



Química Analítica Básica:

O papel da química analítica clássica na formação do químico

João Carlos de Andrade *

dandrade@iqm.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química

Terezinha Ribeiro Alvim

talvim@deii.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Química – CEFET-MG,

Informações do Artigo

Histórico do Artigo

Criado em 21 de Setembro de 2009

Palavras-Chaves

Química Analítica Qualitativa
Levantamento de dados
Formação do químico
Reações de separação de cátions
Reações de identificação de cátions
Reações de identificação de ânions
Marcha analítica
Meios reacionais
Cuidados operacionais
Pedagogia

Resumo

O conteúdo programático da Química Analítica Qualitativa Inorgânica geralmente usado pelas Instituições de Ensino Superior (I.E.S.) brasileiras compreende a teoria do equilíbrio químico em solução aquosa e, na parte prática, a separação e identificação de cátions e ânions em solução ou em amostras sólidas, empregando os métodos clássicos. Como ainda se convive com opiniões favoráveis e contrárias à manutenção da Química Analítica Qualitativa clássica nos currículos dos cursos superiores de Química brasileiros, pretende-se fornecer elementos que demonstrem a importância do ensino da pesquisa de cátions e ânions na formação do químico no Brasil, como base fundamental para o ensino da Análise Quantitativa e da Análise Instrumental.

Chemkeys. Licenciado sob Creative Commons (BY-NC-SA)

Introdução

A situação da disciplina Química Analítica Qualitativa nas Instituições de Ensino Superior brasileiras não era publicamente conhecida até a realização de uma pesquisa sobre o status desta disciplina nas Instituições de Ensino Superior (I.E.S.) do Brasil [1,2].

Baseada nas informações contidas no Portal do Ministério da Educação do Brasil, associada um cuidadoso levantamento bibliográfico e a contatos diretos com as Coordenadorias dos Cursos de Química das Universidades brasileiras, se buscou conhecer a grade curricular, as cargas

horárias e os pré-requisitos das disciplinas curriculares, bem como as ementas e/ou programas das disciplinas da área de Química Analítica. Foi então possível inferir as necessidades e tendências desta disciplina no contexto da Química no Brasil e demonstrar o seu uso como ferramenta de ensino.

O levantamento de dados

Das cento e dezessete IES brasileiras contatadas, que oferecem Licenciatura e/ou Bacharelado em Química

* Autor para contato

em suas diversas modalidades (Química Industrial, Química Tecnológica, Química de Alimentos e Química Ambiental), incluindo todas as regiões geográficas do Brasil, sessenta e seis forneceram todos os dados solicitados, incluindo instituições públicas e instituições particulares [1,2].

As respostas mostram que a grande maioria das instituições analisadas (41 públicas e 21 particulares) tem nos currículos de seus cursos de Química uma disciplina de Química Analítica na qual a clássica análise qualitativa de cátions e ânions é ensinada. Portanto, o ensino da análise qualitativa inorgânica pelos métodos tradicionais ainda é tido como relevante dentro dos cursos de Química, sendo esses conhecimentos merecedores de uma disciplina específica de Química Analítica para ministrá-los. Os dados colhidos parecem indicar que essa conduta é uniforme e não é influenciada nem pela natureza da instituição (pública ou particular) nem pela região geográfica do país.

Outra informação relevante é que cinquenta dos sessenta e seis cursos analisados têm a análise de cátions e ânions como todo o programa da parte experimental de uma disciplina de Química Analítica, enquanto que em doze cursos esse conteúdo é um tópico do programa da disciplina que também contém tópicos da análise quantitativa, como gravimetria e volumetria

Quanto à carga horária, foi contabilizado o tempo total despendido com o ensino da teoria dos equilíbrios químicos e dos métodos de separação e identificação dos cátions e ânions, nos cinquenta cursos. Como este parâmetro apresentou uma grande variação (de 60 a 200 horas), levantou-se o número de cursos por faixa de carga horária.

Os cursos particulares tendem a estabelecer uma carga horária menor quando comparados aos cursos públicos, que se distribuem igualmente em três faixas de carga horária. Deve-se notar que apenas um curso particular declarou dedicar uma carga horária em torno de 120 horas para o ensino desses conteúdos. Isto indica que no Brasil os métodos químicos de análise qualitativa inorgânica e seus fundamentos teóricos são considerados conhecimentos necessários aos estudantes, pois os cursos de Química empregam uma carga horária significativa nessa disciplina, notadamente nos cursos públicos.

Quanto ao momento em que este conteúdo é oferecido, verificou-se que, com exceção de um curso, todos os outros oferecem esse conteúdo a partir do 2º semestre. Mais exatamente, a maioria deles oferece a disciplina a partir do 3º semestre. Em relação aos pré-requisitos, apenas trinta e quatro cursos mencionam esta exigência de forma explícita. Destes, vinte e seis cursos estabeleceram como pré-requisito apenas a disciplina de Química Geral. Entre os restantes, três mencionam apenas a disciplina de Química Inorgânica, um menciona apenas uma disciplina da Química Analítica e três as disciplinas de Química Geral e Química Inorgânica, conjuntamente. Pode-se

O que tem sido aplicado

Mostra-se claramente que os cursos de Química ainda mantêm o ensino da análise qualitativa clássica em disciplina de Química Analítica, tanto para os cursos de Licenciatura como para os de Bacharelado, em suas diversas modalidades. De fato, um número expressivo de I.E.S. ainda considera os experimentos da análise qualitativa importantes para a formação básica de um aluno ingressante, uma vez que são caracterizados por um conjunto de conhecimentos técnicos e científicos aplicados, fundamentados em conceitos e teorias da química inorgânica e da físico-química. Alguns cursos apresentam duas disciplinas distintas, uma responsável pela parte teórica (equilíbrios em solução aquosa) e outra pela parte experimental (reações de separação e de identificação de cátions e ânions em amostras sólidas).

A classificação dos cátions em grupos analíticos utilizada varia com a instituição. Há cursos que usam aquela proposta em Fresenius [3], enquanto que outros preferem aquela descrita em Treadwell [4] e Vogel [5]. A proposta de Fresenius¹, pelo seu apelo didático, parece ter a preferência de muitas I.E.S. brasileiras. Ela é baseada na divisão dos seguintes grupos:

- **Grupo I:** Na^+ , K^+ , NH_4^+ - não precipitam com um mesmo reagente.
- **Grupo II:** Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} - seus carbonatos são pouco solúveis e seus sulfetos são solúveis em água.
- **Grupo III:** Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+}

¹Na classificação original, Fresenius dividiu os metais em seis grupos [3,6]. Prata, mercúrio(I) e chumbo pertencendo à primeira divisão do Grupo V (cujos cloretos são pouco solúveis) que possui na sua segunda divisão cobre, cádmio, mercúrio(II) e bismuto (cujos sulfetos precipitam de soluções ácidas, neutras ou alcalinas). Antimônio, estanho e arsênio fariam parte do Grupo VI (cujos sulfetos precipitam de soluções ácidas).

- precipitam como hidróxidos e sulfetos em meio neutro ou alcalino.
- **Grupo IV: Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, Hg²⁺, Bi³⁺, As(III), As(V), Sb(III), Sb(V), Sn²⁺, Sn⁴⁺** - seus sulfetos são pouco solúveis em meio ácido e neutro.
- **Grupo V: Ag⁺, Hg₂²⁺, Pb²⁺** - precipitam como cloretos em água.

As marchas analíticas usadas para separação e a identificação dos cátions destes Grupos baseadas na proposta de Fresenius são mostradas esquematicamente nas Figuras de 1 a 8 e as reações de identificação dos ânions, cloreto, brometo, iodeto, fluoreto, nitrato, nitrito, sulfeto, carbonato, sulfato, fosfato, borato e acetato são apresentadas de forma resumida na Tabela 1.

