



O chocolate é ótimo para se comer, mas é difícil de ser analisado. (W. H. Freeman, foto de K. Bendo.)

Um *diurético* estimula a urinar. Um *vasodilatador* alarga as veias sanguíneas.

As notas de rodapé e as referências são dadas no final do livro.

O *Chemical Abstracts* é a fonte mais completa para a localização de artigos publicados em jornais de química. O *SciFinder* é um programa que acessa o *Chemical Abstracts*.

Os termos em **negrito** devem ser olhados com atenção. Estes termos são listados no final de cada capítulo e no Glossário, no final do livro. As palavras em *Itálico* são menos importantes, mas a maioria delas está definida no Glossário.

Homogêneo: é o mesmo em todo lugar

Heterogêneo: é diferente de região para região

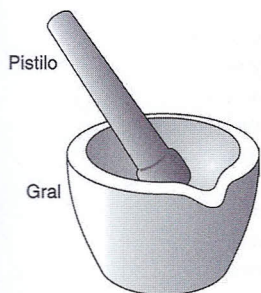
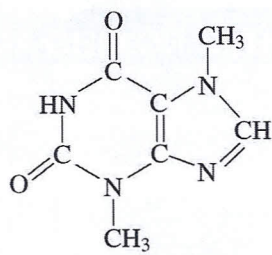
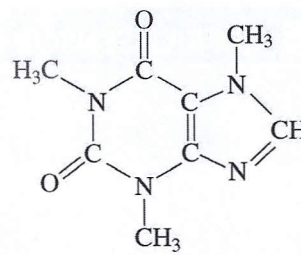


Figura 0-1 Gral de cerâmica com pistilo, usados para triturar sólidos, convertendo-os em um pó fino.

O chocolate³ tem sido a salvação de muitos estudantes na longa noite que antecede uma prova. Meu chocolate em barra preferido, feito com 33% de gordura e 47% de açúcar, me impele para o topo das montanhas de Sierra Nevada na Califórnia. Além de seu alto conteúdo energético, o chocolate contém uma energia extra a partir do efeito estimulante da cafeína e do seu precursor bioquímico, a teobromina.



Teobromina
Diurético, relaxante da musculatura lisa, estimulante cardíaco e vasodilatador



Cafeína
Estimulante do sistema nervoso central

O excesso de cafeína é prejudicial para muitas pessoas, e mesmo pequenas quantidades não são bem toleradas por alguns indivíduos. Quanta cafeína possui uma barra de chocolate? Como este valor se compara com a quantidade presente no café e nos refrigerantes? Na Faculdade de Bates, no Maine, o professor Tom Wenzel ensina seus alunos a resolver problemas de química por meio de questões como essas.⁴

Mas, como *podemos* medir a quantidade de cafeína presente em uma barra de chocolate?

0-1 O Trabalho dos Químicos Analíticos

Dois estudantes, Denby e Scott, iniciaram suas pesquisas na biblioteca buscando, por meio de um computador, metodologias para analisar a cafeína no chocolate. Pesquisando por meio das palavras-chave “cafeína” e “chocolate”, eles descobriram numerosos artigos em jornais de química. Um dos artigos, “Determinação de Teobromina e de Cafeína em Derivados de Cacau e Chocolate por Cromatografia Líquida de Alta Pressão”,⁵ descrevia um procedimento analítico que parecia ser bem adequado ao equipamento disponível no seu laboratório.⁶

Amostragem

A primeira etapa em uma análise química é procurar uma amostra representativa — este processo é chamado de **amostragem** — para que se façam as medições. Todos os chocolates são iguais? É claro que não. Denby e Scott compraram uma barra de chocolate em uma loja das vizinhanças e analisaram alguns pedaços do mesmo. Se desejarmos enunciar alguma afirmação genérica do tipo “cafeína no chocolate”, é necessário analisar chocolates provenientes de diferentes fabricantes. Também será necessário empregar várias amostras de cada produto para determinar o intervalo de concentração de cafeína em cada uma das amostras de chocolate.

Uma barra de chocolate puro é razoavelmente **homogênea**, o que significa que a sua composição é a mesma em toda a barra, ou seja, podemos considerar que o teor de cafeína numa ponta da barra é o mesmo que na outra ponta. O chocolate com nozes é um típico exemplo de um material **heterogêneo**. Neste caso, a composição do material varia de ponto para ponto. As nozes são diferentes do chocolate. Para fazer a amostragem de um material heterogêneo, utilizamos uma estratégia diferente daquela usada para um material homogêneo. Agora, é necessário que se conheçam os valores médios da massa de chocolate e da massa de nozes presentes em várias barras. Precisamos conhecer o conteúdo médio de cafeína no chocolate e nas nozes (se é que existe alguma cafeína nesta última). Só então poderíamos fazer uma afirmativa sobre o conteúdo médio de cafeína presente no chocolate com nozes.

