

**CLASSIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS DE ANÁLISES EM FLUXO[#]
(RECOMENDAÇÕES - IUPAC 1994)****Elias A. G. Zagatto e Cláudio C. Oliveira**

Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo - CP 96 - Piracicaba - 13400-970 - SP

Carol H. Collins

Instituto de Química - Universidade Estadual de Campinas - CP 6154 - 13083-970 - Campinas - SP

Recebido em 23/4/98; aceito em 7/5/98

CLASSIFICATION AND DEFINITION OF ANALYTICAL METHODS BASED ON FLOWING MEDIA. The aim of this report is to classify analytical methods based on flowing media and to define (standardize) terminology. After the classification and a discussion of terms describing the systems and component parts, a section is devoted to terms describing the performance of flow systems. The list of terms included is restricted to the most relevant ones; especially "self-explanatory" terms are left out. It is emphasised that the usage of terms or expressions that do not adequately describe the processes or procedures involved should be strongly discouraged. Although belonging to the category of methods based on flowing media, chromatographic methods are not comprised in the present document. However, care has been taken that the present text is not in conflict with definitions in that domain. In documents in which flow methods are described, it should be clearly indicated how the sample and/or reagent is introduced and how the sample zone is transported. When introducing new techniques in the field, or variants of existing techniques, it is strongly recommended that descriptive terms rather than trivial or elaborate names are used.

Keywords: flow analysis; classification of flow methods; flow analysis systems.

INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de automação de procedimentos analíticos se deve ao aumento significativo do número de amostras laboratoriais a serem analisadas, por exemplo, nas áreas clínicas e ambientais, e à demanda por técnicas rápidas e confiáveis operando 24 horas por dia, freqüentemente requeridas para controle de processos industriais. Apesar dos esforços para desenvolver sensores seletivos e sensíveis para determinar diretamente a concentração de um analito em uma *amostra-teste* (para nomenclatura relativa à amostragem, ver¹), a grande variedade dos analitos e a complexidade dos produtos a serem analisados tornam altamente improvável que sensores para a maioria dos compostos de interesse se tornem disponíveis em futuro próximo. Desta forma, separação e/ou conversão química permanecem como etapas essenciais na maioria dos procedimentos de análise quantitativa. Nestes casos, a automação dos procedimentos analíticos implica na automação do processamento das amostras-teste. Como a maioria das separações e conversões químicas é normalmente conduzida em fase líquida, o conceito lógico e engenhoso de Skeggs^{2,3} possibilitou a execução dos processos analíticos em um fluxo que transporta a alíquota de amostra do ponto de introdução até a unidade de detecção. Esta abordagem tem sido denominada como CFA, Análise em Fluxo Contínuo (segmentado).

Durante aproximadamente vinte anos, foi aceito que a segmentação, dividindo o fluxo em compartimentos pequenos, regulares e separados por bolhas de ar, era a melhor estratégia para se evitar o alargamento de uma zona discreta do analito (freqüentemente denominada de *dispersão da amostra*) no percurso, desde o ponto de sua introdução até o detector.

Em analogia ao seu uso na área de tecnologia de processos, onde o transporte sem alargamento da zona é denominado de *fluxo em plugue*^a, a zona da amostra é freqüentemente denotada como *plugue*. Apesar de algumas publicações ao final dos anos sessenta e início dos anos setenta já abordarem procedimentos nos quais a segmentação não era aplicada (ver, por exemplo⁴), somente a partir da metade da década de setenta é que foi amplamente aceito que a segmentação podia ser omitida, utilizando-se sistemas em fluxo com dimensões e vazões adequadas, simplificando-se assim o sistema analítico e aumentando-se o número de amostras-teste que poderiam ser analisadas por unidade de tempo (freqüentemente denominado de *freqüência de amostragem*). Esta abordagem tornou-se conhecida como Análise por Injeção em Fluxo (FIA). Atualmente, o termo Injeção em Fluxo (FI) é também utilizado em conjunção com técnicas analíticas tais como potenciometria por injeção em fluxo, amperometria por injeção em fluxo, espectrofotometria por injeção em fluxo, etc.

Sistemas nos quais os processamentos da amostra-teste podem ser considerados como intermediários entre CFA e FIA tem sido também descritos. Um deles é o denominado de Análise em Fluxo Monossegmentado (MSFA), no qual a alíquota da amostra injetada é intercalada entre duas bolhas de ar⁵.