É claro que a importância da análise qualitativa clássica no ensino da Química Analítica está no conteúdo ministrado e nas habilidades que podem ser desenvolvidas pelos alunos nesta disciplina. Mas para tal não é preciso que se efetue um esquema de separação e identificação completo de cátions e ânions como proposto por Treadwell e Vogel [4,5], pois, além de desnecessária no contexto atual, a carga didática não permitiria um trabalho de laboratório consistente e completo. Além disso, como diferentes ânions podem estar associados aos cátions (e vice-versa) na amostra, gerando problemas analíticos muito complexos, percebe-se que o grau de dificuldade ao se considerar todas as associações de cátions e ânions possíveis não seria justificável em um enfoque didático.

Desta forma, parece razoável sugerir que um aluno ingressante, além dos aspectos teóricos dos equilíbrios iônicos em solução aquosa, estude de modo detalhado apenas as reações de separação e de identificação dos Grupos I, II e III de cátions (Figuras de 1 a 4) e dos ânions mostrados na Tabela 1. Em uma aula de laboratório posterior o aluno pode receber a tarefa de analisar uma amostra “desconhecida”², na qual ele deverá aplicar o esquema sistemático de separação e de identificação das espécies iônicas presentes nesta amostra.

A “marcha analítica” deve ser discutida previamente em classe e deve-se tomar muito cuidado ao selecionar a mistura de sais na amostra a ser fornecida ao estudante, de modo a não adicionar íons “incompatíveis” (ex.: NO₂⁻ na presença de I⁻ ou F⁻ na presença de BO₃³⁻; este pares de íons reagem entre si, de modo que só poderá ser determinado aquele que estiver em excesso) e/ou tornar

a análise muito complexa (ex: amostra contendo NO₂⁻ e NO₃⁻; Cl⁻ na presença de I⁻ e/ou Br⁻, etc.). Se estes cuidados não forem tomados ou muito bem explicados pode-se confundir o aluno e/ou impedir a conclusão da análise da amostra no período de aula de 4 horas. Além disso, deve-se deixar clara a necessidade de se proceder as reações em soluções diluídas, uma vez que soluções concentradas de sais podem atingir o produto de solubilidade, mesmo para solutos muito solúveis (ex.: NaCl).

A seqüência geralmente seguida pelo aluno ao analisar esta amostra “desconhecida” compreende basicamente três etapas: 1^a - Testes preliminares (observação da aparência da amostra, testes de solubilidade, testes de chama, pesquisa dos íons amônio e carbonato e reações com ácido sulfúrico diluído e concentrado); 2^a- Pesquisa dos ânions; 3^a- Pesquisa dos cátions.

A proposta sugerida neste trabalho considera apenas esquemas mais simplificados e diretos para se atingir os objetivos didáticos propostos pela Análise Qualitativa, de modo a permitir a inclusão de outros experimentos envolvendo conceitos e técnicas experimentais básicas usadas em Análise Quantitativa (volumetria, gravimetria, espectrofotometria e/ou potenciometria), dentro do mesmo período letivo. Assim, escolhendo-se previamente o enfoque a ser apresentado no semestre, pode-se planejar uma disciplina em Química Analítica envolvendo múltiplos aspectos básicos (qualitativo, quantitativo e instrumental), com quatro horas de laboratório e quatro horas semanais de teoria. Recomenda-se utilizar até duas horas das aulas de teoria para discutir os detalhes e as particularidades das aulas de laboratório (“teoria da prática”), incluindo observações sobre a aula prática anterior. Se uma carga didática menor na análise qualitativa for desejável, recomenda-se utilizar apenas as reações de separação e de identificação dos cátions dos Grupos I e II e dos ânions cloreto, sulfato, carbonato, nitrito e nitrato.

Para a economia de reagentes e a diminuição da produção de resíduos, sugere-se o uso da análise qualitativa semi-micro (em tubos de ensaio pequenos), como descrito em Baccan et al. [7]. Todos os resíduos potencialmente tóxicos devem ser recolhidos em recipientes separados e tratados posteriormente. Antes de iniciar o trabalho de laboratório, consulte as informações contidas nas fichas MSDS (“Material Safety Data Sheet”) [8] dos reagentes a serem utilizados e dos resíduos a serem gerados e converse com o seu professor.

²Trata-se de uma amostra cuja composição é conhecida pelo professor ou instrutor.

³ Esta ordem pode ser invertida, sendo os cátions pesquisados em primeiro lugar e depois os ânions.

Grupo I

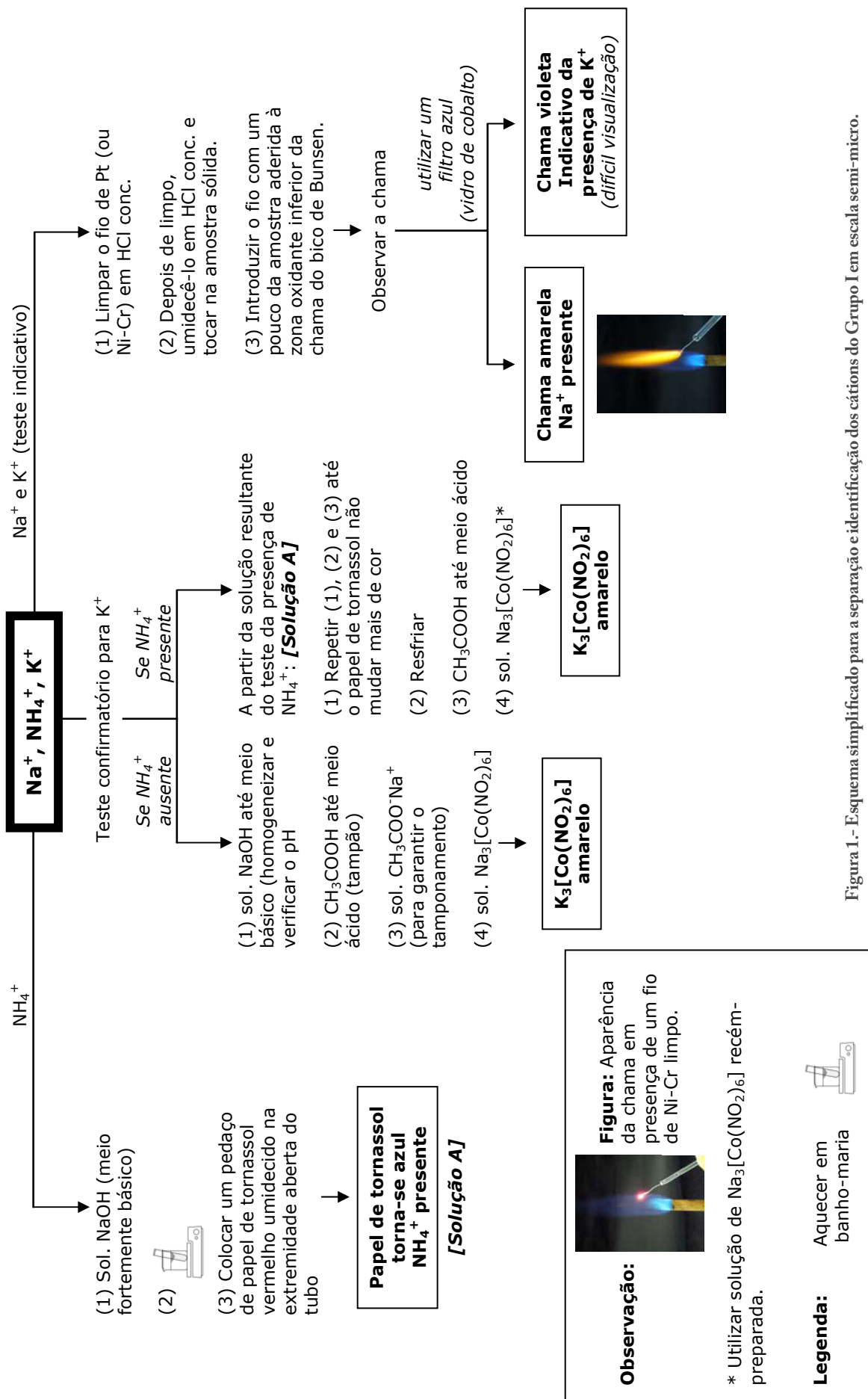


Figura 1.- Esquema simplificado para a separação e identificação dos cátions do Grupo I em escala semi-micro.