Preparo da Amostra

A primeira etapa do procedimento envolve a pesagem de uma certa quantidade de chocolate e a remoção da gordura presente por dissolução em um solvente (um hidrocarboneto). A gordura necessita ser removida porque ela vai interferir numa etapa posterior da análise (na cromatografia). Infelizmente, se apenas agitarmos um pedaço de chocolate com o solvente, a extração não será muito eficaz, pois o solvente não tem acesso ao interior do chocolate. Então, nossos habilidosos estudantes cortaram o chocolate em pedaços pequenos e os colocaram em um gral (Figura 0-1), acreditando que seriam capazes de triturar o sólido em pequenas partículas.

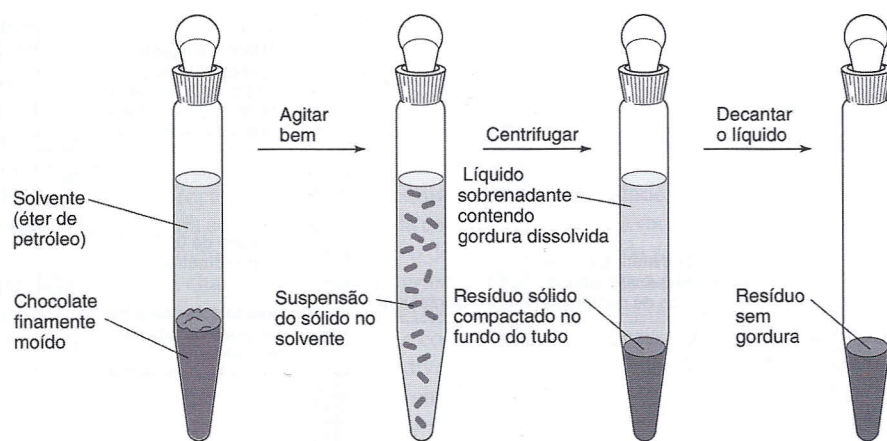


Figura 0-2 Extração da gordura do chocolate, obtendo-se um resíduo sólido livre de gordura para análise.

Imagine-se tentando moer chocolate! O sólido é muito macio para ser moído. Então, Denby e Scott congelaram o gral e o pistilo, juntamente com os pedaços de chocolate. Ao resfriar, o chocolate se torna suficientemente quebradiço para ser moído. Após a moagem, alguns pequenos pedaços de chocolate foram então colocados em um tubo de centrífuga de 15 mililitros (mL), previamente pesado, e a sua massa foi registrada.

A Figura 0-2 ilustra a próxima etapa do procedimento. Uma porção de 10 mL de solvente orgânico, éter de petróleo, foi adicionada ao tubo, o qual foi fechado com uma rolha. O tubo foi agitado vigorosamente para dissolver a gordura do chocolate no solvente. A cafeína e a teobromina são insolúveis nesse solvente. A mistura de líquido e de pequenas partículas foi então centrifugada, de modo a compactar o chocolate no fundo do tubo. O líquido, claro, contendo a gordura dissolvida, pôde então ser **decantado** (entornado) e descartado. A extração foi repetida mais duas vezes com novas porções de solvente a fim de assegurar a remoção completa da gordura do chocolate. O solvente residual no chocolate foi finalmente removido aquecendo-se o tubo de centrífuga em um béquer com água fervente. A massa de resíduo de chocolate foi calculada, determinando-se a massa do tubo de centrífuga contendo o chocolate desengordurado, e subtraindo-se a massa conhecida do tubo vazio.

As substâncias a serem determinadas — cafeína e teobromina, nesse caso — são denominadas **analitos**. A etapa seguinte no procedimento do preparo da amostra foi fazer uma **transferência quantitativa** (uma transferência completa) do resíduo de chocolate livre da gordura para um Erlenmeyer, de modo a dissolver os analitos em água para a análise química. Se qualquer porção do resíduo não for transferida do tubo da centrífuga para o Erlenmeyer, a análise final incorrerá em erro, pois nem todo o analito estará presente. Para fazer a transferência quantitativa, Denby e Scott adicionaram alguns mililitros de água pura ao tubo de centrífuga e usaram agitação e aquecimento para dissolver ou provocar a suspensão da maior quantidade possível de chocolate. A **pasta** (uma suspensão de um sólido em um líquido) foi então transferida do tubo de centrífuga para um Erlenmeyer de 50 mL. Eles repetiram o procedimento várias vezes com novas porções de água para garantir que todo o chocolate fosse transferido do tubo de centrífuga para o Erlenmeyer.

