

Universidade de São Paulo
Instituto de Química de São Carlos

*Ensino de Química Analítica Qualitativa na Graduação:
Sua Importância e Metodologias Adotadas*

Roberta Maura Calefi

Dissertação apresentada ao Instituto de
Química de São Carlos, da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de mestre
em Ciências (Química Analítica)

Orientador: Prof. Dr. Éder Tadeu Gomes Cavalheiro

São Carlos
2010

*Bem aventurado o homem que,
acha a sabedoria, e o homem que,
adquire conhecimento*

Ecl. 3; 13

Dedico este trabalho,

Aos meus pais, Carlos e Tereza, pelo amor, incentivo.

À minha irmã Ana Paula, pela amizade e apoio.

Ao meu irmão Paulo Sérgio, minha cunhada Paula e à pequena Isis.

Agradecimentos

- ✓ *A Deus por tudo que tenho e sou.*
- ✓ *Ao Prof. Dr. Éder Tadeu Gomes Cavalcheiro pela amizade, respeito, confiança, incentivo, pela orientação e discussões.*
- ✓ *Ao Prof. Dr. Gilberto O. Chierice pelo respeito, incentivo e amizade.*
- ✓ *À Dra. Priscila Cervini Assumpção pelo apoio, pelas discussões e pelo incentivo.*
- ✓ *Às amigas que sempre estiveram do meu lado em todos os momentos, Amanda, Gra, Ju (Barbie), Rita e Grace.*
- ✓ *Agradeço à Andressa (Braba), Aline e Claudio pela amizade, carinho e estadia no Aloj, fundamentais para a realização desse trabalho.*
- ✓ *Ao pessoal do Alojamento USP São Carlos, Ana Maria, Douglas (Barata), Bruno (Samurai), Michelli, Regiane, Cipó, Pardal, Graxa, Renato, Kami, Tia, aos recém chegados e aos que já se foram, obrigada pela amizade e “moradia”.*

- ✓ *Aos meus amigos de Brodowski: Aline, Débora, Carmem Lucía e Adauto, Josiane e Thiago, Valdecir (Pombinho) e Sílvia, Ednéia, Júlio, Chico, Maurício, Dri e Eltinho, Renato, Beth e Ronaldo, pela amizade, apoio, paciência e pelos ótimos momentos juntos.*
- ✓ *Aos amigos de laboratório: Ivana, Mariá, Carol, Puff, Avaré, Toninho, Salvador, Marlí, Marlyzinha, Toni, Royal, Gilbert, Tio Lu, Jô, Glimaldo, Marcio, Glauco, Luis, Ana Paula, Adriana, Thalita, Pedro, Diego.*
- ✓ *Aos amigos que fiz ao longo desses anos: Salvador e Marlí, Fernanda, Grace, Thais, Thati, Edgar, Adriano, Orlando, Leandro, Karen, Alexandre, Pedro e André obrigado pelo apoio, amizade e por todos os momentos que passamos juntos.*
- ✓ *A todos os professores que responderam ao questionário e colaboraram com a pesquisa.*
- ✓ *A todos que por ventura não estão descritos nesta lista, mas que estão presentes no meu coração.*
- ✓ *Ao IQSC/USP pela infra-estrutura para a realização deste trabalho.*

RESUMO

CALEFI, R.M. **O Ensino de Química Analítica Qualitativa na Graduação: sua importância e metodologias adotadas.** 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

Um estudo sobre alguns aspectos relacionados ao ensino de Química Analítica Qualitativa no Brasil é apresentado, com o objetivo de oferecer subsídios para discussão sobre a importância e as formas de se trabalhar o conteúdo dessa disciplina em nosso país. Inicialmente, foi feito um levantamento dos aspectos históricos da análise qualitativa, sua introdução e desenvolvimento no ensino superior brasileiro, com destaque ao seu introdutor, o Prof. Heinrich Rheinboldt, a autores nacionais que se ocuparam do assunto, como o Prof. Paschoal Senise (e seus seguidores) e às pesquisas desenvolvidas em nosso país, por Fritz Feigl. Também foi enviado um questionário com 11 perguntas sobre diversos aspectos da disciplina, dirigidas a 134 docentes responsáveis por ministrar Química Analítica Qualitativa em 75 Instituições de Ensino Superior, tanto públicas como particulares, abrangendo todo o território nacional. As questões tinham o objetivo de avaliar a importância dada à disciplina, seu conteúdo e formas de apresentação pelo país. Destes, apenas 20 responderam e suas respostas foram compiladas e analisadas sob diversos aspectos. Como última parte do trabalho foi feita uma resenha das principais metodologias de ensino experimental da Química Analítica Qualitativa, tendo como base os principais livros-texto, citados pelos professores no questionário. Também foram incluídas algumas propostas de metodologia nas quais se evita o uso do controverso sulfeto de hidrogênio. A principal conclusão é que há uma divergência profunda de opiniões sobre a apresentação da disciplina quanto à sua forma e carga horária, porém com certa convergência quanto ao conteúdo. Entretanto, a maioria dos professores que responderam ao questionário, concordou com a importância da disciplina na formação do estudante de química.

ABSTRACT

CALEFI, R.M. **O Ensino de Química Analítica Qualitativa na Graduação: sua importância e metodologias adotadas.** 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

A study of some aspects considered relevant, concerning the teaching of Qualitative Chemical Analysis in Brazil is presented, looking for subsidy discussions on the importance and approaches of teaching this discipline. Initially historical aspects of the Qualitative Analysis as well as its introduction in our country is presented emphasizing its introducer Prof. Heinrich Rheinboldt and Brazilian authors that concerned on the subject as Prof. Paschoal Senise (and his students) and the research developed here by Fritz Feigl in the last century. A questionnaire with 11 questions about several aspects of the discipline was sent out to 134 teachers responsible by teaching Qualitative Chemical Analysis in 75 universities and colleges (state and private) all around the country. The questions had the goal of evaluating the importance attributed to the contents and didactical approach used in the discipline. Only 20 answers were received back and their contents were compiled and analyzed under several aspects. As the last part of the work a summary of the main experimental teaching approaches of Qualitative Chemical Analysis based on the text-books mostly cited in the answers to the questionnaire is presented together with some propositions from the literature that avoid the use of the controversial hydrogen sulphide. The main conclusion is that there is a deep divergence about how to present the contents of the discipline concerning the teaching approach and the time dedicated to the subject with certain agreement in relation to the contents. However, the majority of the teachers that attempt the questionnaire agreed with the importance of Qualitative Chemical Analysis in the formation of the chemistry student.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de IES que foram consultadas e que informaram ou não, claramente quem são os docentes responsáveis pela disciplina de Química Analítica Qualitativa.	22
Figura 2: Distribuição dos questionários, em relação ao número de IES consultadas, em cada região geográfica do Brasil.	23
Figura 3: Quantificação (a) do total das IES públicas e privadas, para as quais a consulta foi dirigida e (b) do total de respostas recebidas e não respondido, para os questionários enviados.	27
Figura 4: Distribuição das respostas quanto à importância da Química Analítica Qualitativa.	29
Figura 5: Distribuição das respostas quanto à forma de apresentação da disciplina.	33
Figura 6: Distribuição das respostas quanto à forma em que a disciplina é oferecida.	35
Figura 7: Quanto à equipe ministrante: (a) mesmo professor teoria e prática e (b) quanto à influência.	36
Figura 8: Respostas à primeira parte da Questão 8.	43
Figura 9: Referente às respostas, sobre o tempo destinado para realizar os experimentos. ...	44
Figura 10: Respostas em relação à realidade do laboratório quanto aos materiais disponíveis.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista das IES que oferecem cursos de Química no Brasil e que foram consultadas quanto às disciplinas de Química Analítica, classificadas pela região Geográfica, Estado e Natureza Jurídica.....	24
Tabela 2: Respostas obtidas em relação à carga horária que deveria ser atribuída à Química Analítica Qualitativa, de acordo com os professores que responderam ao questionário e o conteúdo abordado na disciplina, ordenado pelo número crescente de horas totais sugeridos.....	34
Tabela 3: Número de alunos sugeridos pelos professores para aulas teóricas, práticas ou total das duas para os cursos de Química Analítica Qualitativa	38
Tabela 4: Livros-texto mais citados para a disciplina Química Analítica Qualitativa	39
Tabela 5: Resultados das respostas para os conteúdos e cargas horárias destinadas à Química Analítica Qualitativa, conforme respostas obtidas	41
Tabela 6: Separação dos cátions em Grupos, de acordo com a proposta de Vogel	54
Tabela 7: Separação dos cátions em Grupos, de acordo com a proposta de Baccan <i>et al</i> e Alexeyev.....	55
Tabela 8: Separação dos cátions em Grupos, de acordo com a proposta de Witten <i>et al.</i>	55
Tabela 9: Classificação dos ânions adotada por Moeller e O'Connor.....	57
Tabela 10: Classificação dos cátions segundo Sidhwani e Chowdhury	60
Tabela 11: Classificação dos cátions segundo Munro	62
Tabela 12: Classificação dos cátions segundo Gerstengang	63
Tabela 13: Classificação dos cátions segundo Brockman	64

SUMÁRIO

1. Introdução.....	0
2. Objetivos.....	10
3. Um breve histórico da Análise Qualitativa	10
4. Questionário sobre a disciplina	18
4.1. Apresentação do questionário e das formas de aplicação	20
4.2. Do questionário	21
4.3. Abrangência do questionário.....	22
4.4. Análise das respostas ao questionário	28
4.5. Considerações gerais sobre o questionário.....	48
5. Escala de Análise e Metodologias	50
5.1. Métodos usando H ₂ S	52
5.1.1. <i>Vogel</i>	53
5.1.2. <i>Baccan et al. e Alexeyev</i>	54
5.1.3. <i>Witten et al.</i>	55
5.1.4. <i>Análise sistemática dos ânions</i>	57
5.2. Métodos que não usam H ₂ S	57
5.2.1. <i>Sidhwani e Chowdhury</i>	59
5.2.2. <i>Munro</i>	61
5.2.3. <i>Gerstenzang</i>	63
5.2.4. <i>Brockman</i>	64
6. Conclusão	65
Referências	50

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

Desde há algum tempo, o ensino de química analítica qualitativa tem sido objeto de ampla discussão e gerado controvérsias entre os professores de química, responsáveis pela elaboração das grades curriculares de cursos de graduação e os professores responsáveis por ministrar as disciplinas de química analítica.

Isso se deve ao fato de que se convive, no meio acadêmico brasileiro, com opiniões favoráveis e contrárias à manutenção da Química Analítica Qualitativa Clássica nos currículos dos cursos superiores de Química.

Apesar de ser considerado importante por grande parte dos educadores da área, muitos professores, inclusive alguns militantes na área de Química Analítica, a consideram um curso antigo e que poderia ter redução da carga horária.

Tal redução vem ocorrendo na maioria dos cursos atuais de química em nível superior, já há algum tempo, em função da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 9394/96)¹, que previa a flexibilização curricular. Isso aconteceu com outras disciplinas também e aí havia a necessidade de adequar o conteúdo à carga horária.