Grupo II

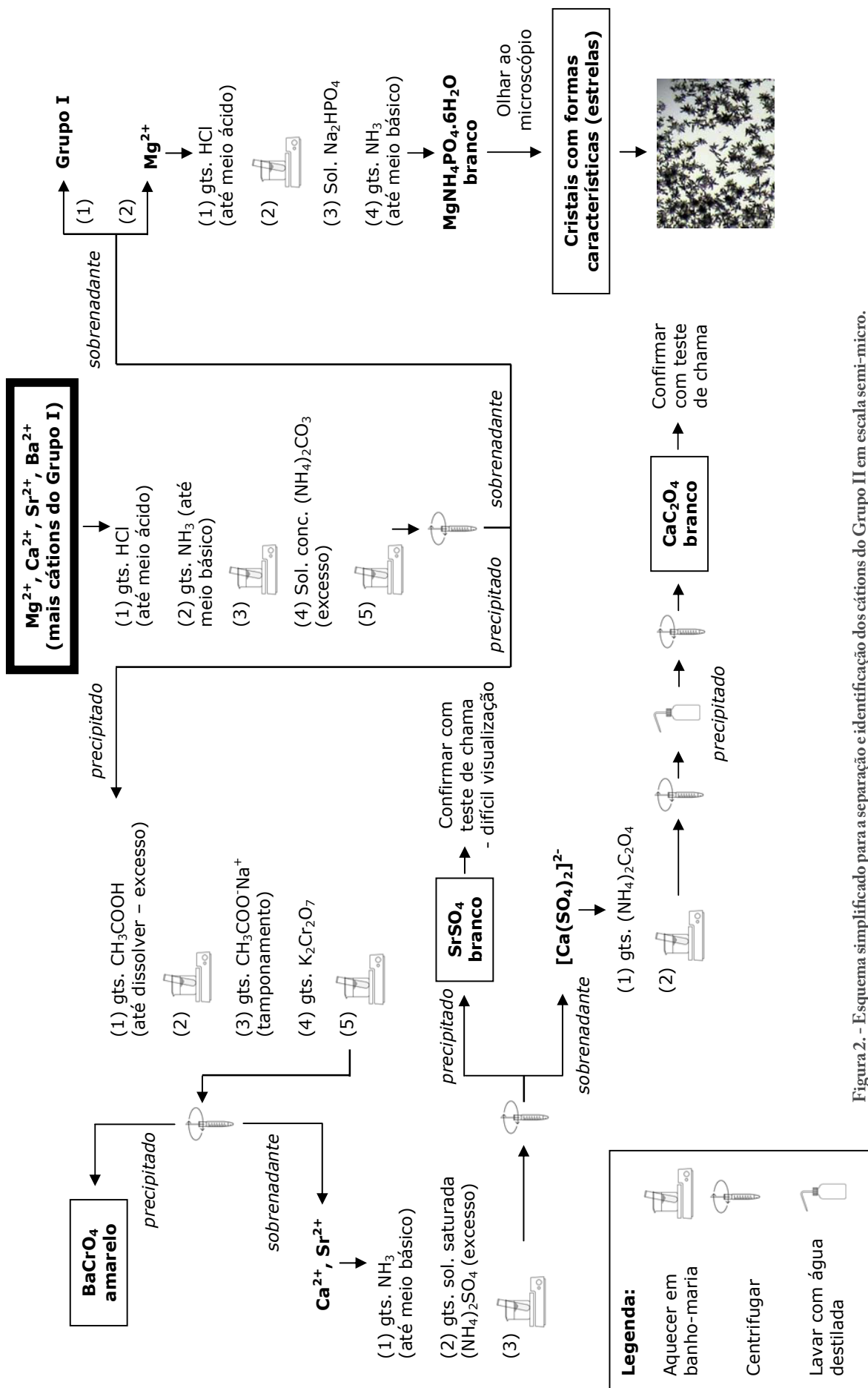


Figura 2. - Esquema simplificado para a separação e identificação dos cátions do Grupo II em escala semi-micro.

Grupo III – Divisão A

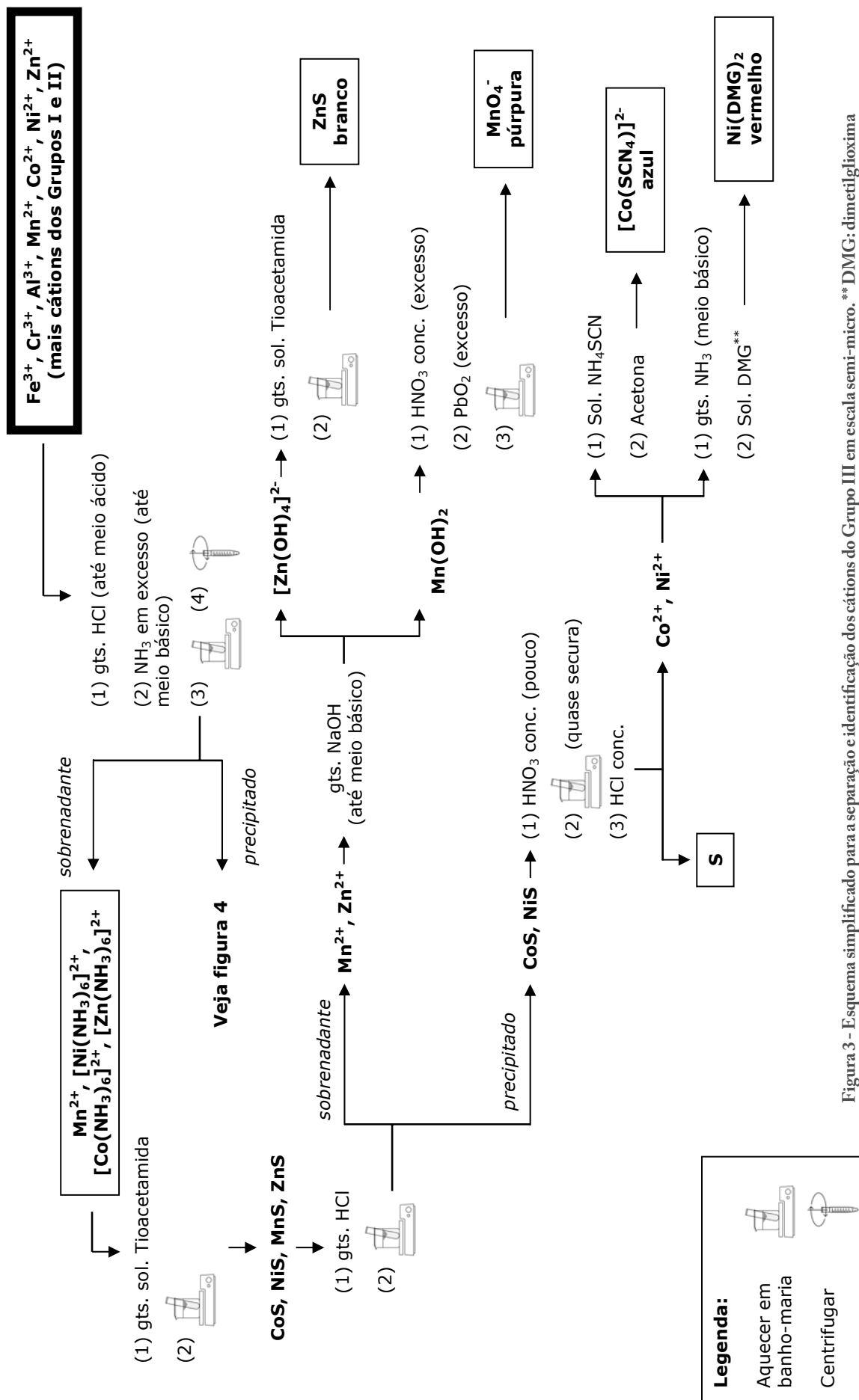


Figura 3 - Esquema simplificado para a separação e identificação dos cátions do Grupo III em escala semi-micro. ** DMG: dimetilgloxima