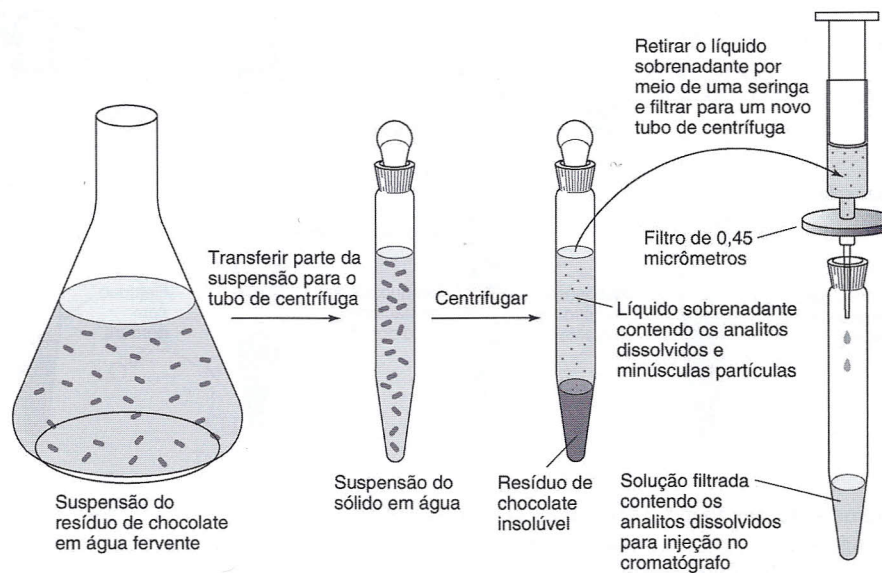
Para completar a dissolução dos analitos, Denby e Scott adicionaram água pura para levar o volume até cerca de 30 mL. Eles aqueceram o Erlenmeyer (e o seu conteúdo) em água fervente (banho-maria) para extrair toda a cafeína e a teobromina do chocolate para a água. Para calcular mais tarde a quantidade de analito, a massa total do solvente (água) deve ser exatamente conhecida. Denby e Scott conheciam a massa do resíduo de chocolate no tubo de centrífuga e conheciam a massa do Erlenmeyer vazio. Então eles colocaram o Erlenmeyer em uma balança e adicionaram água pura, gota a gota, até que a massa de água chegasse a 33,3 g no Erlenmeyer. Mais tarde, eles deverão comparar soluções conhecidas dos analitos puros em água com a solução desconhecida contendo 33,3 g de água.

Antes de Denby e Scott poderem injetar a solução desconhecida em um cromatógrafo para a análise química, eles tiveram de fazer uma limpeza final da amostra (Figura 0-3). A pasta do resíduo de chocolate na água contém minúsculas partículas sólidas que certamente iriam entupir as colunas cromatográficas, que custam caro, danificando-as. Assim, eles transferiram uma porção da pasta para um tubo de centrífuga e centrifugaram a mistura para compactar o máximo de sólido possível no fundo do tubo. O **líquido sobrenadante** (o líquido acima do sólido compactado), turvo e escuro, foi então filtrado em uma tentativa adicional para remover as minúsculas partículas de sólido do líquido.

É imperioso evitar injetar sólidos dentro da coluna cromatográfica; mas o líquido escuro ainda tinha aspecto turvo. Então, Denby e Scott aproveitaram os intervalos entre suas aulas para repetir, por cinco vezes, as etapas de centrifugação e filtração. Após cada ciclo, o líquido sobrenadante,

Uma solução de qualquer coisa em água é chamada de solução **aquosa**.

Figura 0-3 Centrifugação e filtração são usadas para separar resíduos sólidos indesejáveis da solução aquosa dos analitos.

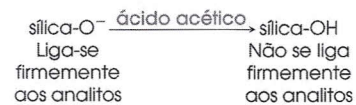


que era filtrado e centrifugado, ficava um pouco mais claro. Mas o líquido nunca ficava completamente límpido. Depois de decorrido um tempo suficiente, sempre havia a precipitação de mais sólido a partir da solução filtrada.

O tedioso procedimento descrito até agora é denominado **preparo da amostra** — a transformação da amostra em uma forma que seja apropriada para análise. Neste caso, a gordura foi removida do chocolate, os analitos foram extraídos em água e o sólido residual foi separado da água.

As amostras que se encontram na vida real raramente facilitam a sua vida!

O solvente que é usado numa determinada análise cromatográfica é selecionado por um processo sistemático de tentativa e erro descrito no Capítulo 25. A função do ácido acético é reagir com os átomos de oxigênio carregados negativamente que existem na superfície da sílica e que, se não forem neutralizados, ligam-se firmemente a uma pequena fração de cafeína e teobromina.



A Análise Química (Finalmente!)