Deve-se lembrar que o estudo da Química se divide tradicionalmente em cinco grandes áreas: Química Inorgânica, Química Orgânica, Físico-Química, Bioquímica e Química Analítica.

A Química Analítica Clássica se divide em Química Analítica Qualitativa e Química Analítica Quantitativa. A primeira se dedica à identificação dos componentes presentes em uma dada amostra, enquanto a segunda se ocupa da determinação da quantidade de cada componente presente.

De forma geral, a parte teórica do ensino de Química Analítica Qualitativa se baseia na apresentação de fundamentos do equilíbrio químico envolvendo reações ácido-base, de precipitação, de complexação e de óxido-redução.

Na parte experimental, se utilizam diversas estratégias para a separação de cátions e ânions usando-se reações características de grupos destas entidades químicas, com base em suas reações com determinados reagentes, gerando produtos normalmente na fase sólida.

Após separá-los em grupos, os íons são submetidos a processos de separação que envolvem reações químicas específicas, as quais geram produtos na fase sólida, líquida, ou gasosa, cujas cores, ou outras propriedades organolépticas como o odor, sejam características de um dado cátion ou ânion que se queira identificar. Tais procedimentos são baseados em reações que envolvem processos de precipitação, formação de complexos e óxido-redução, cuja fundamentação é apresentada na parte teórica.

Nesse ponto há também forte controvérsia em relação ao uso do gás sulfídrico como reagente de separação dos cátions normalmente analisados e várias propostas tentando a sua substituição vêm sendo feitas há mais de um século.

Com o avanço progressivo da instrumentação analítica, iniciado na década de 1940 e acelerado nas décadas de 1950 e 1960 associados ao avanço da eletrônica, a pesquisa em análise qualitativa passou a despertar um interesse cada vez menor, praticamente não existindo nos dias atuais^{2,3}.

Mais recentemente, o avanço da instrumentação assumiu proporções exponenciais, com o advento dos dispositivos de estado sólido (transistores), o

surgimento dos *microchips*, que permitiu (e ainda permite), um desenvolvimento muito veloz dos equipamentos e sua conseqüente miniaturização.

Com a popularização dos microcomputadores e dos programas computacionais no controle instrumental, na aquisição e tratamento de dados, além do interfaceamento com sistemas automatizados, as perspectivas para o futuro são muito amplas e a análise química deverá sofrer transformações cada vez mais significativas buscando-se a miniaturização e o avanço instrumental.

Com isso, desde os anos 1950-1960, as publicações em Química Analítica Qualitativa passaram a ser voltadas quase que exclusivamente para o ensino, como descrevem Alvim e de-Andrade⁴ e que pode ser facilmente comprovado pelos vários artigos publicados no *Journal of Chemical Education*, por exemplo.

Simultaneamente, os cursos de Análise Qualitativa começaram a ser abolidos dos currículos de várias universidades americanas, que passaram a inserí-los como apêndices dos cursos de Análise Instrumental, ao mesmo tempo em que eram descartados os cursos específicos sobre equilíbrio químico, com conseqüente redução das horas de aulas práticas envolvendo as reações de identificação de cátions e ânions. Uma segunda alternativa era a de apresentar os conteúdos de Análise Qualitativa, inseridos nas aulas de Química Geral⁵.

A justificativa era que o uso da instrumentação ganhava importância e que os procedimentos clássicos estavam se tornando técnicos e poderiam ser executados sem treinamento específico.

Diante desse quadro, Strong⁶ sugeriu um novo curso de Química Analítica Qualitativa, no qual os princípios básicos das técnicas instrumentais deveriam ser ensinados por meio de atividades práticas.

Nessa mesma época, Freiser⁷ propôs uma disciplina na qual se enfatizava apenas aos procedimentos voltados para a separação e não à detecção de íons.

Entretanto, muitos educadores de renome foram contrários a esse desaparecimento. Merece destaque a declaração clássica do agraciado com o Prêmio Nobel de Química de 1983, Dr. Henry Taube que, durante uma entrevista a Rudy M. Baum⁸, afirmou que:

“...o desaparecimento da Análise Qualitativa foi um erro, pois essa constituía um meio de introduzir a química descritiva e de motivar os alunos a estudarem as reações químicas que, em sua opinião, “são o coração da química...”.*

Essa afirmação foi motivo de muita polêmica à época de sua publicação e oxigenou a discussão sobre a necessidade de manter a Química Analítica Qualitativa nos cursos de Química no Brasil e no exterior.

Benedetti-Pichler *et al.*⁹ comentaram sobre a possibilidade da Química Analítica Qualitativa ser capaz de desenvolver no aluno uma atitude de pesquisador, ao trabalhar com amostras desconhecidas, pois o processo de descobrir a composição química de uma amostra requer uma abordagem semelhante à usada em pesquisa.

Frank¹⁰ também comentou sobre essa mesma idéia e afirmou que a seqüência *pensar e agir* é muito importante para um futuro pesquisador. Segundo ele, o processo

* Tradução da autora.

analítico consiste em uma seqüência de observação, interpretação, confirmação e conclusão. Essa seqüência de ação é o que se espera de um pesquisador químico, físico, engenheiro de desenvolvimento, médico diagnosticador, em outras palavras, da maioria dos estudantes de análise qualitativa.

Estas novas abordagens e comentários levaram a uma reflexão sobre a necessidade de incluir a Química Analítica Qualitativa nas grades curriculares de cursos superiores de química, porém de uma forma mais moderna, mas que não levasse à perda de seus aspectos positivos na formação do profissional de química, o que vem se tornando um desafio, desde então.

No exterior, consultando páginas da INTERNET de universidades americanas e européias, nota-se que a Química Analítica Qualitativa está inserida em outras disciplinas, especialmente em química geral. Normalmente não há disciplinas específicas para o conteúdo de Química Analítica Qualitativa. Entretanto, no continente asiático, em especial em Cingapura, a Química Analítica Qualitativa é uma disciplina muito importante para o curso de química. Porém, foi observado que os alunos têm grande dificuldade em relacionar os procedimentos que executam, com os resultados obtidos e a teoria¹¹.

No Brasil, a Química Analítica Qualitativa teve suas raízes nos ensinamentos da chamada *Escola de Rheinboldt*¹². Com o estabelecimento do nazismo na Alemanha, muitos químicos se transferiram para nosso país. Entre eles, Heinrich Rheinboldt (1891-1955), que se transferiu da Universidade de Bonn para o Brasil, onde se estabeleceu em 1935, como docente da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo. Um dos seus objetivos era organizar um curso de Química

baseado nos moldes alemães, formando professores para a escola secundária. Ele priorizava as aulas de laboratório por acreditar que a base do ensino de química era a intuição e que o aluno, para aprender a pensar, deveria vivenciar os fenômenos muitas vezes, até se familiarizar com eles¹³.

Também nesse contexto, foram instituídos os colóquios, que nada mais eram do que momentos de discussão entre os alunos, mediados pelo professor, antes da realização dos experimentos propostos. Eles possibilitavam a conexão entre os fundamentos básicos e as aulas experimentais. A experiência mostrou que os conteúdos de Química Analítica Qualitativa eram ensinados mais eficientemente sob a forma desses colóquios, que sob a forma de aulas tradicionais¹¹.

Um dos primeiros discípulos de Rheinboldt no Brasil foi o Prof. Dr. Paschoal Senise, do Instituto de Química da USP. Em um trabalho publicado em Química Nova, revista da Sociedade Brasileira de Química, Senise destacou a importância da Química Analítica Qualitativa na formação do químico e também sobre a função pedagógica oferecida por essa disciplina, que teria o objetivo de estimular o aluno a pensar e raciocinar de forma criativa¹⁴. A importância da Química Analítica Qualitativa na formação do químico vem refletir a preocupação de muitos em relação a esse campo de estudo e atividade na área da química. Porém, seu papel promove divergências de opiniões, em decorrência das quais a atenção que tem merecido tem sido bastante diversificada.

No artigo¹³, Senise também faz referência aos pontos de vista distintos em relação ao lugar e à extensão que a disciplina deve ocupar nas grades curriculares e

quanto à necessidade de formação do químico analítico por meio de programas de pós-graduação.

Senise também comenta sobre Kolthoff¹⁵, reconhecido como “*um dos pais da Química Analítica Moderna*”, em 1949, alertando sobre as sérias conseqüências de uma conceituação errônea do papel do químico analítico ao superestimar a instrumentação como recurso simples e suficiente por si mesmo.

Kolthoff acentuava que, sem se apoiar em estudos sistemáticos e no conhecimento das propriedades das substâncias, sob aspectos químicos, físicos ou biológicos, a química analítica ficaria relegada a plano secundário e não teria o desenvolvimento científico adequado, em detrimento do progresso da própria química.

Em suma:

“...o profissional da química deveria dominar os conceitos químicos que regem a análise instrumental...”.

Senise também recorda que, em dezembro de 1969, os Estados Unidos já estavam preocupados em corrigir a situação criada, pela extinção da Química Analítica Qualitativa, pois passou a existir uma carência de profissionais com capacidade para resolver problemas nessa área¹³.

O autor deixa claro que, sendo o objetivo formar especialistas na área de química analítica, é importante a forma de abordagem e o destaque dado à disciplina durante a graduação, que terá influência para despertar ou não o interesse do aluno na escolha de seu caminho futuro.

Senise comenta que não há um só caminho para ensinar química com eficiência, mas ao contrário, que pode haver várias opções para atingir a mesma meta. Ressalta também que *quando bem ensinada*[†], a Química Analítica Clássica pode ter papel relevante na perseguição desse objetivo. E, embora tenha sido muitas vezes relegada ao segundo plano e até mesmo suprimida pelo fato de não encontrar mais aplicação direta na vida prática, é principalmente a Química Analítica Qualitativa que pode desempenhar sob o aspecto pedagógico, esse grande papel. O autor lembra que essa disciplina permite que a capacidade de observação e espírito crítico sejam aguçados e recorda que, em 1980, Herbert A. Laitinen¹⁶ comentou ser uma pena os químicos modernos não avaliarem o potencial do tubo de ensaio, da placa de toque e do microscópio para respostas rápidas e simples.

Senise lembra que a Química Analítica Qualitativa constitui uma ferramenta poderosa no ensino da química. Muitos alunos antigos declaram dever muito de seu êxito profissional ao tipo de ensinamento recebido no curso de Química Analítica Qualitativa. O Químico Analítico deve ter o conhecimento ou a capacidade de compreensão de diferentes abordagens de um problema e sua contribuição consiste na escolha do método mais adequado para solução desse problema.

Em outro artigo¹⁷, o Professor Senise comenta as palavras de Lars Kryger¹⁸, o qual afirmou que não há realmente substituto para a habilidade experimental e para os conhecimentos químicos fundamentais. É, portanto, de importância primordial que o Químico Analítico, mesmo no futuro, quando o acesso aos dados for extremamente facilitado pelos bancos de dados e pelas redes de computadores, saiba avaliar

[†] Destaque da autora.

criticamente a qualidade dos resultados e não perca o contato com o trabalho de laboratório.