Grupo III – Divisão B

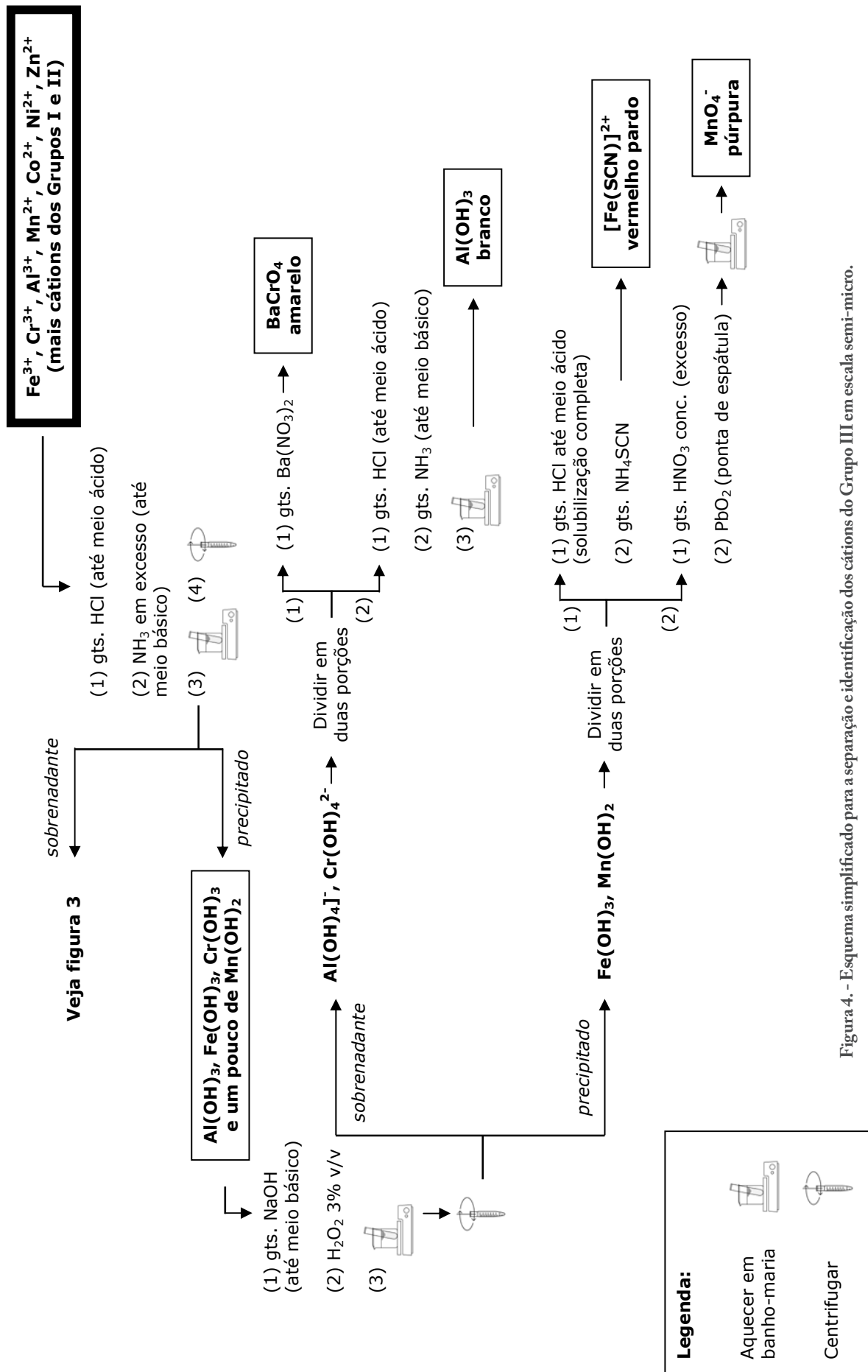


Figura 4. - Esquema simplificado para a separação e identificação dos cátions do Grupo III em escala semi-micro.

Grupo IV

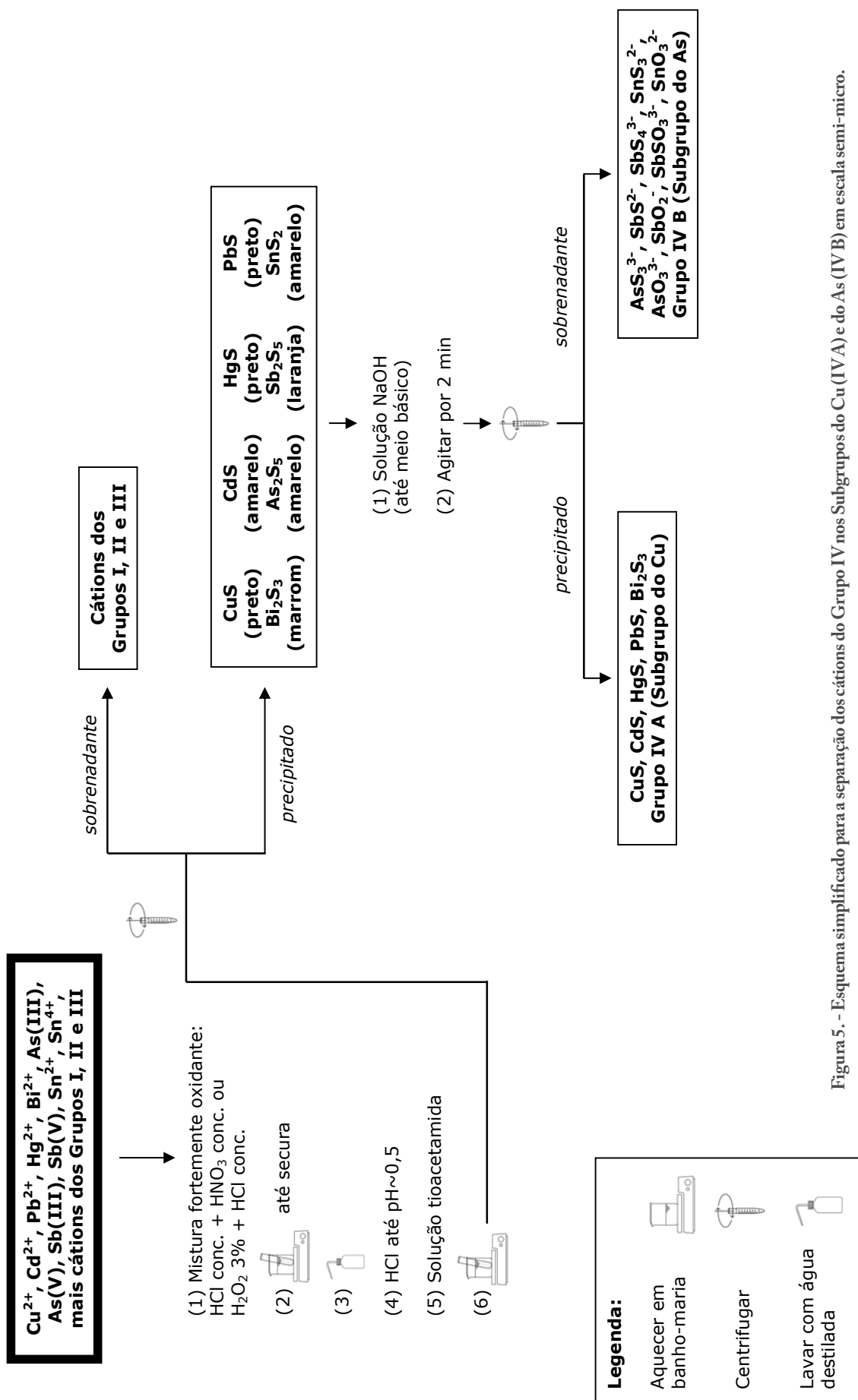


Figura 5. - Esquema simplificado para a separação dos cátions do Grupo IV nos Subgrupos do Cu (IV A) e do As (IV B) em escala semi-micro.