Independentemente destes procedimentos, os quais foram desenvolvidos e aplicados em laboratórios analíticos, alguns métodos de análises de processos baseados em fluxo têm sido desenvolvidos. Nestes, um fluxo contínuo de solução contendo o analito e um ou mais reagentes são intermisturados e processados antes de se atingir a unidade de detecção. Estes métodos são às vezes denominados de Sistemas de Monitoramento Contínuo. Deve ser observado que CFA e FIA também são largamente utilizados para monitoramento de processos.

O desenvolvimento de várias técnicas e procedimentos analíticos tem seguido essencialmente caminhos independentes,

[#] Documento preparado no período 1989-93, por Willem E. van der Linden. Tradução do artigo publicado em *Pure Appl. Chem.* **1994**, *66*, 2493. Tradução aprovada pelo Comitê Brasileiro para Assuntos de Química junto à IUPAC.

^a Do inglês: **Plug Flow**

cada um acompanhado de sua própria terminologia. Isto tem gerado confusão, ambigüidade e desentendimentos, particularmente quando os vários termos usados em diferentes métodos em fluxo não estão de acordo com os termos antigos, já bem estabelecidos e usados em outras áreas da Química Analítica, tais como as Cromatografias, ou mesmo em outros ramos da ciência, tal como a Engenharia Química.

Esta publicação não pretende fornecer uma descrição completa dos métodos de análise em fluxo e de seus componentes, mas visa a classificação dos métodos analíticos em fluxo e a definição (padronização) da terminologia pertinente. O seu objetivo não é considerar todos os termos utilizados; portanto, aqueles auto-explicativos não são discutidos. A proposta e uso de nomes ou expressões que não descrevam adequadamente aquilo que ocorre é fortemente desencorajada e, desta forma, tais nomes e expressões são também excluídos desta publicação. Um exemplo desta última categoria é o termo Análise Reversa por Injeção em Fluxo^b, o qual pode sugerir que a direção do fluxo é invertida, quando na realidade o reagente é injetado em um fluxo contínuo do analito, ao contrário dos procedimentos “normais” nos quais uma alíquota da amostra é injetada em um fluxo contínuo do reagente.

Embora também baseada em fluxo, cromatografia e seus termos típicos não serão aqui considerados. Contudo, existem certas áreas onde métodos “em fluxo” e métodos cromatográficos apresentam um considerável grau de sobreposição; certo cuidado deve, então, ser tomado nestes casos, para se evitar ambigüidade.

Atenção é dada à classificação e terminologia dos vários métodos de análise, à descrição de alguns dos sistemas mais característicos e suas partes constituintes importantes, bem como a alguns parâmetros importantes que descrevem o comportamento dos sistemas como um todo e também de seus componentes. Como a padronização e harmonização são úteis para se evitar ambigüidade e propiciar um melhor entendimento mútuo, e não devem prejudicar a introdução de novos conceitos e desenvolvimentos, decidiu-se dar enfoque aos aspectos e sistemas atualmente mais importantes.

CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS ANALÍTICOS EM FLUXO

Análise em fluxo é recomendado como o nome genérico para todos os métodos analíticos que são baseados na introdução e processamento de amostras^c em fluxos. Uma classificação preliminar pode ser baseada em dois aspectos:

- * na forma como a alíquota da amostra é introduzida, *i.e.* contínua ou discreta/intermitentemente; e
- * na característica básica do fluxo, *i.e.* segmentado, não-segmentado ou monossegmentado; onde a segmentação é basicamente considerada como sendo aplicada com o propósito de evitar intercontaminação de zonas de analitos sucessivas.

Isto leva à seguinte classificação (Fig. 1).

Em princípio, é possível introduzir uma terminologia mais lógica e descritiva, com acrônimos, para que os vários procedimentos analíticos sejam ajustados à classificação acima proposta. Por exemplo, Análise por Injeção em Fluxo pode ser apropriadamente descrita como “sistema em fluxo não-segmentado com injeção da amostra (-teste)” ou “sistema em fluxo não-segmentado com injeção do reagente”, e Análise em Fluxo Contínuo, denotada como “sistema em fluxo segmentado com aspiração da amostra (-teste)”. Um sistema de injeção em fluxo baseado em zonas coalescentes^d de analito e solução reagente pode ser especificado como “sistema em fluxo não-segmentado com injeção de amostra (-teste) e de