O Prof. Dr. Oswaldo Espírito Santo Godinho, discípulo de Senise, criou um marco para o ensino de Química Analítica Qualitativa, ao escrever, em colaboração com outros docentes do IQ-UNICAMP, o livro “*Introdução à Semimicroanálise Qualitativa*”¹⁹, que se tornou bastante conhecido e utilizado em cursos de Análise Qualitativa por todo o Brasil.

A preocupação com o ensino de Química Analítica Qualitativa em nosso país, parece ter se intensificado na década de 90, quando se iniciaram discussões mais acaloradas sobre o tema, ainda que com quase 40 anos de atraso em relação aos EUA.

Desde então, os cursos de química têm passado por revisões, buscando sua modernização e adequação à realidade presente, com sistemáticos cortes na carga horária e na forma de apresentação dos conteúdos de Química Analítica Qualitativa.

Capítulo 2

Objetivos

2. Objetivos

O principal objetivo desse trabalho é levantar elementos que possam contribuir para com o ensino de Química Analítica Qualitativa, tendo em vista os aspectos polêmicos que o ensino dessa disciplina envolve.

Para tanto foi feita uma revisão do aspecto histórico da análise qualitativa, apresentando um questionário a professores envolvidos com a Química Analítica Qualitativa em todo o Brasil e também se procurou compilar diferentes formas de abordar a disciplina em seu aspecto experimental.

Capítulo 3

Um breve histórico da Análise Qualitativa

3. Um breve histórico da Análise Qualitativa

Um breve histórico da evolução da Química Qualitativa é descrito a seguir.

As origens dos procedimentos analíticos modernos situam-se no Egito, que era tecnicamente um dos países mais avançados do mundo antigo. Lá se processaram metais preciosos, desenvolveram a arte da tinturaria, a fabricação do vidro, além de processos de produção de cerveja e vinho, entre outros¹⁸.

Porém, apesar do grande desenvolvimento para a época, os processos de identificação das espécies químicas eram baseados em propriedades físicas.

A história da microanálise, enquanto sistemática científica é relativamente recente. Entretanto, alguns testes descritos desde os primórdios da era cristã mostram que a preocupação com a identificação de substâncias úteis no dia a dia do ser humano ou mesmo de materiais tóxicos é antiga. Na verdade, a primeira reação química descrita por via úmida para ser utilizada na análise, de que se tem notícia, foi um teste que hoje seria classificado como análise de toque ou “*spot test*”²⁰.

Este teste qualitativo foi descrito por Caius Plinius Secundus, um naturalista romano (23-79 d.C.), e visava detectar a presença de sulfato ferroso em verdigris^{‡21}. O teste era feito utilizando uma tira de papiro impregnada com solução do extrato de noz de galha. Se a tira adquirisse cor preta, indicava a presença de sulfato ferroso na amostra¹⁹.

[‡] *verdigris* era o nome dado à tinta verde obtida quando cobre, latão ou bronze eram expostos à intempérie ou à água do mar. Normalmente é composto de carbonato de cobre, podendo conter cloreto ou acetato, dependendo da origem. Era o verde mais usado até o século XIX, sendo atualmente pouco usado, devido à sua toxicidade²⁰.

O componente ativo do extrato é o ácido tânico, uma mistura de ésteres de glicose do ácido gálico contido na galha. As galhas, por sua vez, são saliências causadas por insetos parasitas, sobre os galhos e troncos de árvores.

O aparecimento da análise química propriamente dita surgiu apenas com as experiências do cientista inglês Robert Boyle²².

Boyle (1627-1691) foi o primeiro a utilizar “*spot tests*” para detectar ácidos e bases, usando papel impregnado com extrato vegetal. Em seus procedimentos, utilizou papel tornassol e papel tratado com sucos de violeta e flores de milho¹⁹. Sua participação foi fundamental no desenvolvimento da Química Analítica na segunda metade do século XVII, pelo estudo da utilização de reações químicas para identificação de várias substâncias e introduzindo novos reagentes analíticos, principalmente para aplicação na análise de águas²¹.

Dois outros exemplos de micro testes antigos são as reações usadas para detectar ouro. No século XVII merece destaque o trabalho de Otto Tachenius. Em 1666, ele observou que uma gota de uma mistura de solução de ouro com tintura de noz de galha, quando colocada sobre papel produz uma mancha metálica¹⁹.

A outra reação, ao mesmo tempo envolvendo macro e microanálise, é o teste desenvolvido por Cassius em 1632, denominado “*Purple of Cassius*”. Este teste, também realizado para a determinação de ouro, mostra a formação de uma suspensão de ouro coloidal e hidróxido de estanho pelo tratamento do cloreto áurico com cloreto estanoso¹⁹.

Outro registro da época foi feito por Eberhard Gockel (1636-1703) que propôs a adição do ácido sulfúrico para detectar chumbo no vinho. O aparecimento da turbidez branca indicava a presença de chumbo²¹.

No século XVIII, o aumento das atividades de mineração na Europa fez o interesse da análise química deslocar-se da medicina para a metalurgia e mineralogia. Métodos para análise de minerais foram desenvolvidos, novos elementos foram descobertos e, em adição aos testes qualitativos, a análise quantitativa por via úmida foi bastante utilizada^{3,21}.

Hills¹⁹ destaca que Chamot e Mason, Feigl e Meyer, consideram que a microquímica teve seu início em meados do século XVIII, quando Sigismund Marggraf (1709-1782), durante sua pesquisa sobre cana-de-açúcar e suco de beterraba, introduziu, pela primeira vez, o uso do microscópio em química.

Em 1745, Marggraf, desenvolveu um estudo sistemático do comportamento de metais tratados com álcalis (carbonato ou hidróxido) em solução aquosa. Nesse trabalho foi proposto o “Azul da Prússia”, como reagente analítico para testar a presença de ferro em águas. Em outro trabalho, descrito pelo mesmo autor, foi observado o comportamento dos nitratos de sódio e potássio. Marggraf notou que, apesar de semelhança comportamental, não se tratava das mesmas substâncias, pois após a evaporação de suas soluções, apresentavam cristais com formas diferentes e, quando colocados em carvão incandescente, produziam chamas com cores diferentes: amarela para nitrato de sódio e azulada para o nitrato de potássio²¹. Este trabalho apresenta o registro mais antigo da aplicação do teste de chama na química de espécies metálicas.

Também merecem destaque os trabalhos do químico sueco Torbem Olof Bergman, reunidos em um livro com título de “*Opuscula physica et chimica*”, de 1779. Nesta obra é apresentada a classificação e descrição de reagentes e processos analíticos, qualitativos e quantitativos por via úmida. O conjunto de seus trabalhos sobre análise química é considerado a base para o surgimento da química analítica como um ramo separado da Química^{21,23}.

O maior avanço na microanálise qualitativa foi feito por Behrens, o qual foi chamado por Chamot e Mason¹⁹ de, “*o verdadeiro fundador da nossa ciência atual de análise química microscópica.*” Em suas publicações nas duas últimas décadas do século XIX, ele propôs um grande número de testes e também métodos de separação entre os íons, dando maior precisão ao teste confirmatório. A primeira contribuição importante para o trabalho de Behrens foi feita por Schoorl em uma série de documentos apresentados de 1907 a 1909, descrevendo um esquema de análise microquímica qualitativa, baseada no clássico sistema de H₂S.

Em 1813, o francês Thénard propôs uma série de testes que seriam aplicados na identificação de gases liberados durante a análise de uma amostra desconhecida. Também desenvolveu o primeiro processo de separação em grupos na análise qualitativa¹⁸.

Posteriormente, o alemão Fresenius²⁴, considerado o pai da Análise Qualitativa, propôs vários métodos de análise, que resultaram na separação sistemática dos cátions, e que constituem a base dos esquemas de separação usados nos cursos atuais de Química Analítica Qualitativa¹⁹.

Em 1859, Schiff publicou um teste de gota no qual usava papel de filtro impregnado com carbonato de prata para detectar uréia na urina. Uma gota de urina, contendo uréia, produzia uma mancha prata metálica de cor marrom¹⁸.

Emich contribuiu tanto para a microanálise qualitativa como para a quantitativa e foi responsável pelo desenvolvimento de muitas das técnicas usadas atualmente. Benedetti-Pichler chamaram-no de pioneiro e fundador da ciência microquímica, pois ele foi o primeiro na tentativa de experimentos em química geral e físico-químicas, em pequena escala. Seu trabalho não se limitou à microanálise, mas incluiu pequenos experimentos em larga escala, em química geral, inorgânica e orgânica¹⁹.

Em 1898, Trey¹⁸ demonstrou a possibilidade de separar cobre de cádmio por meio de uma solução amoniacal, contendo estes íons, colocada em uma tira de papel de filtro. Os íons cádmio ficavam no anel externo e podiam ser identificados com sulfeto de amônio, resultando em um anel amarelo de sulfeto de cádmio ao redor do círculo preto de sulfeto de cobre.

Finalizando este histórico, destaca-se o trabalho desenvolvido pelo químico alemão Fritz Feigl e sua contribuição à análise qualitativa no Brasil. Em 1918, Fritz Feigl iniciou um estudo sistemático do uso de reações específicas e seletivas para a maioria dos cátions e ânions, com base em procedimentos que ficariam conhecidos como “*spot tests*” (análise de toque).

Embora os primeiros experimentos pertençam ao ramo de microanálise conhecida como “*spot tests*”, o verdadeiro desenvolvimento deste campo ocorreu sob a investigação promovida por Feigl e colaboradores. A técnica de “*spot tests*” é assim

chamada porque a análise é realizada por reações que ocorrem no volume de uma ou duas gotas de solução, geralmente sobre uma placa ou papel de filtro.

Segundo Feigl²⁵,

“...Por que trabalhar com mililitros se podemos obter o mesmo efeito mais rápido e economicamente, com uma gota?...”

Feigl²⁶ chegou ao Brasil em 29 de novembro de 1940, no Rio de Janeiro, com 49 anos de idade. Uma coincidência interessante favoreceu sua permanência no Brasil: Mario Abrantes da Silva Pinto, então Diretor do Laboratório da Produção Mineral (LPM)/Departamento Nacional da Produção Mineral, do Serviço Geológico Brasileiro, designara Coriolano José Pereira da Silva, professor de Química Analítica na vizinha Escola Nacional de Agronomia, da Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro), com a missão de introduzir e treinar o pessoal do LPM nas técnicas de Feigl, da *“análise de toque”*.

Coriolano, tendo tomado conhecimento da chegada de Feigl ao Rio de Janeiro, informou a Mario Pinto que, imediatamente, idealizou contratar Feigl com a intenção de incorporá-lo ao corpo técnico do LPM, a fim de criar um núcleo de microquímica na América do Sul e para desenvolver alguns estudos técnicos especiais.

Durante os 29 anos de atividades de Feigl no LPM, sua produção científica extraordinária compreendeu, em sua maioria, o desenvolvimento de reações por análise de toque. Graças a esse trabalho realizado no LPM, Feigl foi considerado não somente um pesquisador, como também um inspirador de novos pesquisadores.