Grupo IV A

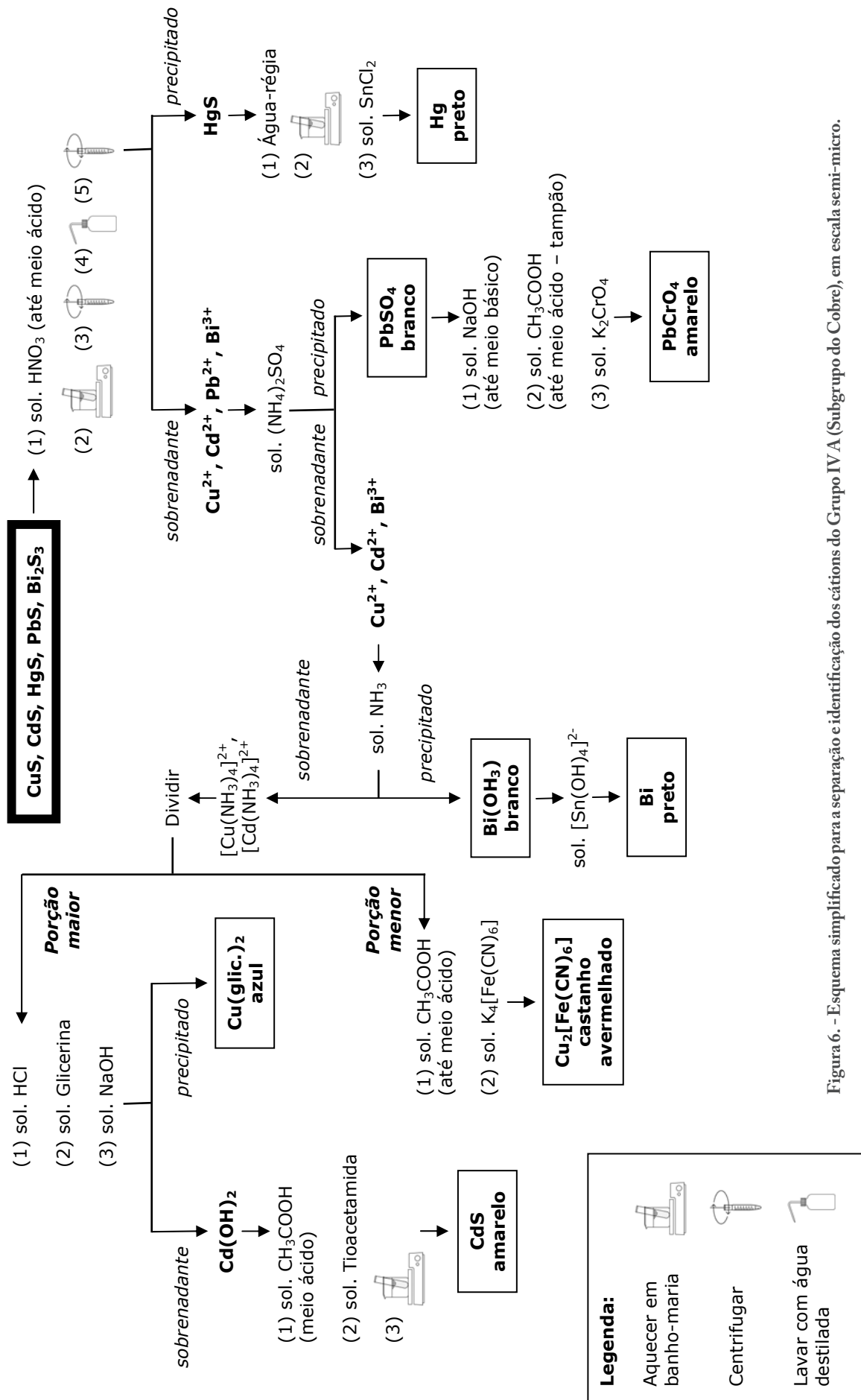


Figura 6. - Esquema simplificado para a separação e identificação dos cátions do Grupo IVA (Subgrupo do Cobre), em escala semi-micro.

Grupo IV B

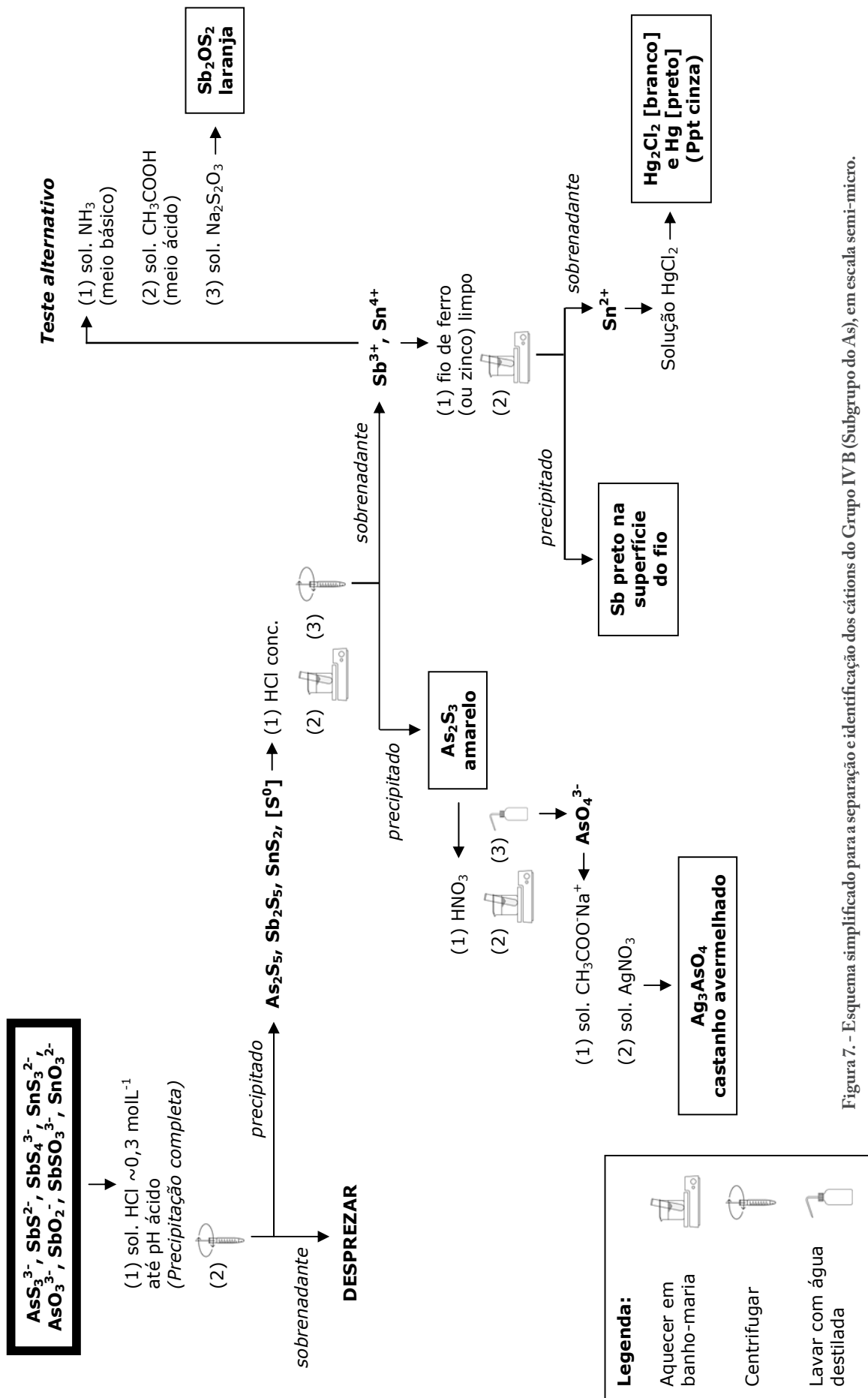


Figura 7. - Esquema simplificado para a separação e identificação dos cátions do Grupo IV B (Subgrupo do As), em escala semi-micro.