Denby e Scott finalmente decidiram que a solução aquosa que continha os analitos estava tão límpida quanto eles podiam obter, considerando-se o tempo disponível. A etapa seguinte foi injetar a solução em uma coluna **cromatográfica**, que irá separar os analitos da mistura e determinar a quantidade de cada um deles. A coluna na Figura 0-4a está empacotada com minúsculas partículas de sílica (SiO_2), cujas superfícies estão recobertas com moléculas de hidrocarbonetos de cadeia longa. Vinte microlitros ($20,0 \times 10^{-6}$ litros) de extrato de chocolate foram injetados na

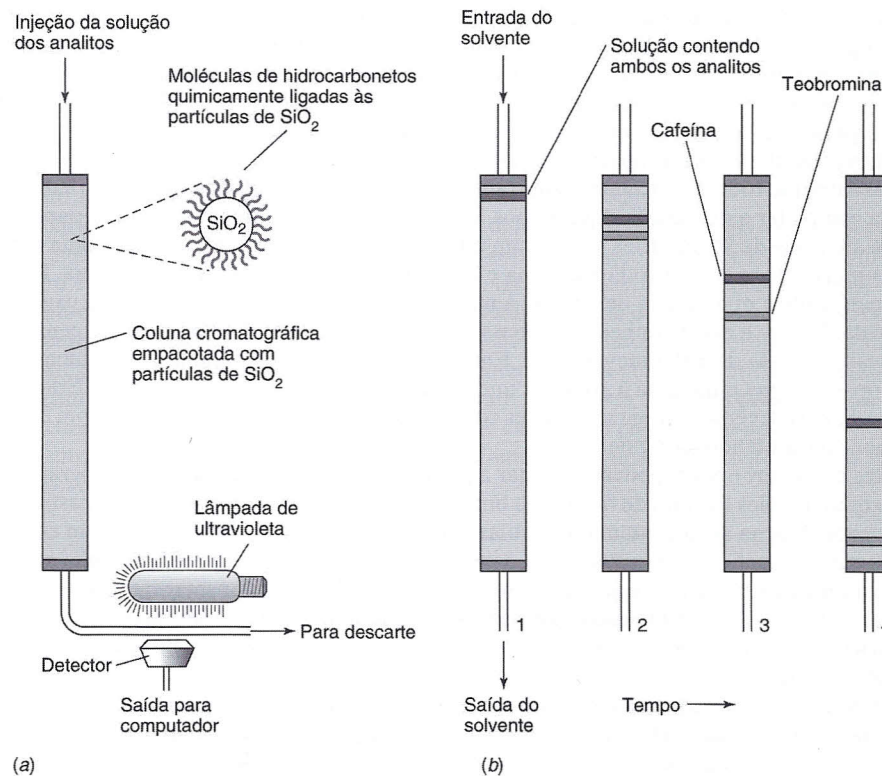


Figura 0-4 Princípio da cromatografia líquida. (a) Dispositivo cromatográfico contendo um detector por absorção de ultravioleta para detectar os analitos na saída da coluna. (b) Separação entre a cafeína e a teobromina por cromatografia. A cafeína é mais solúvel do que a teobromina na camada de hidrocarboneto sobre as partículas na coluna. Portanto, a cafeína é retida mais fortemente e move-se através da coluna mais lentamente do que a teobromina.

coluna e eluídos através dela com um solvente constituído por uma mistura de 79 mL de água pura, 20 mL de metanol e 1 mL de ácido acético. A cafeína é mais solúvel que a teobromina no hidrocarboneto que se encontra presente na superfície da sílica. Portanto, a cafeína “fixa-se” mais fortemente do que a teobromina nas partículas de sílica da coluna. Na medida em que os analitos percolam a coluna devido ao fluxo do solvente, a teobromina alcança a saída da coluna antes da cafeína (Figura 0-4b).

Os analitos são detectados na saída da coluna por sua capacidade em absorver a radiação ultravioleta. Quando cada composto emerge da coluna, ele absorve a radiação emitida pela lâmpada vista na Figura 0-4a e menos radiação atinge o detector. O gráfico da resposta do detector contra o tempo na Figura 0-5 é chamado de *chromatograma*. A teobromina e a cafeína são os picos maiores no cromatograma. Os picos menores são devidos a outras substâncias extraídas do chocolate.

O cromatograma sozinho não nos diz que componentes estão presentes na amostra desconhecida. Uma maneira de identificar os picos individualmente é medir as características espectrais de cada um quando emerge da coluna. Outra maneira é adicionar uma amostra-padrão de cafeína ou teobromina à amostra desconhecida e ver se um dos picos aumenta de tamanho.

A identificação da natureza de uma substância presente em uma amostra desconhecida é denominada **análise qualitativa**. A identificação de *quanto* desta substância está presente é chamada **análise quantitativa**. A maior parte deste livro trata da análise quantitativa.