A produção de Feigl pode ser resumida em:

- Mascaramento em química - Seletividade em química;
- Funcionalização seletiva para o desenvolvimento de novas reações;
- Definição precisa de “Limite de Identificação”, de “Limite de Diluição”, “Limite de Concentração”;
- Diferenciação entre reações e reagentes “específicos” e “seletivos”;
- O efeito capilar do papel de filtro na identificação dos componentes por reações de gota.

Em sua obra “*Spot Tests in Inorganic Analysis*”²⁷ encontram-se descritas inúmeras reações para identificação de cátions e ânions. Pode-se destacar a reação resultante da mistura de soluções de Mn (II) e Ag (I) em meio alcalino, formando um precipitado negro de óxido de manganês e prata metálica. Esta reação ocorre mesmo com uma concentração muito baixa de íons Ag (I), de tal modo que, até mesmo o cloreto de prata pode ser detectado pelo produto de reação.

Em recente levantamento detalhado da memória de Feigl, Espínola²⁴ resgatou cerca de 550 publicações em periódicos, sendo 136 ainda na Europa e os demais no Brasil, e vinte livros, alguns reeditados até sete vezes, ampliados e traduzidos para vários idiomas.

Apesar de Feigl não ter pertencido oficialmente aos quadros de professores de universidades do Brasil, alguns de seus colaboradores, que foram pioneiros no uso das microtécnicas no ensino da química, como C. Costa Neto na UFRJ, L. Heinberger na

Pontifícia Universidade Católica (PUC/RJ) e E. Silva na Universidade Federal de Pernambuco, tiveram papel destacado em nossas escolas de química.

Costa Neto, em 1957, introduziu as técnicas de Feigl em seu curso de Análise Orgânica, na Escola de Química (IQ/UFRJ).

Silva, tendo trabalhado com Feigl durante 1953-1954, em 1958 instalou o Laboratório de Ensaio de Gota, na UFPE, para a reorientação da metodologia de ensino, associando o experimental ao teórico.

Hainberger, radicado na PUC/RJ durante 27 anos, conduziu, no período de 1971-1986, 34 teses dentro deste tema, sendo 26 de mestrado e 08 de doutorado.

Feigl não chegou a ver o reconhecimento internacional e a adoção da química em microescala no ensino da química. Faleceu em Janeiro de 1971, com grande contribuição à Química Analítica, para a qual grande volume de análises de toque foram desenvolvidas em nosso país.

Capítulo 4

Questionário sobre a disciplina

4. Questionário sobre a disciplina

Pelo que foi apresentado na Introdução nota-se que, no meio acadêmico brasileiro e internacional, convive-se com opiniões favoráveis e contrárias à manutenção da Química Analítica Qualitativa Clássica nos currículos dos cursos superiores de Química. Apesar de ser considerado importante por grande parte dos educadores da área, muitos professores consideram um curso antigo e que poderia ter redução da carga horária nos dias atuais.

Entretanto, não foi encontrado nenhum trabalho, no qual essas opiniões controversas fossem apresentadas e debatidas efetivamente, talvez devido à dificuldade de reunir os professores da área em um fórum de discussão e pela dificuldade de chegar a um consenso sobre o assunto.

Nessa etapa do trabalho foi elaborado um questionário, o qual foi enviado a Professores de Química Analítica de todo o país buscando suas opiniões quanto à importância, carga horária e relevância de oferecer a disciplina nas suas respectivas unidades educacionais e como ela deveria ser trabalhada. Enfim, o principal objetivo desse questionário foi apresentar um levantamento de como os professores responsáveis pela disciplina de Química Analítica Qualitativa encaram a importância da disciplina na formação de químicos no contexto atual.

À seguir são apresentados o questionário, sua forma de aplicação e a discussão dos resultados.

Na elaboração das questões e na coleta dos dados seguiu-se as diretrizes teóricas e éticas apresentadas por Bogdan²⁸ e Ludke²⁹. Estes autores afirmam que é

importante que o investigador procure elaborar questões que não possam ser respondidas com simples “sim” e “não”. As respostas mais elaboradas dão origem a dados mais consistentes e podem revelar muito mais que o esperado. Por questões éticas as respostas não foram ligadas aos nomes dos entrevistados que as forneceram.

Na análise de conteúdo seguiram-se as diretrizes apresentadas por Bardin³⁰. Segundo ele, a análise de conteúdo pode ser considerada como um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. A intenção da análise do conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção) das mensagens, inferência que esta recorre a indicadores quantitativos ou não.

4.1. Apresentação do questionário e das formas de aplicação

Foram contatadas consultando as informações da INTERNET ou por e-mail, 75 Instituições de Ensino Superior (IES), que oferecem cursos de Química no Brasil. Desse total, 14 não continham informações claras e não responderam ao questionamento sobre quem são os professores responsáveis pelas disciplinas de Química Analítica.

Ressalta-se que os questionários só foram enviados aos professores dos quais se tinha informação oficial de que eram os responsáveis pelas disciplinas. Ainda que se soubesse informalmente quem eram os professores responsáveis nas instituições que não responderam à informação, não foi enviado o questionário a esses professores.

4.2. Do questionário

O questionário era composto de 11 questões, a saber:

- 1) *Em sua opinião a Química Analítica Qualitativa é importante na formação do químico atualmente? Qual seria a principal contribuição da disciplina nessa formação?*
- 2) *Em sua opinião, para que o grau de importância atribuído no item anterior fosse contemplado, qual deveria ser o conteúdo abordado e qual deveria ser a carga horária atribuída à disciplina Química Analítica Qualitativa?*
- 3) *Em sua Instituição, a disciplina Química Analítica Qualitativa é oferecida como uma disciplina separada ou está inserida em outras?*
- 4) *Se for o caso, o(a) Sr(a). é o mesmo professor(a) da teoria e prática? O(a) Sr(a). acredita que isso possa influenciar no desenvolvimento do curso?*
- 5) *Quanto ao número de alunos por turma?*
- 6) *Quais são os livros texto utilizados?*
- 7) *Qual o conteúdo e a carga horária da parte experimental e teórica?*
- 8) *Usa-se a marcha analítica clássica completa ou são apresentados aspectos da separação de cátions e ânions? Em sua opinião haveria determinadas reações ou etapas que pudessem ser suprimidas sem prejuízo de conteúdo importante?*
- 9) *Quanto ao tempo para realizar o experimento? Estaria havendo tempo para o aluno refletir sobre o experimento realizado?*
- 10) *O procedimento está de acordo com a realidade do laboratório quanto aos materiais disponíveis?*
- 11) *Há observações adicionais que o(a) Sr(a). gostaria de fazer?*

As respostas foram compiladas e estão reunidas nas próximas sessões, nas quais se procurou avaliar quantitativamente a abrangência, o número de respostas e as respostas propriamente ditas.

4.3. Abrangência do Questionário

Como foi dito anteriormente, o questionário foi enviado a 75 IES que oferecem cursos de química no Brasil. A Figura 1 representa o número dessas instituições que mostram claramente quem são os docentes responsáveis ou forneceram tal informação, quando consultadas.

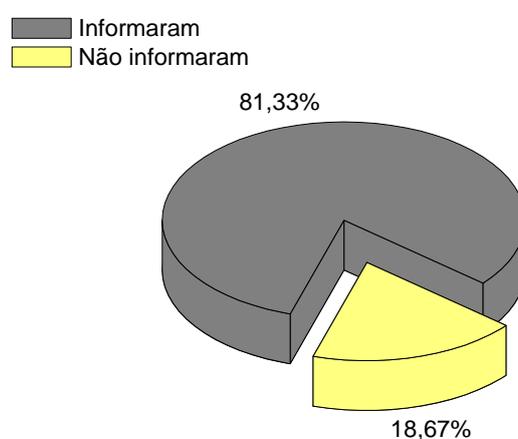


Figura 1: Número de IES que foram consultadas e que informaram ou não, claramente quem são os docentes responsáveis pela disciplina de Química Analítica Qualitativa.

Dessa figura é possível observar que 81% das 75 IES consultadas informaram na INTERNET ou após consulta aos setores competentes, quais eram os docentes responsáveis pelas disciplinas de Química Analítica Qualitativa.

Uma lista completa das Instituições consultadas é apresentada na Tabela 1, classificadas por ordem alfabética e pelas regiões geográficas em que se situam. A Tabela também mostra a natureza jurídica (Pública ou Particular) das IES para se ter uma idéia da abrangência da consulta.

A Figura 2 apresenta um mapa do Brasil, mostrando o número de IES consultadas, por região geográfica.

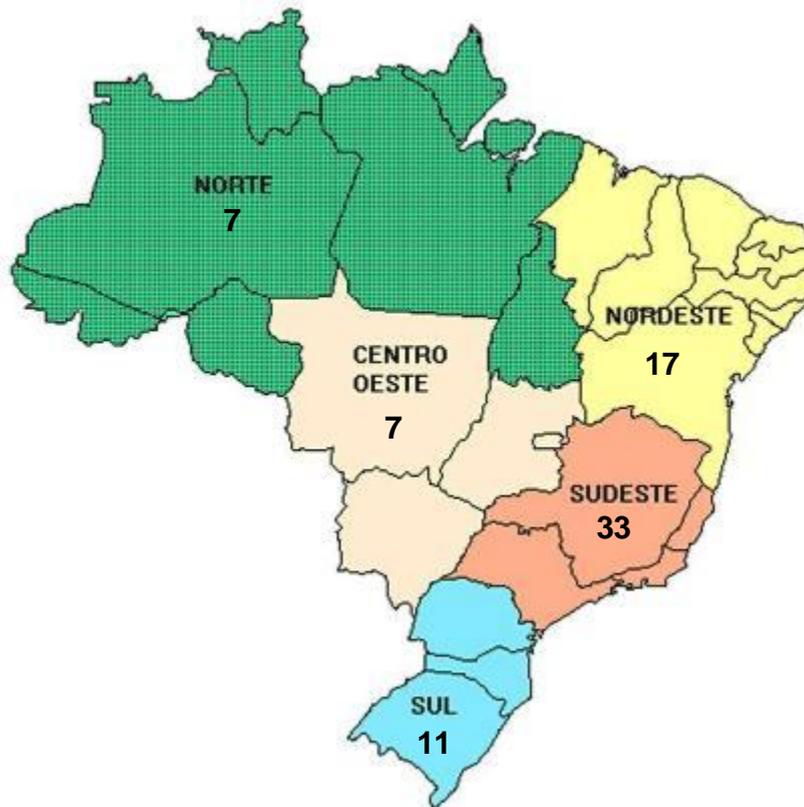


Figura 2: Distribuição dos questionários, em relação ao número de IES consultadas, em cada região geográfica do Brasil.