Grupo V

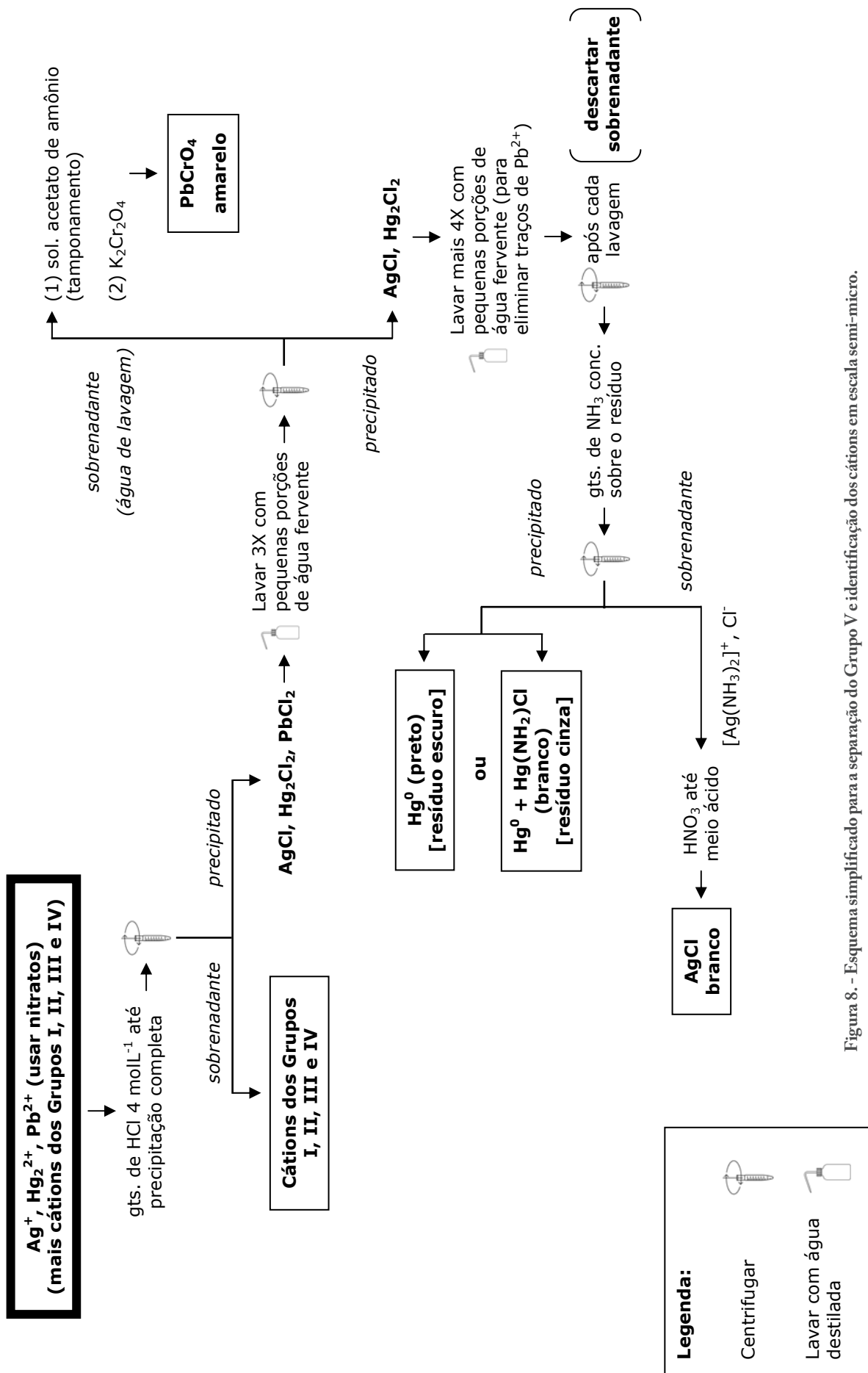


Figura 8. - Esquema simplificado para a separação do Grupo V e identificação dos cátions em escala semi-micro.

Tabela 1. Testes qualitativos para alguns ânions geralmente estudados em laboratórios de ensino.

Ânion	Teste	Procedimento	Resultado
Cl ⁻	Íons prata	(1) HNO ₃ dil. (2) Sol. AgNO ₃	Precipitado branco de AgCl
Br ⁻	Ácido sulfúrico concentrado	H ₂ SO ₄ conc. (capela)	Solução marrom avermelhada (HBr) e vapores de mesma cor (Br ₂)
I ⁻	Ácido sulfúrico concentrado	H ₂ SO ₄ conc. (capela)	Vapores de cor violeta (I ₂)
SO ₄ ²⁻	Íons bário	(1) HCl dil. (2) Sol. BaCl ₂	Precipitado branco de BaSO ₄
F ⁻	Ácido sulfúrico concentrado	H ₂ SO ₄ conc. (capela)	Gás fluoreto de hidrogênio que em contato com o vidro torna-o esbranquiçado.
NO ₃ ⁻	Sulfato de ferro(II) e ácido sulfúrico concentrado (ensaio do anel marrom)	(1) H ₂ SO ₄ dil. (2) FeSO ₄ (3) H ₂ SO ₄ conc	[Fe(NO)]SO ₄ anel marrom
NO ₂ ⁻	Sulfato de ferro(II)	(1) H ₂ SO ₄ dil. (2) FeSO ₄	[Fe(NO)] ²⁺ cor marrom esverdeada
CO ₃ ²⁻	Ácido clorídrico	(1) HCl dil. (2) recolhimento em solução saturada de Ba(OH) ₂	Película de BaCO ₃ na superfície da solução
CH ₃ COO ⁻	Ácido sulfúrico	(1) H ₂ SO ₄ dil.(1:1) (2) Δ	Odor de vinagre
PO ₄ ³⁻	Íons prata	AgNO ₃	Precipitado amarelo claro de Ag ₃ PO ₄
S ²⁻	Ácido clorídrico	HCl dil.	Odor de ovo podre
BO ₃ ³⁻	Ácido sulfúrico concentrado / etanol (ensaio da chama)	(1) H ₂ SO ₄ conc. (2) Etanol (3) Levantar na chama	Chama verde

Recomenda-se que o detalhamento das reações de separação e identificação dos cátions e ânions e a sequência da marcha analítica a serem usados na análise de amostras preparadas pelos docentes (indicando inclusive as possíveis interferências) sejam discutidos em aula, antes da sua execução no laboratório. O mesmo deve ser feito em relação ao uso dos equipamentos de laboratório, os cuidados operacionais envolvidos, os meios reacionais e a utilidade deste saber na aplicação dos métodos quantitativos de análise. Os detalhes sobre as reações e suas condições reacionais podem ser encontrados em textos mais completos sobre o assunto [4,5,7].

Uma marcha analítica deverá ser proposta pelo professor para cada “amostra desconhecida” a ser fornecida para análise, baseada nos esquemas de separação e identificação dos cátions e ânions indicados (Figuras 1 a 4; Tabela 1). Testes em separado devem ser planejados e realizados para que os alunos usem as técnicas de análise e observem os resultados das reações.

Os seguintes cuidados adicionais devem ser tomados ao se executar as marchas analíticas propostas:

1. Evitar contaminações pelo uso inadequado da espátula e dos conta-gotas. A espátula deve ser de metal (individual) e necessita estar limpa a cada uso. Utilizar um conta-gotas para cada solução e lavá-los bem sempre que preciso.
2. Verificar sempre os meios reacionais (ácido?, alcalino?, tamponado?) após a homogeneização da solução existente no frasco reacional (tubo de ensaio).
3. Verificar sempre a existência de excesso de reagente, se necessário.
4. Muito cuidado com o aquecimento direto de soluções contidas em tubos de ensaio com a chama do bico de Bunsen. Um superaquecimento local da solução irá provocar a expulsão violenta (“esperrar”) do líquido. Solicite a atenção do docente, pois este procedimento pode causar acidentes sérios.