Na Figura 0-5, a *área* de cada pico é proporcional à quantidade de cada componente que passa através do detector. A melhor maneira de medir a área é com um computador que recebe os dados do detector durante o experimento cromatográfico. Denby e Scott não possuíam um computador no seu cromatógrafo, assim eles tiveram que medir a *altura* de cada pico.

Curvas de Calibração

Em geral, dois analitos diferentes em concentrações iguais fornecem diferentes respostas no detector de um cromatógrafo. Portanto, a resposta do detector deve ser medida para concentrações conhecidas de cada analito. Um gráfico mostrando a resposta do detector como uma função da concentração do analito é chamado de **curva de calibração** ou *curva-padrão*. Para a construção dessa curva de calibração, **soluções-padrão**, contendo concentrações conhecidas de teobromina ou de cafeína, foram preparadas e injetadas na coluna, e as alturas dos picos resultantes foram medidas. O cromatograma de uma das soluções-padrão pode ser visto na Figura 0-6, e a Figura 0-7 mostra as curvas de calibração obtidas, injetando-se soluções que contêm 10,0; 25,0; 50,0 ou 100,0 microgramas de cada analito por grama de solução.

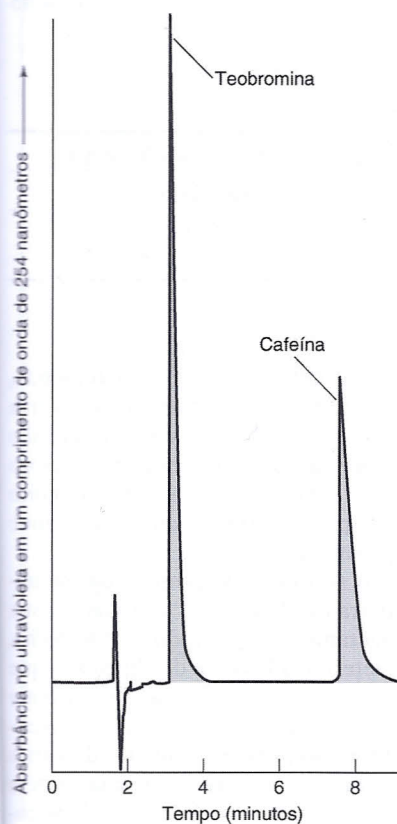


Figura 0-6 Cromatograma de 20,0 microlitros de uma solução-padrão contendo 50,0 microgramas de teobromina e 50,0 microgramas de cafeína por grama de solução.

Apenas as substâncias que absorvem a radiação ultravioleta em um comprimento de onda de 254 nanômetros são observadas na Figura 0-5. De longe, os componentes principais no extrato aquoso são açúcares, mas eles não são detectados nesse experimento.

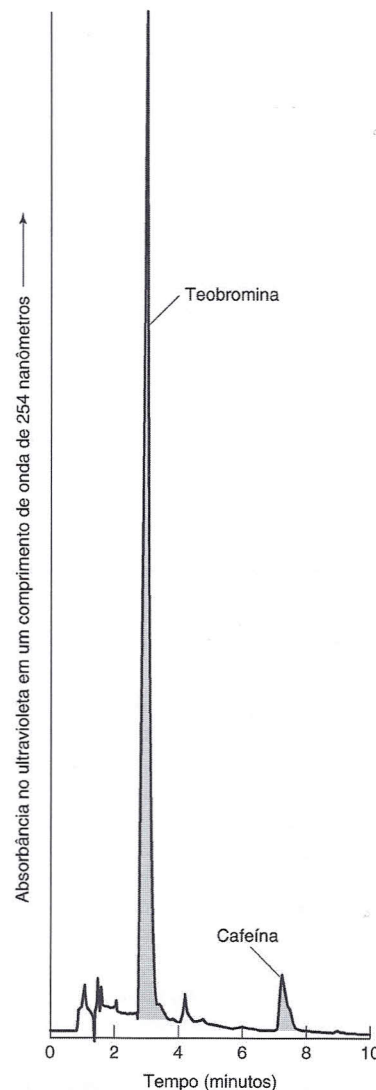
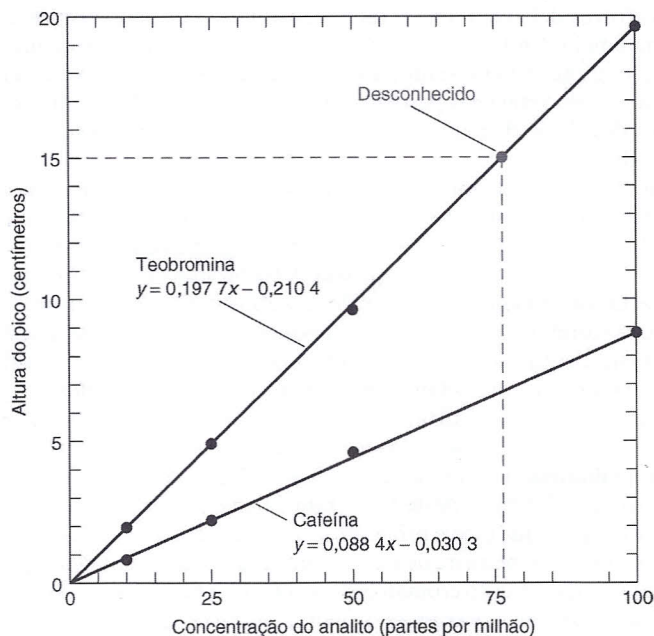