Tabela 1: Lista das IES que oferecem cursos de Química no Brasil e que foram consultadas quanto às disciplinas de Química Analítica, classificadas pela região Geográfica, Estado e Natureza Jurídica

Região	Estado	IES/Sigla	Natureza jurídica
Norte	Acre	Universidade Federal do Acre – UFAC	Pública
	Amapá	Universidade Estadual do Amapá – UEAP	Pública
	Amazonas	Universidade Federal do Amazonas – UFAM	Pública
	Pará	Universidade Federal do Pará – UFPA	Pública
	Rondônia	Universidade Federal de Rondônia – UNIR	Pública
	Roraima	Universidade Estadual de Roraima - UERR Universidade Federal de Roraima - UFRR	Pública Pública
Centro Oeste	Distrito Federal	Universidade Católica de Brasília – UCB Universidade de Brasília – UNB	Particular Pública
	Goiás	Universidade Estadual de Goiás – UEG Universidade Federal de Goiás – UFG	Pública Pública
	Mato Grosso	Universidade Federal do Mato Grosso – UFMT	Pública
	Mato Grosso de Sul	Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul – UEMS Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS	Pública Pública
Nordeste	Alagoas	Universidade Federal de Alagoas - UFAL	Pública
	Bahia	Universidade Federal da Bahia – UFBA Universidade do Estado da Bahia – UNEB Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB	Pública Pública Pública

	Ceará	Universidade Federal do Ceará – UFC Universidade Estadual do Ceará – UECE	Pública Pública
	Maranhão	Universidade Estadual do Maranhão – UEMA Universidade Federal do Maranhão – UFMA	Pública Pública
	Paraíba	Universidade Estadual da Paraíba - UEPB Universidade Federal da Paraíba – UEPB	Pública Pública
	Pernambuco	Universidade Federal de Pernambuco – UFPE Universidade Estadual de Pernambuco – UEPE	Pública Pública
	Piauí	Universidade Estadual do Piauí – UFPI Universidade Federal do Piauí – UFPI	Pública Pública
	Rio Grande do Norte	Universidade Estadual do Rio Grande do Norte – UERN Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN	Pública Pública
	Sergipe	Universidade Federal de Sergipe – UFS	Pública
Sudeste	Espírito Santo	Universidade Federal do Espírito Santo – UFES	Pública
	Minas Gerais	Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP Universidade Federal de Lavras – UFLA Universidade Federal de Viçosa – UFV Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG Universidade Federal de Uberlândia – UFU Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP	Pública Pública Pública Pública Pública Pública Pública Pública Pública
	Rio de Janeiro	Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio	Pública Pública Particular

São Paulo	Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP	Pública	
	Universidade Federal do ABC – UFABC	Pública	
	Instituto de Química de São Carlos – IQSC-USP	Pública	
	Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto – FFCLRP-USP	Pública	
	Instituto de Química – USP-SP	Pública	
	Instituto de Química – UNICAMP	Pública	
	Instituto de Química de Araraquara – IQ-UNESP	Pública	
	Faculdade de Ciências – UNESP-Bauru	Pública	
	Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP- Presidente Prudente	Pública	
	Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – IBILCE - UNESP- Rio Preto	Pública	
	Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR	Pública	
	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFSP-Sertãozinho	Pública	
	Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUCCamp	Particular	
	Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE (– Presidente Prudente)	Particular	
	Universidade Presbiteriana Mackenzie - MACKENZIE	Particular	
	Universidade de Franca – UNIFRAN	Particular	
	Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos – UNIFEB	Particular	
Universidade São Francisco – USF	Particular		
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP	Particular		
Universidade Cruzeiro do Sul – UNICSUL	Particular		
Centro Universitário Claretiano de Batatais- CEUCLAR	Particular		
Sul	Paraná	Universidade Federal do Paraná - UFPR	Pública
		Universidade Estadual de Londrina – UEL	Pública
		Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG	Pública
		Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE	Pública
		Universidade Estadual de Maringá – UEM	Pública
		Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR	Particular
Rio Grande do Sul	Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS	Pública	
	Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC	Particular	
	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS	Particular	
	Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ	Particular	
Santa Catarina	Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC	Pública	

As questões foram enviadas por e-mail a 134 professores que ministram disciplinas da área de Química Analítica Qualitativa, nas 61 unidades de ensino superior de caráter público (47) e privado (14), nas quais foi possível identificar os professores responsáveis pela disciplina. Desses 134 professores consultados, apenas 20 responderam entre fevereiro de 2009, quando foram enviados os primeiros questionários e janeiro de 2010, quando esta compilação foi concluída. Destes 20 professores que responderam ao questionário, 17 eram vinculados a escolas públicas e 03 a escolas particulares.

A Figura 3.a apresenta uma relação percentual das escolas, quanto ao seu caráter jurídico e a Figura 3.b ilustra o volume de respostas obtidas ao questionário.

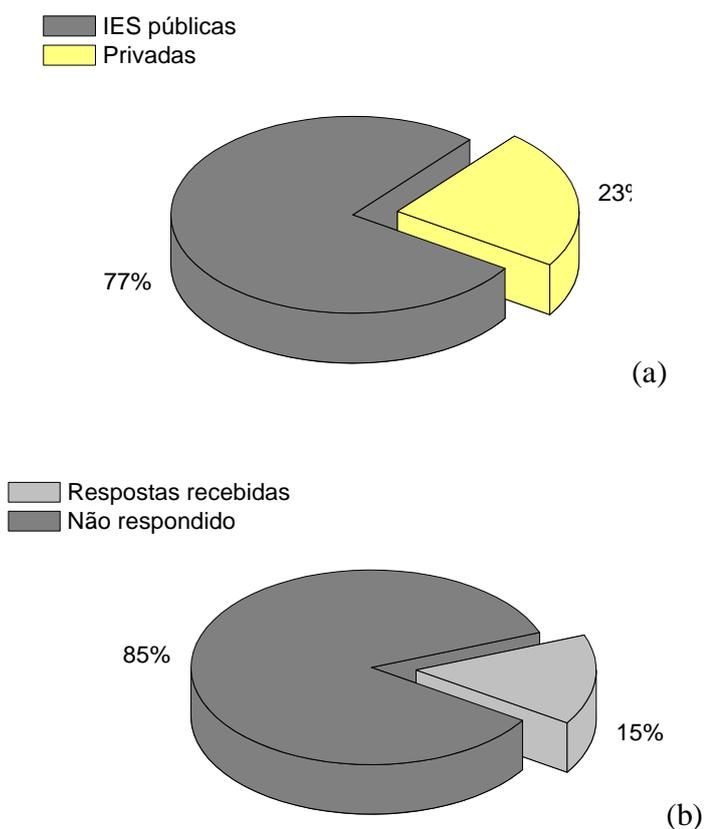


Figura 3: Quantificação (a) do total das IES publicas e privadas, para as quais a consulta foi dirigida e (b) do total de respostas recebidas e não respondido, para os questionários enviados.

Segundo os autores^{28,29,30} usados como fonte para elaboração e avaliação do questionário, a avaliação do retorno em termos das respostas deve ser tomada com certo cuidado.

Entretanto, deve-se ponderar que um retorno de apenas 15% de respostas após um ano de espera, é um número significativo. Certamente, deve haver professores que não receberam os e-mails pelos mais diversos motivos como afastamento para estágio, viagem, defeitos no sistema de e-mails, filtros de “spam”, etc.

A seguir são apresentados os resultados numéricos obtidos para cada pergunta do questionário.

4.4. Análise das respostas ao questionário

1) Em sua opinião a Química Analítica Qualitativa é importante na formação do químico atualmente? Qual seria a principal a contribuição da disciplina nessa formação?

O objetivo dessa pergunta é bastante claro e pretende avaliar qual a importância atribuída, pelo entrevistado, à disciplina e qual o principal ponto de sua importância. Dos professores que responderam à questão formulada, 18 consideram importante (90,0%); 1 considera de importância relativa, dependendo do futuro profissional do aluno (5,0%); e apenas 1 considera que a disciplina não é importante (5,0%). Uma visualização das respostas na forma de gráfico é apresentada na Figura 4.

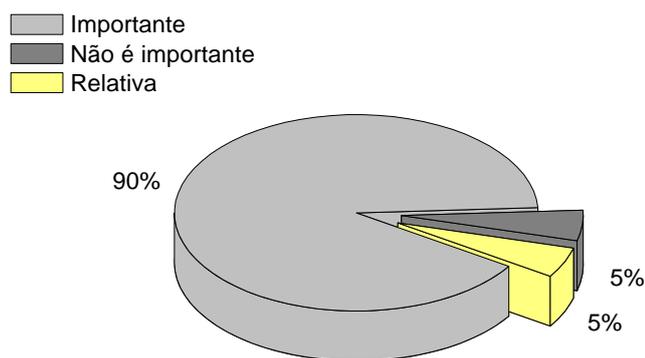


Figura 4: Distribuição das respostas quanto à importância da Química Analítica Qualitativa.

A grande maioria dos professores que responderam ao questionário considera importante apresentar o conteúdo de Química Analítica Qualitativa aos estudantes. Quanto à forma dessa apresentação, este ponto será avaliado em outras questões, a seguir.

O único professor que não considerou a Química Analítica Qualitativa importante justificou sua resposta considerando que a análise clássica pode servir como primeira aproximação ao problema, mas são as técnicas instrumentais que vão resolver o problema em instância final:

“(sic)...Os problemas analíticos podem ser inicialmente resolvidos com uma análise qualitativa, mas para o parecer final geralmente é necessário o emprego de técnicas instrumentais.”

O único professor que considerou a Química Analítica Qualitativa como sendo de importância relativa, atribuiu sua opinião ao destino profissional do aluno e deu como exemplo uma aplicação em Química Forense:

“ (sic)... Em Química Forense, por exemplo, são empregadas reações de identificação vistas em química analítica qualitativa. Pode-se citar a identificação de Pb^{2+} em resíduos de disparos de armas de fogo pela reação química com solução acidificada de rodizonato de sódio.”

Com relação à principal contribuição da disciplina, nas considerações apresentadas pelos professores que apontaram a disciplina como sendo importante, pode-se destacar que a grande maioria considera de grande importância a demonstração de conceitos fundamentais de química e a forte relação entre teoria e prática que a disciplina pode oferecer. Destacaram-se os casos nos quais os professores apontaram a possibilidade de apresentação dos princípios de reação química, ao equilíbrio químico em geral (alguns professores discriminando os equilíbrios ácido-base, de precipitação, de complexação e de óxido-redução), além da demonstração dos efeitos do meio reacional nesses equilíbrios (interferência, controle de acidez, etc..), seria a contribuição mais importante da disciplina na formação do estudante de química. Alguns exemplos que representam estas citações são apresentados a seguir:

Exemplo a- *“ (sic)... Um dos núcleos centrais da ciência química é a compreensão de reações químicas e a química analítica qualitativa é uma disciplina importante para visualização de processos químicos envolvendo reações ácido-base, precipitação, complexação e óxido-redução. Nesse contexto a disciplina possibilita ao aluno a compreensão de múltiplos processos envolvidos e como as condições reacionais podem ser ajustadas para favorecer a ocorrência de um determinado processo.”*

Exemplo b- “ (sic)... A QAQ ajuda o aluno a entender como as espécies químicas interagem entre si, seja em soluções de composição química simples ou complexa, sintética ou natural. Esses conhecimentos ajudam a intervir mais adequadamente numa determinada análise, dependendo da composição química da amostra e do método utilizado.”