Alguns cursos usam a tioacetamida (atenção: substância cancerígena, grau 2; manuseie com cuidado e leia o MSDS correspondente [9]) para precipitar os cátions na forma de sulfetos em meio ácido e em meio alcalino. O uso da tioacetamida, proposto pela primeira vez por Barber e Grzeskowiak [10], também tem sido recomendado como alternativa para eliminar as conseqüências desagradáveis e inconvenientes do uso do sulfeto de hidrogênio gasoso em laboratórios de ensino. A hidrólise da tioacetamida a quente, tanto em meio ácido quanto em meio básico, gera sulfeto de hidrogênio homogeneamente:



Também se encontram na literatura sugestões de esquemas de análise sistemática para cátions que não usam o sulfeto de hidrogênio como agente precipitante [11,12] para serem aplicados no ensino. Segundo os autores, estes procedimentos apresentam a vantagem de eliminar a poluição do ar provocada pelos vapores do sulfeto de hidrogênio e em alguns esquemas também se elimina a liberação de vapores de amônia.

Usando a Química Qualitativa para ensinar Química Analítica

Com relação ao conteúdo, pode-se mostrar que os fenômenos e princípios químicos e físicos aplicados na análise qualitativa para identificação dos íons são os mesmos aplicados na análise quantitativa (inclusive instrumental) e usados em métodos de referência para a análise de vários tipos de amostras. Portanto o estudo dos testes qualitativos inclui o estudo dos fundamentos de métodos quantitativos oficiais de análise, cabendo ao professor chamar a atenção dos alunos para isto, discutindo e indicando a extensão dos conhecimentos referentes a esta disciplina básica e os reflexos que têm em outras disciplinas do Curso de Química.

Tome-se como exemplo os testes de chama e as técnicas espectrofotométricas de emissão e de absorção atômicas, em que o fenômeno envolvido é o mesmo. Aspectos relacionados ao fundamento de ambas as técnicas, qualitativa e quantitativa, bem como os fenômenos associados que ocorrem na chama e que são responsáveis pela emissão da radiação, podem ser abordados nas aulas de Qualitativa. Como exemplos, podem ser citados os tipos de chama, os fatores que influenciam a intensidade da emissão da radiação, a influência dos ânions (o que

aconteceria se fosse usado sulfato de cálcio em vez de cloreto de cálcio no teste de chama?), as diferenças entre os métodos de emissão e absorção, dentre outros.

Também se mostra que os diversos procedimentos usados em análise qualitativa são semelhantes aos da análise quantitativa, principalmente aqueles usados para condicionamento do meio e separação de interferentes.

Isto pode ser visto de forma mais evidente nos testes que empregam reações de precipitação e os respectivos métodos gravimétricos. A natureza de um precipitado (cristalino ou coloidal), o fenômeno da peptização e como evitá-lo e o processo de precipitação de uma solução homogênea (precipitação com tioacetamida), são assuntos estudados em Qualitativa mas também pertinentes às análises quantitativas. Além disso, muitas operações básicas em análise gravimétrica quantitativa são ensinadas na análise qualitativa, como verificar se a precipitação foi quantitativa e a escolha da solução de lavagem dos precipitados.

Procedimentos usados para o condicionamento do meio, como o ajuste de pH, o uso de soluções tampão, a adição de solvente orgânico, a adição de um ligante (mascaramento) e o aquecimento, são usados rotineiramente pelos alunos ao realizarem a pesquisa de cátions e ânions em suas amostras.

O sulfato de bário, branco, precipita ao ser formado em solução aquosa neutra, mas os íons bário também reagem com outros ânions formando sais brancos pouco solúveis que precipitam em água. No entanto, em um meio ácido (pela adição de ácido clorídrico), apenas sulfato de bário precipitará. Portanto, o método analítico para detecção de sulfato consiste em adicionar solução de cloreto de bário à solução da amostra previamente acidificada com ácido clorídrico diluído e este é específico para sulfato. O mesmo acontece com o teste para cloreto com nitrato de prata em que o meio ácido dá ao teste uma melhor seletividade.

Os hidróxidos dos metais, exceto os alcalinos, são escassamente solúveis em água quando não são praticamente insolúveis. No entanto é possível separar os cátions Al^{3+} , Fe^{3+} e Cr^{3+} dos cátions Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} e Sr^{2+} por precipitação com solução de amônia em meio tamponado de $\text{pH} \approx 9$ e em presença de íons amônio. Neste caso os fenômenos que geram o resultado analítico vão além das reações de formação dos hidróxidos.

Entre outros, se tem o exemplo da reação do níquel com dimetilglioxima que necessita de um meio ligeiramente

alcalino (amoniaco) para ocorrer. Tanto o teste para a detecção de Ni^{2+} quanto o método para a sua determinação por precipitação com dimetilglioxima consistem em procedimentos que deverão resultar na precipitação quantitativa do níquel da solução da amostra e para isto é necessário que o meio seja condicionado adequadamente. Neste caso o condicionamento visa melhorar a sensibilidade dos métodos qualitativos e quantitativos.

Em todo procedimento analítico o condicionamento do meio pode determinar o grau de seletividade e a sensibilidade do método e conseqüentemente a obtenção de resultados confiáveis. Melhorar estes parâmetros ao desenvolver um método tem sido uma preocupação constante do Químico Analítico. O ensino da análise qualitativa clássica possibilita um estudo profundo sobre a correlação entre o condicionamento do meio e a seletividade do método de análise.

As marchas analíticas para análises sistemáticas dos cátions e dos ânions consistem basicamente em seqüências de procedimentos que visam separar os íons interferentes até obtenção, ao final, apenas da espécie de interesse cuja presença pode ser detectada através de um teste confirmatório. Portanto, o estudo teórico e prático das marchas é um ótimo instrumento para ensinar quais são os possíveis interferentes e como separá-los nos métodos usados para detectar e determinar as espécies iônicas estudadas. Alguns exemplos são as interferências de bário, estrôncio e chumbo que reagem com cromato formando precipitados amarelos no método de Mohr, a interferência de cobalto na pesquisa de ferro com tiocianato e vice-versa, as interferências de ferro(II) e cobalto (II) (além de ferro(III), alumínio (III) e cromo(III)) na identificação ou determinação de níquel com dimetilglioxima.

Parece claro que o objeto de estudo da Química Analítica Qualitativa não são as reações químicas inorgânicas, mas, sim, os processos analíticos que aplicam estas reações e que, como mostrado, têm sido recomendados e usados para detecção e determinação dos cátions e ânions em amostras reais.

Quanto ao aspecto pedagógico, a natureza dos procedimentos executados na análise qualitativa clássica possibilita o contato direto do aluno com uma ampla variedade de substâncias e fenômenos através da observação e manipulação. Isto muito ajuda no ensino e pode facilitar a aprendizagem de técnicas de laboratório e das propriedades das substâncias inorgânicas, tais como cor, odor, estado físico nas condições do ambiente, solubilidade, comportamento em meio ácido e básico, etc.

Somente a repetição consciente de uma mesma operação várias vezes pode levar o aluno a adquirir a habilidade necessária para executá-la com eficiência. As atividades desenvolvidas na análise qualitativa propiciam o treinamento em outras habilidades experimentais, tais como o uso e a limpeza de vidrarias (tubo de ensaio, béquer, pipeta, proveta).

Mas a formação do químico também exige o conhecimento de questões práticas, como o uso dos materiais de laboratório (vidrarias, cadinhos, centrífuga, capela, almofariz, banho-maria, etc), a limpeza dos equipamentos volumétricos, o preparo, armazenamento e manuseio de soluções, além dos aspectos gerenciais básicos de um laboratório de análise. É evidente que este não é um atributo exclusivo da Química Analítica Qualitativa, mas a sua natureza envolvendo uma variedade de espécies (substâncias, elementos ou íons), reações químicas e procedimentos experimentais simples que utilizam vidraria, instrumentos e equipamentos também relativamente simples (tubos de ensaio, pipetas de Pasteur, bico de Bunsen, banho-maria, chapa aquecedora, centrífuga, pHmetro, espectrofotômetro, etc.) é propícia para desenvolver nos alunos as habilidades mencionadas.