Figura 0-5 Cromatograma de 20,0 microlitros de extrato de chocolate preto. A coluna com 4,6 mm de diâmetro e 150 mm de comprimento, empacotada com partículas de Hypersil ODS de 5 micrômetros, foi eluída (lavada) com uma mistura de água, metanol e ácido acético (79:20:1 em volume) com um fluxo de 1,0 mL por minuto.

Figura 0-7 Curvas de calibração mostrando as alturas dos picos observados para concentrações conhecidas dos compostos puros. Uma parte por milhão representa um micrograma de analito por grama de solução. As equações das retas traçadas através dos pontos experimentais foram determinadas pelo método dos mínimos quadrados descrito no Capítulo 4.



As linhas retas que passam pelos pontos de calibração podem então ser usadas para determinar as concentrações de teobromina e cafeína em uma amostra desconhecida. A partir da equação da curva de calibração da teobromina na Figura 0-7, podemos dizer que se a altura do pico de teobromina observado em uma solução desconhecida é de 15,0 cm, então a concentração desta substância é de 76,9 microgramas por grama de solução.

Interpretando os Resultados

Sabendo as quantidades de analitos presentes no extrato aquoso do chocolate, Denby e Scott calcularam as quantidades de teobromina e de cafeína existentes no chocolate original. Os resultados obtidos para os chocolates preto e branco são mostrados na Tabela 0-1. As quantidades encontradas no chocolate branco são somente cerca de 2% das quantidades presentes no chocolate preto.

Tabela 0-1 Análise dos chocolates preto e branco

Analito	Gramas de analito por 100 gramas de chocolate	
	Chocolate preto	Chocolate branco
Teobromina	0,392 ± 0,002	0,010 ± 0,007
Cafeína	0,050 ± 0,003	0,0009 ± 0,0014

As incertezas são o desvio-padrão de três injeções de cada extrato.

A tabela também informa o *desvio-padrão* de três medidas de cada amostra. O desvio-padrão, que é discutido no Capítulo 4, é uma medida da reprodutibilidade dos resultados. Caso as três amostras apresentem resultados idênticos, o desvio-padrão será nulo. Se os resultados não são muito reprodutivos, o desvio-padrão será muito grande. Para a teobromina no chocolate preto, o desvio-padrão (0,002) é menor que 1% da média (0,392), o que indica que as medidas são muito reprodutíveis. Para a teobromina no chocolate branco, o desvio-padrão (0,007) é quase tão grande quanto a média (0,010), portanto, as medidas são pouco reprodutíveis.

O objetivo da análise é sempre chegar à alguma conclusão. As questões apresentadas no início deste capítulo foram: “Quanta cafeína existe em uma barra de chocolate?” e “Qual é a sua comparação com a quantidade existente no café e em refrigerantes?” Após todo esse trabalho, Denby e Scott descobriram quanta cafeína existe em uma determinada barra de chocolate, que eles analisaram. Seria muito mais trabalhoso se eles tivessem analisado mais barras de chocolate do mesmo tipo e de muitos tipos diferentes de chocolate para obter uma visão mais abrangente do conteúdo de cafeína no chocolate em geral. A Tabela 0-2 compara os resultados de várias análises de diferentes fontes de cafeína. Uma lata de refrigerante ou uma xícara de chá contém menos da metade da quantidade de cafeína presente em uma xícara pequena de café. O choco-

Tabela 0-2 Quantidade de cafeína presente em bebidas e alimentos

Fonte	Cafeína (miligramas por porção)	Tamanho da porção (onças)
Café comum	106-164	5
Café descafeinado	2-5	5
Chá	21-50	5
Bebida à base de cacau	2-8	6
Chocolate industrial	35	1
Chocolate	20	1
Chocolate ao leite	6	1
Refrigerantes cafeinados	36-57	12

1 onça = 28,35 gramas.

FONTE: Tea Association (<http://www.chinamist.com/caffeine.htm>).

late contém ainda menos cafeína, mas uma pessoa faminta ao comer muito chocolate pode ter uma bela surpresa!