Exemplo c- “ (sic)... Quanto ao conteúdo são os equilíbrios, começando por ácido-base, depois precipitação, complexação, óxi-redução; que são os equilíbrios que temos em todas as reações química inorgânicas. Quanto ao laboratório daria a marcha analítica de cátions e também algumas análises de ânions. A marcha analítica não deve ser aquela convencional e sim a marcha analítica aplicada, tirando os íons que são considerados prejudiciais ao meio ambiente, tal como o chumbo, cádmio, crômio, mercúrio, entre outros; e mostrando que para separar e identificar cada cátions é necessário o ajuste no valor do pH das reações e saber como retirar ou mesmo mascarar um íon considerado interferente. Conhecer bem os equilíbrios de competição, precipitação, complexação, entre outros.”

Também houve citações quanto à importância em desenvolver o senso crítico e o caráter investigativo e estimulante do raciocínio do estudante, em concordância com Senise¹³. Foi destacada a possibilidade da disciplina desenvolver a independência e um professor apontou a disciplina como motivador para prosseguimento no curso. Dois exemplos que resumem esse grupo de respostas são dados a seguir:

Exemplo a- “ (sic)... Ela é importante para demonstrar aos alunos alguns princípios químicos relevantes, fazê-los aprender a trabalhar no laboratório com critério, de maneira independente e responsável e criar o espírito crítico e inquiridor.”

Exemplo b-“ (sic)... O aluno percebe por meio de alterações de coloração, formação de precipitados, liberação de gases as reações químicas, como também percebe que necessariamente a mistura de soluções de certos compostos não provoca reações químicas. É nessa disciplina, que alguns alunos iniciam a curiosidade e a motivação para continuar no curso de Química.”

Houve também casos que consideram a disciplina importante por apresentar interação com a sociedade, meio ambiente e possibilidade de apresentar a preocupação com a geração e recuperação de resíduos.

2) Em sua opinião, para que o grau de importância atribuído no item anterior fosse contemplado, qual deveria ser o conteúdo abordado e qual deveria ser a carga horária atribuída à disciplina Química Analítica Qualitativa?

Essa é uma questão bastante direta. Quanto ao conteúdo, 15 entrevistados consideraram adequado apresentar a forma tradicional com ou sem a marcha analítica (75%); 02 deles sugeriram apresentar o conteúdo de forma mista Química Analítica Qualitativa e Química Analítica Quantitativa (10%); 01 sugeriu apresentar de forma alternativa, sem marcha analítica (5%) e 2 não foram exatamente claros em sua opinião (10%). A distribuição gráfica das respostas é apresentada na Figura 5.

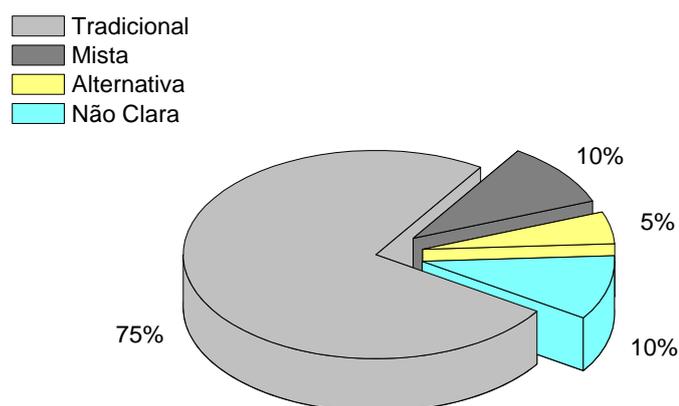


Figura 5: Distribuição das respostas quanto à forma de apresentação da disciplina.

Entretanto, as respostas foram muito variadas quanto ao aspecto numérico da carga horária, a parte final da questão. As diversas respostas obtidas para essa parte da questão estão reunidas na Tabela 2. Nota-se que há grande diversidade de opinião entre os professores, que podem ser divididas em dois grupos: os que consideram que se deve apresentar o conteúdo de Química Analítica Qualitativa de forma separada e os que entendem que se deve apresentá-la juntamente com a Química Analítica Quantitativa, ainda que em minoria.

Dos que entendem que a disciplina mereça conteúdo exclusivo de Qualitativa há uma variação entre a sugestão de 2 até 16 horas semanais, divididas entre teoria, prática e ambas, conforme pode ser visto na Tabela 2. A maioria das respostas, entretanto, se concentra entre 4-6 horas semanais, com divergência entre as opiniões quanto ao tempo a ser dedicado à teoria e à prática.

Em relação aos que sugerem a disciplina mista, há uma variação entre 4 e 6 horas semanais, mas, também, com divergências em relação ao conteúdo prático e/ou teórico.

Tabela 2: Respostas obtidas em relação à carga horária que deveria ser atribuída à Química Analítica Qualitativa, de acordo com os professores que responderam ao questionário e o conteúdo abordado na disciplina, ordenado pelo número crescente de horas totais sugeridos

Frequência de respostas	Carga Horária Semanal/h			Disciplina
	Teoria	Prática	Total*	
1	-	-	2	Apenas Química Analítica Qualitativa
1	-	-	3-4	
2	-	3,3	3,3	
1		4	4	
2	-	-	4	
1	2	2	4	
1		5	5	
1	3	3	6	
2	-	-	6	
1		6-8	6-8	
1	4	4	8	
2	-	-	8	
1	-	-	10	
1	8	8	16	
1	-	4	4	
1	-	-	6	Q. A.Qualitativa e Q. A.Quantitativa

* considerando 15 semanas no semestre, segundo a legislação vigente.

3) *Em sua Instituição, a disciplina Química Analítica Qualitativa é oferecida como uma disciplina separada ou está inserida em outras?*

Essa também foi uma pergunta direta, que buscou situar a forma de apresentação do conteúdo da disciplina. A Figura 6 apresenta a distribuição das respostas.

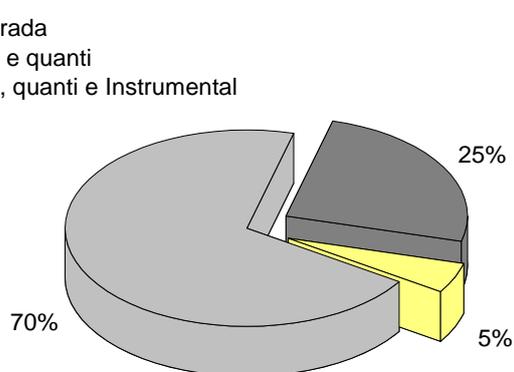


Figura 6: Distribuição das respostas quanto à forma em que a disciplina é oferecida.

Esperava-se que os professores se manifestassem sobre como eles entendem a melhor forma e apresentar o conteúdo, relacionando também com a resposta anterior, mas, curiosamente, não houve comentários que relacionassem as respostas a essa questão com as respostas da questão anterior, na qual eles opinaram sobre a melhor carga horária.

4) Se for o caso, o(a) Sr(a). é o mesmo professor(a) da teoria e prática? O(a) Sr(a). acredita que isso possa influenciar no desenvolvimento do curso?

Nesse caso se pretendeu saber se há coerência entre teoria e prática e qual a influência do(s) ministrante(s), ser(em) ou não o(s) mesmo(s), nesse quesito. Na Figura 7.a apresenta a distribuição de como isso ocorre na prática, ou seja em quantas Instituições o professor é o mesmo ou não. Em quase a metade dos casos em que houve resposta, o mesmo professor é responsável pela teoria e pela prática.

Quanto à influência da diversidade na equipe de professores responsáveis pela teoria e prática, os resultados são mostrados na Figura 7.b.

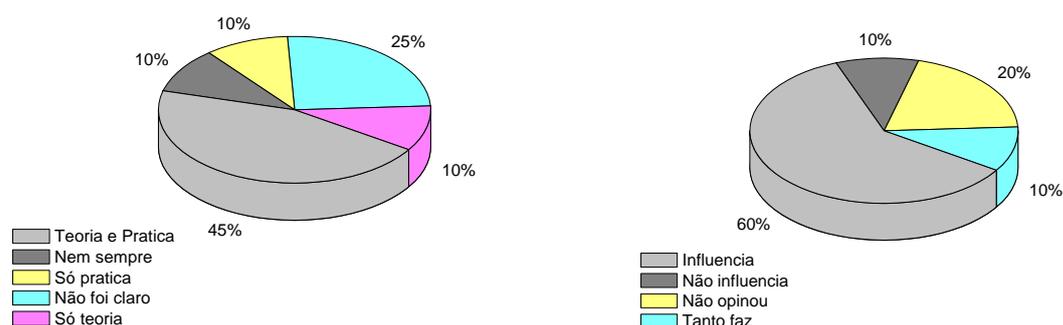


Figura 7: Quanto à equipe ministrante: (a) mesmo professor teoria e prática e (b) quanto à influência.

A maioria absoluta dos entrevistados que respondeu ao questionário acredita na influência da presença de um único docente responsável pela teoria e prática da disciplina, o que de certa forma se reflete na realidade de oferecimento da Química Analítica Qualitativa.

Já a minoria não vê influência da equipe responsável, outros não foram claros em opinar ou consideram que é indiferente a responsabilidade pela prática e teoria.

Dois comentários que ilustram as opiniões apresentadas a respeito desse ponto são exemplificados abaixo:

Exemplo a- “ (sic)... Não acredito que influencia, mas acho que é interessante, caso tenha outro docente, que estes tenham uma certa sincronia e que trabalhem juntos.”

Exemplo b- “ (sic)... Acho importantíssimo que o mesmo docente que ministra as aulas teóricas ministre também, pelo menos uma turma de aula prática. Tenho feito isso há vários anos e acho mais produtivo, pois podemos complementar o ensino-aprendizagem recordando ao aluno o que foi discutido na teoria, durante as aulas práticas e vice-versa.”

5) Quanto ao número de alunos por turma?

Nesse caso o objetivo era constar se os professores têm alguma opinião de qual o número ideal de alunos para as turmas de teoria e de prática e se acham que há diferença entre os que devem frequentar a sala de aula e o laboratório. Os resultados estão resumidos na Tabela 3.

Novamente houve uma grande diversidade de respostas e certa confusão entre o que o professor considera ideal e o que ocorre na sua Instituição, que pode ter sido causada pela formulação da pergunta, a qual poderia ter sido mais clara e objetiva.

Para a teoria, o número de alunos sugerido variou entre 30 e 70, enquanto que para os laboratórios o sugerido foi de 10 a 70, com certa concentração entre 20-30. Também foi possível notar diferenças entre o sugerido para licenciatura e bacharelado.