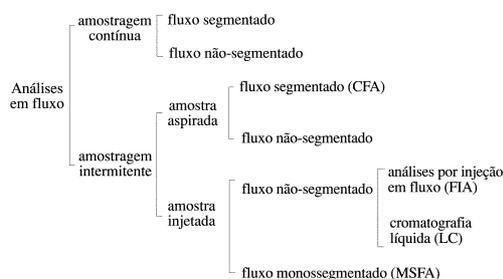


Figura 1. Classificação dos métodos de análises em fluxo.

reagente”. Um processo de monitoramento com amostragem à vazão constante e baseado no princípio da Análise em Fluxo Contínuo, pode ser indicado como “sistema em fluxo segmentado com amostragem contínua”. Esta abordagem para classificação e nomenclatura tem a vantagem adicional de ser facilmente expandida; assim, a natureza do meio segmentador pode ser especificada (sistema em fluxo segmentado por gás/ar/nitrogênio/...). Também, um sistema para extração líquido/líquido pode ser convenientemente incorporado como, por exemplo “sistema de extração em fluxo segmentado (*e.g.* tolueno) com injeção da amostra^{ce}”.

Uma introdução forçada desta terminologia poderia, contudo, violar o desenvolvimento histórico e uso corrente dos termos, e sua aceitação a curto prazo poderia ser questionada. Termos bem estabelecidos tais como CFA e FIA podem ainda ser utilizados, mas devem se restringir aos casos específicos acima mencionados. Entretanto, nomes que resultem da estrutura apresentada acima devem ser prioritariamente recomendados.

Resumindo: Sistemas de análises em fluxo devem ser caracterizados pela indicação do tipo de fluxo (segmentado, não-segmentado), pela forma como a amostra (-teste) é introduzida (aspiração, injeção) e, no caso de injeção ser utilizada, se a amostra ou o reagente é injetado. Para métodos em fluxo segmentado, esclarecimento adicional deve ser fornecido quando o segmentador não for ar.

TERMOS QUE DESCREVEM O SISTEMA E SEUS COMPONENTES

O coração da maioria dos sistemas em fluxo é a parte do sistema entre o ponto de introdução da amostra (-teste) e o detector. Quando esta parte consiste simplesmente de um tubo para transportar a zona de amostra, sem alterá-la, desde o ponto de sua introdução até a unidade de detecção, e quando a concentração do analito se situa na faixa útil do detector, a dispersão freqüentemente deve ser minimizada por resultar apenas em diluição da amostra (-teste) e introduzir uma contribuição extra no tempo de resposta, reduzindo o sinal/altura de pico em procedimentos envolvendo zonas de analito pequenas e discretas. Na maioria dos procedimentos analíticos, entretanto, reações com a espécie a ser determinada, ou algum tipo de tratamento da matriz (por exemplo, ajuste de pH) devem ser conduzidos. Nestes casos, a amostra (-teste) deve ser misturada com a solução transportadora ou com outra(s) solução(ões) contendo constituintes do sistema tampão, reagentes, *etc.* Isto sempre resulta em diluição do analito e alargamento da zona de amostra para alíquotas discretas da amostra (-teste). A parte do módulo de análise onde os processos ocorrem é denominada de *reator*.

^b Do inglês: **reverse Flow Injection Analysis - rFIA**.

^c O termo amostra foi utilizado genericamente, com o sentido de amostra-teste¹.

^d Do inglês: **Merging zones**.

^e Ver nota dos tradutores.

Quando somente a mistura tem que ser obtida, também é possível referir-se a esta ação como, por exemplo, *bobina de mistura*. Existem vários tipos de reatores e dispositivos para mistura:

- **reator helicoidal/bobina de mistura.** É um tubo^f o qual é enrolado para melhorar a homogeneização radial em fluxos não-segmentados, de forma a se obter melhores condições de mistura entre o analito e, por exemplo, o reagente ou a solução tampão. Neste caso, é explorado um efeito conhecido como “fluxo secundário” *i.e.* uma movimentação circular entre o centro do tubo e as paredes, perpendicular à direção do fluxo principal, causada pela força centrífuga^g. O grau de mistura depende da razão entre o diâmetro de enrolamento e o diâmetro interno do tubo, aqui denominada como razão característica^h.
- **reator recheado.** Consiste em um tubo preenchido com partículas. A dispersão é muito menor que em tubos helicoidais abertos e é similar à que ocorre nas colunas cromatográficas recheadas. A dispersão pode ser descrita pelos mesmos parâmetros utilizados em cromatografia tais como *altura do prato* (H) e *número de pratos* (N).
- **reator com esferas encadeadas (SBSR)**ⁱ. É um tubo preenchido com partículas esféricas (pérolas) de diâmetro um pouco maior que a metade do diâmetro interno do tubo; desta forma, as partículas apresentam arranjo regular^{6,7}. A dispersão neste tipo de reator é menor que em um reator helicoidal, mas não tão baixa quanto em um reator recheado. A vantagem em relação aos recheados é que os SBSR apresentam uma queda de pressão muito menor, o que permite o seu emprego com bombas peristálticas comuns.
- **reator enovelado**^j. Consiste de um tubo aberto bem entrelaçado sem colapsar suas paredes, assegurando-se a presença de inúmeros percursos curvos de pequeno raio⁸. Desta forma, altas razões características localizadas e melhor mistura radial são verificadas. O desempenho é da mesma ordem de grandeza relativamente ao SBSR.
- **câmara de mistura.** É uma pequena câmara na qual as soluções admitidas são extensivamente misturadas pela ação de forças centrífugas^k, usualmente induzidas com a ajuda de um dispositivo agitador (em geral uma pequena barra agitadora magnética)⁹. O comportamento pode ser aproximadamente descrito pelo modelo de um único “*tanque idealmente agitado*”, *i.e.* a concentração na saída exibe uma resposta exponencial para uma variação instantânea na concentração de entrada.

Vários tipos de componentes específicos podem ser incorporados aos módulos de análise, tais como unidades de extração, unidades de diálise, membranas de difusão (gasosa), dentre outros. Geralmente, os termos usados para tais situações são auto-explicativos e não requerem padronização formal.

Introdução de amostras (-teste)

Com relação ao sistema de introdução do analito, deve ser enfatizado que, particularmente no caso de injeção, a forma da zona de amostra que se move através do sistema depende do modo de injeção. Assim, quando uma válvula de injeção é utilizada, a forma bidimensional inicial da zona de amostra (-teste) é aproximadamente retangular, ao passo que na introdução por meio de seringa, cujo conteúdo pode ser lenta e

gradualmente expelido, a região frontal da zona é de formato parabólico, e a final é virtualmente plana (às vezes, isto é chamado de *injeção por tempo*, ou *temporizada*; mas *injeção por seringa* pode ser uma expressão mais adequada) (Fig. 2)¹⁰.

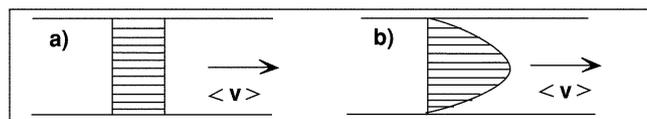


Figura 2. Distribuição esquemática da zona de amostra imediatamente após a injeção; a) injeção por válvula ideal; b) injeção "por tempo" ou "por seringa".

Quando o volume da amostra-teste é pequeno em comparação com o volume total do sistema, a forma pela qual a amostra é injetada não afeta significativamente a resposta final. Isto é particularmente verdadeiro quando o sistema contém elementos ou módulos que contribuem significativamente para o alargamento da zona de analito. Desta forma, o modo de injeção deve ser sempre indicado claramente.

Originalmente, a aspiração era usada em sistemas nos quais o volume introduzido era menos crítico, como em análise em fluxo segmentado envolvendo grandes alíquotas de amostra. Neste caso, os dados são registrados no momento em que o sinal praticamente atinge o estado estacionário. Entretanto, em instrumentos modernos baseados no mesmo princípio, a reprodutibilidade da aspiração é suficiente para permitir o emprego de pequenos volumes de amostra, o que resulta em sinais na forma de picos, similares àqueles referentes aos sistemas usando injeção do analito.

Deteção

A deteção influencia o sinal obtido. Alguns detectores podem indicar a concentração média de uma seção transversal durante um certo período de tempo comparável à medida de frações coletadas em cromatografia envolvendo coletores de fração (*cup-mixing detector*). Outros, tais como os detectores de transmissão fotométrica, podem medir a concentração média referente a um percurso (*mean value detector*), ou a concentração em contato com a superfície sensora do detector. Um detector potenciométrico cuja superfície ativa é paralela à direção do fluxo, é um exemplo desta última categoria. Como a deteção pode influir de maneira pronunciada no formato do sinal registrado, é importante descrever o processo de deteção sem ambigüidade.