Conhecer as propriedades das substâncias também é fundamental para sua correta identificação, manipulação e uso adequado. Por exemplo, uma das habilidades requeridas ao executar o método de Volhard é detectar visualmente o ponto final da titulação pelo aparecimento de leve cor vermelha devido à formação do complexo $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$. É preciso que o aluno saiba que a cor vermelha buscada não é aquela intensa normalmente obtida num teste qualitativo para ferro(III) quando se tem alta concentração destes íons. A cor será mais intensa quanto maior a concentração de tiocianato ou de íons ferro(III). Portanto, em presença de pequenas concentrações de ferro(III) a adição de pequena quantidade de tiocianato produzirá uma cor vermelha bem clara. Este é um conhecimento que pode ser ensinado em análise qualitativa pois identificar, caracterizar e determinar uma substância ou espécie química é um dos principais objetivos da Química Analítica. Portanto, treinar os alunos nesta habilidade é fundamental e o ensino da análise qualitativa pode desempenhar muito bem este papel.

Um caso real que mostra o valor destes conhecimentos foi o lamentável episódio ocorrido no Brasil em maio e junho de 2003. Um erro em uma indústria farmacêutica provocou intoxicação em dezenas de pessoas (com óbitos), devido à contaminação de um medicamento com carbonato de bário. Este é um caso típico a ser mencionado durante a apresentação das reações de separação e de identificação dos íons bário, no Grupo II de cátions. O Celobar®

medicamento responsável pela tragédia, deveria conter sulfato de bário puro. Este é usado como contraste para exames radiológicos do aparelho digestivo na forma de suspensão. Quando ingerido permanece insolúvel ao longo do trato digestivo, não ocorrendo absorção dos íons bário, de alta toxicidade para o organismo humano. Já a solubilidade do carbonato de bário no meio ácido do estômago possibilita a absorção dos íons bário no trato intestinal o que, dependendo da concentração, pode ser fatal.

Outro papel pedagógico que a clássica Química Analítica Qualitativa pode desempenhar é o de permitir ao aluno vivenciar, um pouco, como se dá a interação da teoria com a prática na construção do conhecimento científico: a teoria determinando o tipo de experimento a ser executado e o experimento auxiliando na construção da teoria. Seja ao analisar uma “amostra desconhecida” ou ao planejar e executar um esquema de separação dos íons proposto por ele, o aluno tem a oportunidade de verificar os resultados obtidos à luz da teoria e avaliar os procedimentos realizados, e se preciso for, alterá-los.

Como mencionado por Swift [20], felizmente nenhum livro didático de análise qualitativa é capaz de abordar todos os imprevistos que podem surgir no desenrolar de uma análise, principalmente quando executada por estudantes. Um exemplo disto foi relatado por Godinho e Eberlin [21]. Os autores contam que em uma aula prática de Qualitativa os alunos tentaram separar os íons Ag^+ e Pb^{2+} usando a reação com excesso de base forte. O esperado era a formação de um precipitado preto de Ag_2O enquanto o chumbo ficaria em solução como $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$. No entanto o resultado foi outro. Ao invés do precipitado preto, um precipitado de cor amarela intensa foi obtido. Após alguns testes os autores constataram que este resultado não era devido à contaminação. Pesquisando-se na literatura eles descobriram que o composto amarelo formado é o Ag_2PbO_2 , mas os livros textos de Química Analítica Qualitativa nada mencionavam sobre esta reação.

Haendler et al. [14] e Packer [22] relataram que o interesse e motivação dos alunos pelas aulas aumentam quando é dada a eles a oportunidade de elaborar e executar seus esquemas para separação e identificação dos íons a partir do estudo prévio das reações individuais de cada íon.

Diante de resultados inesperados ou “errados”, o aluno pode sentir frustração e desânimo ou motivação e ânimo para buscar a explicação para os mesmos. Quando isto acontece, cabe ao professor incentivá-lo a achar uma resposta para o problema. Uma forma de fazê-

lo é promover o seu engajamento no planejamento dos experimentos, de modo que ele seja responsável por todo o processo. Neste caso, após o estudo teórico e prático das reações analíticas dos íons, ele pode propor uma marcha analítica para detecção dos cátions e ânions na amostra em que vai trabalhar, exercitando a sua capacidade de tomar decisões e resolver problemas.

Referências

1. **Alvim, T.R.**, Perspectivas para o ensino da análise química qualitativa, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
2. **Alvim, T.R.; de Andrade, J.C.**, A Importância da Química Analítica Qualitativa nos Cursos de Química das Instituições de Ensino Superior Brasileiras, *Quim. Nova*, 2006, 29: 168-172.
3. **Fresenius, W.**, (rev.) Fresenius, C. R. – *Traité D'Analyse Chimique Qualitative*, 17th ed., Paris, Masson et Cie, 1922.
4. **Treadwell, F. P.**, *Analytical Chemistry, Vol. I – Qualitative Analysis*, 9th ed., New York, John Wiley & Sons, 1937.
5. **Vogel, A. I.**, *Química Analítica Qualitativa*, 5. ed., São Paulo, Mestre Jou, 1981.
6. **Szabadváry, F.**, *History of Analytical Chemistry*, Londres, Pergamon Press, 1966.
7. **Baccan, N.; Godinho, O. E. S.; Aleixo, L. M.; Stein, E.**, *Introdução à Semimicroanálise Qualitativa*. 7a ed., Campinas, Editora da UNICAMP, 1997.
8. Internet resources for MSDS, <http://www.ilpi.com/msds/index.html#Internet> (acessado em 15 de Setembro de 2009)
9. Thioacetamide, <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/Chemicals/8000/7141.html> (acessado em 15 de Setembro de 2009)
10. **Barber, H. H.; Grzeskowiak, E.**, Thioacetamide in Place of Gaseous Hydrogen Sulphide for Precipitation of Insoluble Sulphides, *Anal. Chem.*, 1949, 21: 192.

11. **West, P. W.; Vick, M. M.**, Qualitative Analysis and Analytical Chemical Separations Without the Use of Sulfites, *J. Chem. Educ.*, 1957, 34: 393.
12. **Lumme, P.; Tummavuori, J.**, Phthalic Acid as a Reagent in Inorganic Qualitative Analysis of Metal-Ions. 1. New System for Qualitative Analysis, *Acta Chem. Scand.*, 1973, 27: 851.
13. **Thompson, M. L.; Bixler, J. W.**, Abridged Qualitative Analysis with Limited Reagents, *J. Chem. Educ.*, 1971, 48: 113.
14. **Haendler, B. L.; Cook, R. ; Siemiencow, G.**, An Individualized Approach to Qualitative Analysis, *J. Chem. Educ.*, 1982, 59: 333-334.
15. **Lambert, J. L.; Meloan, C. E.**, A Simple Qualitative Analysis Scheme for Several Environmentally Important Elements, *J. Chem. Educ.*, 1977, 54: 249-252.
16. **Petty, J. T.**, A Short Qualitative Analysis Scheme without Hazardous Wastes, *J. Chem. Educ.*, 1991, 68: 942-943.
17. **Solomon, S.; Fülep-Poszmik, A.; Lee, A.**, Qualitative Analysis of Eleven Household Compounds, *J. Chem. Educ.*, 1991, 68: 328-329.
18. **Oliver-Hoyo, M.; Allen, D.; Solomon, S.; Brook, B.; Ciralo, J.; Daly, S.; Jackson, L.**, Qualitative Análisis of Fourteen White Solids and Two Mixtures Using Household Chemicals, *J. Chem. Educ.*, 2001, 78: 1475-1478.
19. **Tan, Y. S. S.; Tan, B. H. I. ; Lee, H. K. ; Yan, Y. K. ; Hor, T. S. A.**, Designing a Self-Contained Qualitative Analysis Test for Transition Metal Ions, *J. Chem. Educ.*, 1998, 75: 456-458.
20. **Swift, E. H.**, A Proposal for a Reversal of Trends, *J. Chem. Educ.*, 1950, 27: 677.
21. **Godinho, O. E. S.; Eberlin, M. N.**, Revendo uma Velha Reação no Laboratório de Análise Qualitativa, *Quim. Nova*, 1985, 8: 115.
22. **Packer, J. E.**, Research Topics from Qualitative Inorganic Analysis, *J. Chem. Educ.*, 1966, 43: 197.