Tabela 3: Número de alunos sugeridos pelos professores para aulas teóricas, práticas ou total das duas para os cursos de Química Analítica Qualitativa

Frequência de respostas	Número de alunos		
	Teórica	Prática	Total*
2	-	-	20
1	-	-	60
1	-	30	-
1	-	24	-
1	+ 30	25-30	-
2	-	20	-
2	40	20	-
1	40	25	-
1	-	60-70	-
1	60	30	-
1	-	15	-
1	-	10	-
1	30	30	-
1	70	16	-
1	-	12	-
1	-	-	Licenciatura: 29 Bacharelado: 25
1	-	-	Licenciatura: 20 Bacharelado: 40

**teoria e prática juntas*

6) *Quais são os livros-texto utilizados?*

Nesse caso, procurou-se obter um levantamento dos principais livros de Química Analítica Qualitativa usados no país e nas diferentes Instituições e Regiões Geográficas.

Os livros com maior número de citações estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Livros-texto mais citados para a disciplina Química Analítica Qualitativa

Livro	Vogel ³¹	Baccan ¹⁹	Alexeyev ³²	Outros*
Número de Citações	16	14	9	20
% citações/respostas	80	70	45	-

*Referente a 16 livros com duas ou menos citações.

Os três livros mais citados independentemente da Região Geográfica ou da natureza das Instituições de Ensino (público ou privado) foram os livros de Vogel²⁹, Baccan *et al.*¹⁸ e Alexeyev³⁰.

Isso pode ser reflexo da origem da disciplina na USP São Paulo e a disseminação do conteúdo pelo país, a partir da origem. Algumas nuances regionais puderam ser detectadas e alguns livros, menos conhecidos, só foram citados por professores da Região Nordeste Vaitsman³³ e King³⁴ e um outro no Sudeste Brumblay³⁵.

Outros livros foram citados, porém, não são específicos de Química Analítica Qualitativa, mas sim de Química Geral, ou gerais em Química Analítica. Entre eles estão Harris³⁶, com 5 citações, Atkins³⁷(2), Bard³⁸(2), e Russel³⁹(1).

Uma relação completa de todos os livros citados é apresentada no Apêndice 1.

7) Qual o conteúdo e a carga horária da parte experimental e teórica?

Nessa questão buscou-se saber como é a realidade do oferecimento da disciplina na Instituição de ensino de cada entrevistado. Ela foi colocada afastada da Questão 2, já apresentada, na qual o professor falava sobre sua opinião de como a disciplina deveria ser apresentada, para que não houvesse mistura de idéias. Um resumo das respostas obtidas é apresentado na Tabela 5.

Pode-se observar que há, novamente, grande diversidade de respostas, o que reflete a falta de consenso na forma de apresentar a disciplina. Há cursos com teoria e sem prática, enquanto outros contam com prática, mas sem teoria. Há oferecimento misto com Química Analítica Quantitativa e cursos voltados para licenciatura, que são diferentes daqueles oferecidos para bacharelado, quanto à carga horária.

As cargas horárias variam de 2 a 6 horas para os cursos teóricos e de 2 a 9 horas para os cursos experimentais.

Tabela 5: Resultados das respostas para os conteúdos e cargas horárias destinadas à Química Analítica Qualitativa, conforme respostas obtidas

IES	Conteúdo		Carga Horária / h	
	Teórica	Prática	Teórica	Prática
1	-	Análise sistemática de cátions e ânions	0	3
2	-	Análise de cátions e ânions	3	4
3	Equilíbrios e eletrólitos, força de ácidos e bases	Equilíbrios e eletrólitos	Bach: 2 Lic: 2	Bach: 6 Lic: 6
4		Foco: análise por via úmida	2 (72 h anual)	
5	Equilíbrios e eletrólitos, força de ácidos e bases	Equilíbrios químicos envolvidos na identificação e quantificação de espécies químicas inorgânicas.	2	6
6	Equilíbrios, eletrólitos, gravimetria	-	4	0
7	Equilíbrios e eletrólitos, força de ácidos e bases	Análise de cátions e ânions	2	2
8	Equilíbrios, eletrólitos e gravimetria	Análise de cátions e ânions; volumetria, gravimetria; Métodos instrumentais inorgânicos	4,5	9
9	Equilíbrio químico, hidrólise, tampão e balanceamento	Análise de cátions	4	2
10	-	Análise de cátions e ânions	0	5
11	Equilíbrios, eletrólitos e força de ácidos e bases	Análise de cátions e ânions		8
12	Equilíbrios, eletrólitos e força de ácidos e bases	Análise de cátions e ânions		8
13	Equilíbrios e eletrólitos	Análise de cátions e ânions		4
14	-	Separação e identificação de cátions	0	4
15	Equilíbrios e eletrólitos	Separação e identificação de cátions	Lic1: 4 Lic2: 4	Lic1: 0 Lic + Bach: 3
16	Métodos de calibração, preparo de amostras e equilíbrios químicos	Análise de cátions e ânions, gravimetria, volumetria	4,5	7 (quali e quanti)
17	Equilíbrio químico, gravimetria	Equilíbrio químico, gravimetria e volumetria	4	4 (quali e quanti)
18	Equilíbrio químico	Análise sistemática e assistemática de cátions e ânions	4	3
19	Equilíbrio químico	Análise e identificação de cátions e ânions	6	6
20	Equilíbrio químico	Análise e identificação de cátions e ânions	4	4

Enquanto o conteúdo dos cursos experimentais se foca na apresentação das reações dos cátions e ânions, com ou sem a marcha analítica, os cursos teóricos são invariavelmente voltados à apresentação do equilíbrio químico em suas formas clássicas (ácido-base, de precipitação, de complexação e de óxido-redução), com maior ou menor detalhamento.

Em apenas uma das IES que responderam ao questionário, além do conteúdo de Química Analítica Qualitativa e Química Analítica Quantitativa, também são abordados alguns aspectos de análise instrumental inorgânica.

8) Usa-se a marcha analítica clássica completa ou são apresentados aspectos da separação de cátions e ânions? Em sua opinião haveria determinadas reações ou etapas que pudessem ser suprimidas sem prejuízo de conteúdo importante?

O objetivo dessa questão era saber se o entrevistado usa a marcha analítica tradicional em suas aulas ou se ele propõe o uso de metodologias simplificadas, para ilustrar a problemática envolvida na análise de cátions e ter uma idéia da importância atribuída pelo ministrante à disciplina, no contexto atual do ensino de química.

As respostas à primeira parte da questão são apresentadas na Figura 8. Nota-se que 70% dos entrevistados optam pelo uso de uma marcha analítica simplificada, mas não fornecem maiores detalhes de como isso é feito. Apenas 25% usam a marcha analítica tradicional, enquanto 5% dos professores consideram que a questão não se aplica, pois não apresentam a parte prática da disciplina (ver Tabela 5).

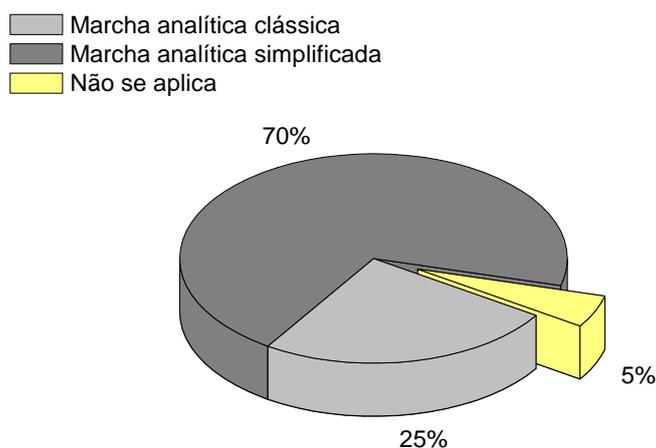


Figura 8: Respostas à primeira parte da questão 8.

Com relação à segunda parte da questão, doze entrevistados não citaram nada a respeito da mesma (60%). Dos demais, três (15%) responderam que se devem suprimir conteúdos da disciplina, dois (10%) afirmaram que não se deve suprimir, pois haverá prejuízo ao conteúdo, e três (15%) afirmaram que se pode suprimir alguns conteúdos, mas com os devidos cuidados ou substituindo-os por trabalhos escritos, com inclusão de aspectos de descartes de resíduos.

Novamente nota-se grande divisão de opiniões a respeito do que realmente deve ser feito e de como a disciplina deve ser abordada em seu aspecto prático, sem prejuízo do aluno.

9) *Quanto ao tempo para realizar o experimento, estaria havendo tempo para o aluno refletir sobre o experimento realizado?*

Essa também é uma questão bastante direta e objetiva, que buscava saber se, na opinião do entrevistado, a Instituição destina tempo suficiente para que o conteúdo que o professor considera importante seja apresentado aos alunos.

As respostas obtidas são apresentadas na Figura 9, da qual se nota que há novamente uma divisão de opiniões.

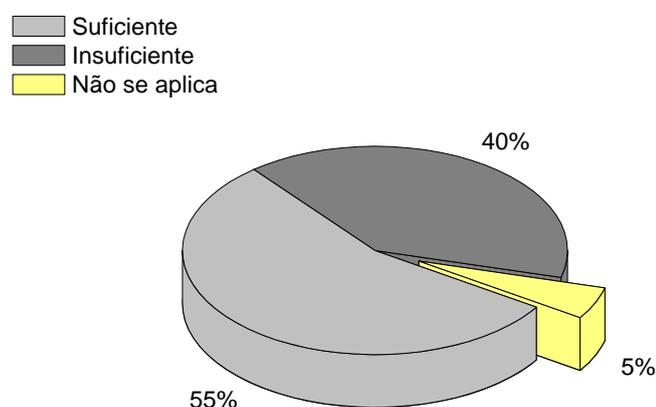


Figura 9: Referente às respostas, sobre o tempo destinado para realizar os experimentos.

Dos dois grupos de respostas nota-se que 55% dos que responderam ao questionário, considera que o tempo destinado à disciplina é suficiente para abordar adequadamente o conteúdo. Entretanto, 40% deles acham que o tempo é insuficiente.

Analisando-se mais detidamente as respostas e relacionando-as com respostas anteriores, nota-se que a maioria dos descontentes com o tempo destinado à disciplina se refere àqueles que preferem a apresentação convencional, com a abordagem mais clássica. O interessante é que, novamente, não há um consenso entre os entrevistados.

10) *O procedimento está de acordo com a realidade do laboratório, quanto aos materiais disponíveis?*

Nesse caso, buscaram-se informações sobre a infra-estrutura institucional para oferecimento da disciplina, considerando-se a real condição de oferecimento, ou seja, se pretendia saber se há condições adequadas para o trabalho proposto com a disciplina. As respostas estão reunidas na Figura 10.

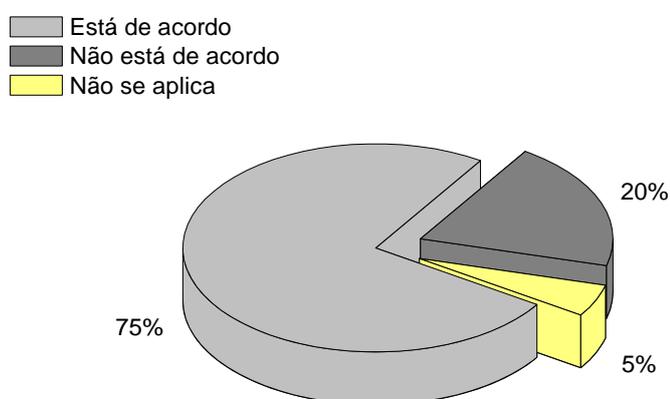


Figura 10: Respostas em relação à realidade do laboratório quanto aos materiais disponíveis.