0-2 Etapas Gerais em uma Análise Química

Muitos problemas analíticos começam com uma pergunta, que não envolve aspectos relativos à análise química. Por exemplo, “Esta água é própria para o consumo?” ou “O teste de emissões em automóveis diminui a poluição do ar?” Um cientista traduz essas questões em termos de determinadas medições. Um químico analítico deve então escolher, ou mesmo desenvolver, um procedimento capaz de realizar tais medições.

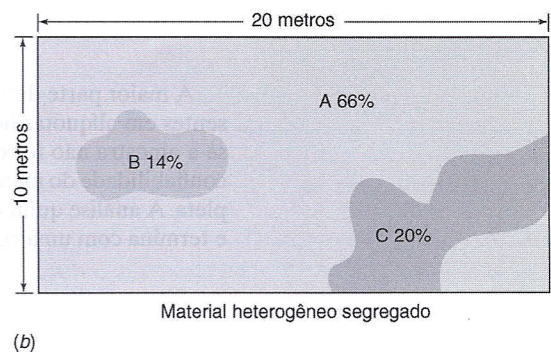
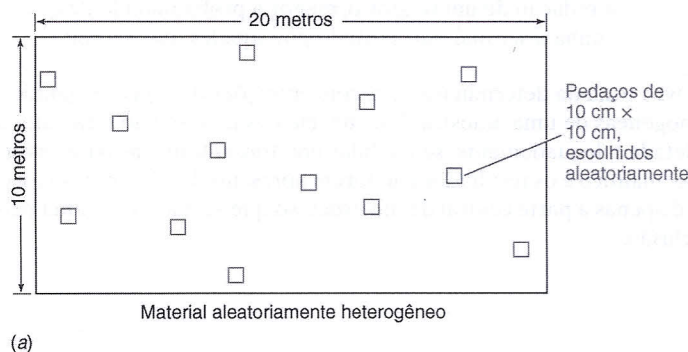
Quando a análise está completa, o químico analítico deve traduzir os resultados em termos que possam ser compreendidos por outras pessoas — preferencialmente o público em geral. O aspecto mais importante de qualquer resultado está em suas limitações. Qual é a incerteza estatística dos resultados apresentados? Se as amostragens forem feitas de maneiras diferentes, os resultados

Boxe 0-1 Construindo uma Amostra Representativa

Em um **material aleatoriamente heterogêneo**, as diferenças em composição ocorrem aleatoriamente e em uma estreita escala. Quando coletamos uma porção de material para análise, devemos ter certeza de que a amostra contenha as diversas composições. Para construir uma amostra representativa a partir de um material heterogêneo devemos, inicialmente, dividir visualmente o material em frações. Uma **amostra aleatória** é coletada tirando-se porções de um número desejado de frações escolhidas ao acaso. Se queremos medir o conteúdo de magnésio no gramado do campo de 10 metros × 20 metros na ilustração *a*, devemos dividir o campo em 20.000 pedaços pequenos com 10 cm de lado. Após numerar cada pedaço, devemos usar um programa de computador para escolher aleatoriamente 100 números, entre 1 e 20.000. Depois, colhemos e combinamos a grama

de cada um dos 100 pedaços para construir uma amostra bruta representativa para análise.

Para um **material heterogêneo segregado** (onde regiões diferentes possuem composições diferentes), uma **amostra complexa** (compósito) representativa deve ser construída. Por exemplo, o campo na ilustração *(b)* possui três tipos diferentes de grama segregadas nas regiões A, B e C. Podemos desenhar um mapa do campo em um papel milimetrado e medir a área de cada região. Nesse caso, 66% da área ficarão na região A, 14% ficarão na região B e 20% ficarão na região C. Para construir uma amostra bruta representativa desse material segregado, pegamos 66 pedaços pequenos da região A, 14 da região B e 20 da região C. Podemos fazer isso retirando números aleatórios entre 1 e 20.000 para selecionar os pedaços, até que tenhamos o número desejado para cada região.



serão os mesmos? Uma pequena quantidade (um *traço*) de um analito está realmente presente na amostra ou é apenas uma contaminação? Somente após a interpretação dos resultados e de suas limitações é que podemos tirar conclusões e tomar decisões.

Podemos agora resumir as etapas gerais de um processo analítico:

Formulando a questão

Traduzir questões gerais em questões específicas para serem respondidas por meio de medidas químicas.

Selecionando os procedimentos analíticos

Encontrar na literatura química procedimentos apropriados ou, se necessário, desenvolver novos procedimentos, para fazer as medições necessárias.

Amostragem

Amostragem é o processo de seleção do material para ser analisado. O Boxe 0-1 apresenta algumas idéias de como isto pode ser feito. Se começamos com uma amostra mal constituída, ou se ocorrerem modificações na amostra durante o intervalo de tempo entre a coleta e a análise, os resultados não têm significado algum. "Porcaria gera porcaria."