Com relação à avaliação do sinal, a altura do pico ou a altura a um certo tempo fixado, a área do pico, e o tempo entre dois valores pré-estabelecidos de sinais podem ser utilizados. A escolha mais apropriada depende do problema a ser resolvido, e deve ser especificada.

Termos que descrevem o desempenho dos sistemas em fluxo

Após sua introdução, nem todos os elementos de fluido da alíquota de amostra demoram o mesmo tempo para atingir o detector, existindo uma distribuição de tempos de residência. Este fenômeno está associado à *dispersão*. O grau de dispersão é um dos principais aspectos relacionados com o desempenho de um sistema em fluxo, porque ele determina os graus de diluição e de mistura, bem como a frequência com que as amostras (-teste) podem ser introduzidas sem que os sinais sejam afetados pela amostra precedente.

Dependendo do modelo adotado, várias expressões podem ser utilizadas para descrever a dispersão da zona do analito. Em cromatografia, em geral, a altura de prato, o número de pratos ou a eficiência da coluna são utilizados; em engenharia química,

^f Do inglês: **open tube**

^g Ver nota dos tradutores

^h Do inglês: **Aspect ratio**.

ⁱ Do inglês: **Single Bead String Reactor**.

^j Do inglês: **Knitted reactor**.

^k Ver nota dos tradutores.

um modelo de tanques-em-série é freqüentemente adotado, no qual o número de tanques afeta o desempenho do sistema. O número de tanques pode ser diretamente relacionado ao número de Péclet adimensional. ($Pe = \langle v \rangle x / D$, onde $\langle v \rangle$ é a velocidade linear média, x é um comprimento característico tal como comprimento do tubo ou diâmetro do tubo, e D é o coeficiente de dispersão, como definido em engenharia química). Esta abordagem também tem sido empregada na descrição de sistemas analíticos em fluxo¹¹. Vários autores têm apresentado soluções numéricas para a equação de convecção-difusão referente à dispersão em tubos retos. Os resultados fornecem um melhor entendimento sobre a real distribuição espacial do analito quando a zona está passando através do tubo^{12,13}.

Em aplicações analíticas, é desejável se dispor de uma quantidade característica que descreva prontamente as concentrações do analito na zona de amostra, antes e depois de o processo de dispersão ter ocorrido no elemento de fluido referente ao sinal analítico¹⁴. Na literatura sobre análise em fluxo segmentado, a razão entre estas duas concentrações tem também sido designada de *coeficiente de dispersão*. Em casos onde a altura do sinal é linearmente proporcional à concentração, a razão entre a altura do sinal registrado e a altura máxima na ausência de dispersão (experimentalmente obtida empregando-se volumes muito grandes de amostra) tem sido considerada. O termo "coeficiente de dispersão" é atualmente bastante aceito em Análise por Injeção em Fluxo. Isto é inoportuno, porque o decréscimo na concentração não é somente devido à dispersão pura, mas também à diluição que ocorre quando um fluxo transportador contendo a zona de analito conflui com outros fluxos. Ainda, o termo foi previamente definido em engenharia química para equações de transporte de um modo análogo ao coeficiente de difusão na lei de Fick. Portanto, em análise em fluxo, seria mais apropriado usar termos tais como sinal/altura de pico adimensional ou redução ao invés de coeficiente de dispersão mas, novamente, a proliferação do termo "coeficiente de dispersão" tem sido tal que torna-se virtualmente impossível reverter ou inibir o seu uso. Como é absolutamente claro, a partir do contexto, o que ele significa, isto não deve causar muitos problemas. Contudo, deve-se estar atento a esta discrepância ao se discutir métodos analíticos em fluxo com engenheiros químicos.

Quando as expressões acima que descrevem o desempenho apresentam uma relação mais ou menos direta com a realidade física, é também possível caracterizar o sinal em termos puramente matemáticos ou estatísticos, tais como primeiro, segundo, terceiro momentos, etc. representando a média, o desvio padrão e a assimetria do sinal, respectivamente.

Finalmente, deve ser dada atenção ao termo "freqüência de amostragem". Na maioria dos documentos científicos sobre métodos em fluxo, este termo se refere à freqüência com que as amostras (-teste) subsequentes podem ser injetadas sem que os correspondentes sinais analíticos sejam afetados pelos sinais anteriores. Deve-se salientar que isto não é equivalente ao número de amostras (-teste) que podem ser analisadas por unidade de tempo pois, na prática, calibrações regulares com amostras-padrão se fazem necessárias e, em geral, o sistema pode requerer limpeza pela introdução de soluções de lavagem; ainda, é bastante usual a introdução repetitiva de amostras e o emprego da média para se obter o resultado da análise. Todos estes fatores incluídos fazem com que o número de amostras (-teste) que podem ser processadas na prática seja reduzido por um fator de pelo menos quatro.

