alterações. Nem todos os produtos estão disponíveis em todos os países. Consulte o seu representante de vendas local para obter mais detalhes.

África +43 1 333 50 34 0
Austrália +61 3 9757 4300
Austria +43 810 282 206
Bélgica +32 53 73 42 41
Brasil +55 11 2730 3006
Canadá +1 800 530 8447
China 800 810 5118 (ligação nacional gratuita) 400 650 5118
AN71758-PT-BR 08/16S

Dinamarca +45 70 23 62 60
Europa-Outros +43 1 333 50 34 0
Finlândia +358 10 3292 200
França +33 1 60 92 48 00
Alemanha +49 6103 408 1014
Índia +91 22 6742 9494
Itália +39 02 950 591

Japão +81 6 6885 1213
Coreia +82 2 3420 8600
América Latina +1 561 688 8700
Oriente Médio +43 1 333 50 34 0
Países Baixos +31 76 579 55 55
Nova Zelândia +64 9 980 6700
Noruega +46 8 556 468 00

Rússia/CEI +43 1 333 50 34 0
Singapura +65 6289 1190
Suécia +46 8 556 468 00
Suíça +41 61 716 77 00
Taiwan +886 2 8751 6655
Reino Unido/Irlanda +44 1442 233555
EUA +1 800 532 4752

5. Patil, V.; Tran, K. Q.; Giselrod, H. R. Towards Sustainable Production of Biofuels from Microalgae. Int. J. Mol. Sci. 2008,

9, 1188–1195. [Online]

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2635721/>
(acessado em 10 de agosto de 2015).

6. Especificação ASTM D 4806, ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428. www.astm.org.

7. Thermo Fisher Scientific, Inc. Determinação de Sulfato e Cloreto em Etanol por Cromatografia Iônica. Nota de Aplicação 175, Sunnyvale, CA, 2006. [Online]
http://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CMD/CMD%20Documents/Application%20%20Technical%20Notes/Chromatography/GC%20HPLC%20and%20UHPLC%20Columns%20and%20Accessories/Chromatography%20Column%20Accessories/39541-AN175_LPN1827.pdf
(acessado em 10 de agosto de 2015).

8. Thermo Fisher Scientific, Inc. Determinação de sulfato e cloreto em etanol usando cromatografia iônica. Atualização de Aplicação 161, Sunnyvale, CA, 2007. [Online]
http://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CMD/CMD%20Documents/Application%20%20Technical%20Notes/Chromatography/GC%20HPLC%20and%20UHPLC%20Columns%20and%20Accessories/Chromatography%20Column%20Accessories/50730-AU161_IC_Anions_Ethanol_30Sep08_LPN1920_02.pdf
(acessado em 10 de agosto de 2015).

9. Método de Teste Padrão ASTM D 7319-07 para Determinação de Sulfato e Cloreto Inorgânico Totais e Potenciais em Etanol Combustível por Cromatografia de Íons Suprimidos por Injeção Direta. Substituído pelo Método de Teste Padrão ASTM D 7319 -13 para Determinação de Sulfato e Cloreto Inorgânicos Existentes e Potenciais em Etanol Combustível e Butanol por Cromatografia de Íons Suprimido por Injeção Direta. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428. [Online]
<http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D7319-07.htm> and <http://www.astm.org/Standards/D7319.htm>
(acessado em 10 de agosto de 2015).

10. Thermo Fisher Scientific, Inc. Determinação de Sulfato e Cloreto em Etanol Usando Cromatografia Iônica. Nota de Aplicação 201, Sunnyvale, CA, 2006. [Online]
http://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CMD/CMD%20Documents/Application%20%20Technical%20Notes/Chromatography/Ion%20Chromatography/I-C%20and%20RFIC%20Accessories/68402-AN201_IC_Chloride_Methanol_14Aug08_LPN2044.pdf
(acessado em 10 de agosto de 2015).

Thermo
SCIENTIFIC

A Thermo Fisher Scientific Brand