Preparo da amostra

O *preparo da amostra* é o processo em que uma amostra representativa é convertida em uma forma apropriada para análise química. Em geral, isto significa dissolver a amostra. Para uma amostra com baixa concentração de analito pode ser necessário concentrá-la antes de ser analisada. Talvez seja necessária a remoção ou o *maskamento* das espécies que interferem na análise química. No caso de uma barra de chocolate, o preparo da amostra consistiu na remoção de gordura e na dissolução dos analitos desejados. A remoção da gordura foi necessária porque ela interfere na análise cromatográfica.

Análise

Medir a concentração do analito em várias **alíquotas** (porções) idênticas. O objetivo das *medidas repetidas* (medidas em replicata) é avaliar a variabilidade (incerteza) na análise e se precaver contra algum erro grosseiro na análise de uma única alíquota. *A incerteza de uma medida é tão importante quanto a medida em si*, pois ela nos diz o quanto a medida é confiável. Se necessário, usam-se diferentes métodos analíticos, em amostras semelhantes, para ter certeza de que todos os métodos conduzem ao mesmo resultado, e que a escolha de um determinado método não influencia o resultado. Pode-se também ter interesse em preparar e analisar várias amostras brutas diferentes para verificar que variações surgem no procedimento de amostragem.

Relatório e interpretação

Produzir um relatório completo e claramente escrito dos resultados, realçando quaisquer limitações associadas a eles. O relatório poderá ser escrito para ser lido apenas por um especialista (como o professor), ou ele poderá ser escrito para um público geral (talvez sua mãe). É necessário ter certeza de que o relatório é apropriado para o público a que se destina.

Tirando conclusões

Uma vez escrito o relatório, o analista poderá ou não se envolver no que é feito com a informação, como modificar o fornecimento de matéria-prima para uma fábrica ou criar novas leis para regular os aditivos de alimentos. Quanto mais clara for a redação de um relatório, menor a probabilidade de que ele venha a ser mal interpretado por aqueles que o usam.

Em química, o termo **espécie** indica qualquer substância de interesse. A **interferência** ocorre quando uma espécie diferente do analito aumenta ou diminui a resposta do método analítico, fazendo parecer que existe mais ou menos analito do que aquele realmente presente. O **maskamento** é a transformação de uma espécie interferente em uma forma que não seja detectada. Por exemplo, o Ca^{2+} na água de um lago pode ser medido com um reagente chamado EDTA. O Al^{3+} interfere nessa análise, porque ele também reage com o EDTA. Portanto, o Al^{3+} deve ser mascarado tratando-se a amostra com excesso de F^- para formar AlF_6^{3-} , que não reage com o EDTA.

A maior parte deste livro trata da determinação das concentrações de espécies químicas presentes em alíquotas homogêneas de uma amostra desconhecida. A análise não terá valor algum se a amostra não for coletada adequadamente, se medidas não forem tomadas para assegurar a confiabilidade do método analítico e os resultados não forem apresentados de forma clara e completa. A análise química é apenas a parte central de um processo que se inicia com uma pergunta e termina com uma conclusão.

Termos Importantes

Termos que são apresentados em **negrito** no capítulo e que são definidos também no Glossário.

alíquota	analito	homogêneo	material heterogêneo
amostra aleatória	aquoso	interferência	segregado
amostra complexa (compósito)	curva de calibração	líquido sobrenadante	pasta
amostragem	decanter	mascaramento	preparo da amostra
análise qualitativa	espécie	material aleatoriamente	solução-padrão
análise quantitativa	heterogêneo	heterogêneo	transferência quantitativa

Problemas

As respostas resumidas dos problemas numéricos são dadas no final do livro.

0-1. Qual a diferença entre análise *qualitativa* e *quantitativa*?

0-2. Apresente as etapas de uma análise química.

0-3. O que significa *mascarar* uma espécie interferente?

0-4. Qual a finalidade de uma curva de calibração?

0-5. (a) Qual a diferença entre um material homogêneo e um material heterogêneo?

(b) Após ler o Boxe 0-1, estabeleça a diferença entre um material heterogêneo segregado e um material aleatoriamente heterogêneo.

(c) Como se pode construir uma amostra representativa de cada um destes materiais?

0-6. O conteúdo de iodeto (I^-) em uma água mineral comercial foi medido por dois métodos que forneceram resultados completamente diferentes.⁷ De acordo com o método A, existem 0,23 miligramas de I^- por litro (mg/L), e segundo o método B, 0,009 mg/L. Quando íons Mn^{2+} foram adicionados à água, o conteúdo de I^- , determinado pelo método A, aumentava a cada adição de Mn^{2+} , enquanto que os resultados obtidos pelo método B não se modificavam. Dentre os Termos Importantes vistos anteriormente, qual o que melhor descreve o que está ocorrendo nestas medidas?