REFERÊNCIAS

1. Horwitz, W.; *Pure Appl. Chem.* **1990**, *62*, 1193.
2. Skeggs, L. T.; *Am. J. Clin. Pathol.* **1957**, *13*, 451.
3. Skeggs, L. T.; *Anal. Chem.* **1966**, *38*, 31A.

4. Nagy, G.; Fehér, Zs. e Pungor, E.; *Anal. Chim. Acta* **1970**, *52*, 47.
5. Pasquini, C. e Oliveira, W. A.; *Anal. Chem.* **1985**, *57*, 2575.
6. Reijn, J. M.; van der Linden, W. E. e Poppe, H.; *Anal. Chim. Acta*, **1981**, *123*, 229.
7. Reijn, J. M.; van der Linden, W. E. e Poppe, H.; *Anal. Chim. Acta*, **1981**, *126*, 1.
8. Neue, U. B. e Engelhardt, H.; *Chromatographia* **1982**, *15*, 403.
9. Thorburn Burns, D.; Chimpalee, N. e Harriott, M.; *Anal. Chim. Acta* **1989**, *225*, 123.
10. Reijn, J. M.; van der Linden, W. E. e Poppe, H.; *Anal. Chim. Acta* **1980**, *114*, 105.
11. Textbooks on Chemical Engineering, e.g. O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, 2a ed., Wiley, New York, 1972.
12. Vanderslice, J. T.; Stewart, K. K.; Rosenfeld, A. G. e Higgs, D. J.; *Talanta* **1981**, *28*, 11.
13. Kolev, S. D. e Pungor, E.; *Anal. Chem.* **1988**, *60*, 1700.
14. Ruzicka, J. e Hansen, E. H.; *Flow Injection Analysis*, John Wiley, New York, 2a ed., 1988.

NOTAS DOS TRADUTORES

- a) com relação à origem da Análise por Injeção em Fluxo, os tradutores consideram importantes as referências:
 - K. K. Stewart, G. R. Beecher e P. E. Hare, *Anal. Biochem.* **1976**, *70*, 167.
 - J. Ruzicka e E. H. Hansen, *Anal. Chim. Acta* **1975**, *78*, 145.
- b) com relação à classificação dos métodos envolvendo análise em fluxo (Fig. 1), menor ênfase deveria ser dada à maneira pela qual a alíquota de amostra é introduzida. Não é plausível que a denominação do método analítico seja modificada quando, por exemplo, a aspiração é substituída por injeção. Ainda, existem processos de introdução de amostra que contemplam operações tanto de injeção quanto de aspiração (e.g. injeção com descarga parcial do conteúdo da alça de amostragem) e também processos que prescindem disto (ex: análises de amostras sólidas com dissolução eletrolítica). Saliente-se ainda que outros processos de introdução de amostra, e.g. amostragem binária envolvendo multicomutação não foram aqui contemplados por serem muito recentes.
- c) o movimento circular observado nos reatores helicoidais é devido as forças centrífugas típicas de escoamento laminar, e não a forças centrípetas, como foram indicadas no artigo original.
- d) o termo "coeficiente de dispersão" é menos afeito à Análise em Fluxo Segmentado.
- e) no tocante ao termo "injeção por seringa", o mesmo é impróprio porque se refere à injeção lenta e gradual do conteúdo da seringa. Entretanto, em algumas aplicações, este volume pode ser brusca e totalmente expelido.
- f) o termo *fração volumétrica* [E. A. G. Zagatto; B. F. Reis; H. Bergamin Filho; *Anal. Chim. Acta* **1989**, *226*: 129], que descreve a composição de um elemento de fluido referente a qualquer tempo de residência e qualquer local do módulo de análise, como indicativo do processo de dispersão, pode ser empregado no contexto de "coeficiente de dispersão".
- g) a abreviatura MSFA é mais apropriada para Análise em Fluxo Monosegmentado, (conforme salientado na versão em inglês), apesar do artigo original terem empregado a abreviatura MCFA¹.

¹ Do inglês: **Monosegmented Continuous Flow Analysis**".