Nota-se que a maioria das Instituições oferece condições adequadas para o oferecimento da disciplina, nas condições da realidade do oferecimento da mesma, já que se usam equipamentos relativamente simples. Apenas 20% dos entrevistados que responderam ao questionário, consideram que as instalações não estão condizentes com as necessidades da disciplina, em sua Instituição.

Houve um caso em que o professor considera a estrutura laboratorial muito mais avançada e preparada para oferecer mais da disciplina e que ela estaria sendo subutilizada:

“ (sic)... Não. Pois os nossos laboratórios possibilitam que se faça muito mais.”

Um exemplo que cita a falta de condições de infra-estrutura foi a citação:

“ (sic)... Ainda falta muito reagente, muito equipamento aqui na _____[§], mas temos esperança de conseguir equipar melhor nosso laboratório de ensino em química analítica.”

11) Há observações adicionais que o(a) Sr(a). gostaria de fazer?

Nessa questão os professores ficaram a vontade para expressar qualquer tipo de opinião em relação ao questionário e à pesquisa em si. Dos vinte questionários recebidos, 35% dos professores não responderam a esta questão, sendo que apenas um entrevistado sugeriu rever a questão 01, pois considera “a principal contribuição” da disciplina abrangente. As demais respostas obtidas serão apresentadas a seguir.

- 01 professor ressaltou a importância da manutenção da disciplina nos currículos dos cursos e sugere a inserção de situações cotidianas, como análise de rejeitos industriais, análise de solos, entre outras. Com intuito de representar a realidade analítica do químico, que utiliza a química analítica qualitativa.
- 01 professor sugeriu a necessidade de conscientizar os alunos sobre os resíduos gerados e outros aspectos ligados à sociabilidade da disciplina.

[§] Nome da Instituição omitido pela autora.

- 01 professor comentou que não se deve usar a marcha analítica clássica, pois neste formato os alunos não entendem os fundamentos da análise química clássica, bem como o entendimento de outros ítems do conteúdo.
- 01 professor discutiu as diferentes abordagens do conteúdo em relação ao período que a disciplina é ministrada, ele considera que se a disciplina é aplicada no período noturno a carga horária deve ser menor do que quando aplicada no diurno/integral.
- 01 professor relatou uma conversa com ex-alunos, sendo que esses lamentam sobre a redução da carga horária da disciplina Química Analítica Qualitativa e creditam a essa disciplina a formação de um espírito crítico e acurado de encarar os desafios.
- 01 professor ressaltou o interesse dos alunos em cursar a Química Analítica Qualitativa, mesmo como uma disciplina eletiva, e não concorda que ela seja desnecessária.
- 03 professores foram favoráveis ao aumento da carga horária, justificando que a “Química Clássica” é a base para a formação em química. Eles ressaltam também que mesmo com todo o avanço na instrumentação, a Química Analítica Qualitativa não pode ser deixada de lado.
- 03 professores agradeceram a oportunidade de participar da pesquisa e/ou mostraram interesse pelos resultados do trabalho e também colocaram-se à disposição para maiores esclarecimentos.

4.5. Considerações gerais sobre o questionário

A partir do número de respostas recebidas em retorno e às respostas para as questões formuladas no questionário, notam-se dois aspectos gerais e principais. O primeiro é que houve pouco retorno, o que pode significar que há certo desinteresse ou, pelo menos, uma acomodação, dos profissionais responsáveis pela disciplina, em relação à uma discussão sobre a mesma.

O segundo aspecto que chama a atenção é que, mesmo entre os professores que responderam ao questionário, há diversidade de opiniões que leva uma divisão entre as formas propostas para abordagem do conteúdo prático e teórico e carga horária a ser destinada à disciplina.

Com relação às repostas apresentadas pode-se chegar às seguintes conclusões:

- A grande maioria dos entrevistados, que responderam ao questionário, acredita que a disciplina Química Analítica Qualitativa é importante para a formação do aluno de química.
- A maioria dos professores que responderam ao questionário é favorável a abordar o conteúdo tradicional: equilíbrios na teoria e reações de cátions e ânions na prática. A controvérsia vem quanto ao uso da marcha analítica tradicional. Curiosamente não houve críticas ao uso do gás sulfídrico, o que poderia ser esperado, considerando seu odor desagradável, toxicidade e questões ambientais.
- Não há consenso quanto à carga horária a ser destinada à disciplina. A maioria sugere oferecer a Química Analítica Qualitativa independentemente de Química Analítica Quantitativa, como ocorre na maioria das Instituições, em que atuam

os professores que responderam ao questionário. Também se acredita, na maioria dos casos, que a teoria e a prática devem ser oferecidas simultaneamente e, se possível, pelo mesmo professor.

- Quanto aos livros textos há grande diversidade de citações, mas a maioria usa os textos de Vogel²⁹, Baccan *et al.*¹⁸ e Alexeyev³⁰.
- A maior parte dos entrevistados sugere o uso da marcha analítica simplificada e está satisfeita com a carga horária destinada pela Instituição de Ensino à Química Analítica Qualitativa e com a infra-estrutura disponível para desenvolver a mesma.

Para que houvesse uma uniformidade de apresentação de conteúdo tanto prático, quanto experimental de Química Analítica Qualitativa em nosso país, deveria haver um ajuste de cargas horárias e forma de oferecimento. Para isso, talvez pudessem ser utilizadas as Reuniões Anuais da SBQ e/ou da ABQ, buscando uma melhor paridade quanto à disciplina.

Certamente isso seria muito controverso e haveria discussões longas, mas seria importante uniformizar a disciplina nas diferentes Instituições de Ensino Superior, para o bem do ensino de Química.

Porém seria necessário respeitar as desigualdades regionais e as necessidades de cada curso e os objetivos da formação do estudante.

Capítulo 5

Metodologías: pros e contras ao H_2S

5. Escala de Análise e Metodologias

Quando a classifica em relação à quantidade de amostra envolvida na análise qualitativa, Alexeyev³² ressalta que o objetivo da análise qualitativa é o descobrimento e o reconhecimento dos diversos elementos e íons que compõem as substâncias, e que as quantidades de amostra definem os métodos e procedimentos a serem utilizados.

O autor também destaca que a análise qualitativa antecede a quantitativa. Isto se explica pelo fato de que quando se sabe quais íons estão presentes na amostra, pode-se escolher o método mais adequado para a determinação quantitativa de um componente.

Em relação à escala da análise, Alexeyev a classifica em:

- Macro: utiliza-se quantidades maiores de substâncias, para sólidos de 0,5 a 1 grama,
- Micro: a quantidade de substância utilizada é pequena,
- Semi-microanálise: para sólidos com massa de 50mg, e 1 ml de solução,
- Ultramicro: quantidades de substâncias menores que 1 mg.

Os demais livros mais frequentemente citados como livro-texto, também seguem essa classificação^{19,31}.

Os procedimentos usados para efetuar reações analíticas podem envolver ensaios por via úmida ou seca. Nas reações por via seca, as substâncias estudadas e os reagentes estão no estado sólido, e os testes de chama são utilizados. Já em via úmida se encontram em solução.

Analisando as respostas obtidas do questionário, no capítulo anterior, pode-se notar que, na parte prática da disciplina Química Analítica Qualitativa estuda-se um

conjunto de reações e métodos de separação e identificação de cátions e ânions, em escala semi-micro análise, sem destaques ao uso de macro, micro, ou ultramicro-análise.

Ainda de acordo com as respostas dadas ao questionário, os livros texto mais usados são Vogel³¹, Baccan *et al*¹⁹ e Alexeyev³². Todos seguem o esquema de separação de cátions baseado no uso do sulfeto de hidrogênio (H₂S), de acordo com a proposta feita inicialmente por Fresenius²⁴. Ele propôs um esquema de procedimentos de análise, que resultaram na separação sistemática dos cátions e que constituem a base dos esquemas de separação usados nos cursos de Química Analítica Qualitativa.

O uso do H₂S é importante em termos pedagógicos, demonstrando princípios de produto de solubilidade, dos equilíbrios iônicos e de complexação, princípio de L^ê Chatelier e efeito do íon comum, além do entendimento dos equilíbrios ácido-base de ácidos polipróticos⁴⁰, como o próprio ácido sulfídrico³⁸.

De acordo com as respostas obtidas no questionário, depreende-se que os esquemas de separação usando sulfeto de hidrogênio são bastante difundidos e usados exhaustivamente em nosso país. A literatura apresenta muitas alternativas a esses esquemas, que “funcionam” ou “não funcionam”, na opinião dos professores que lecionam Química Analítica Qualitativa e adotam um ou outro caso. Entretanto, deve-se considerar que, sem dúvida, usando ou não o H₂S como reagente precipitante é necessário um controle rigoroso das concentrações e de condições experimentais como pH, temperatura, etc, que nem sempre podem ser atingidas quando um cátion está na presença de grande número de outros íons em solução e cujo sucesso é altamente dependente do nível de treinamento de quem utiliza a operação.

Sem entrar no mérito dessa discussão, este capítulo resume os procedimentos dos livros mais usados no Brasil, segundo as respostas ao questionário e compila artigos do *Journal of Chemical Education*, que se contrapõem ao uso do H₂S conforme apresentado a seguir.

O objetivo é apresentar os dois casos e reunir bibliografia para subsídio de eventuais estudos ou discussões.

5.1. Métodos usando H₂S

Baccan *et al.*¹⁸ reconhecem que não existe um esquema ideal ou ao menos único, para análise qualitativa, que permita caracterizar uma única espécie iônica, isolada ou na presença de outros íons em solução. Assim, normalmente os cátions e os ânions a serem analisados são classificados em Grupos, considerando-se propriedades químicas comuns. Após isolamento desses Grupos na forma de precipitados, as espécies iônicas individuais são separadas e identificadas usando-se reações características de cada um deles. Apesar de usarem reagentes parecidos e o método do H₂S, os autores apresentam pequenas diferenças nos Grupos propostos e na identificação final dos cátions.

A seqüência de classificação dos cátions proposta por Fresenius foi adotada no Brasil por Rheinboldt e baseia-se na complexidade crescente das reações, à medida que os Grupos de cátions são estudados, iniciando-se pelos metais alcalinos e finalizando-se com o Grupo da prata¹⁸.

Autores como Vogel²⁹, Moeller & O'Connor³⁹ e Curtman⁴⁰ adotaram a mesma classificação, porém, com uma seqüência inversa à proposta por Fresenius. A obra de

Vogel²⁹ tornou essa metodologia baseada no H₂S muito conhecida e vastamente utilizada, não só no Brasil, mas em diversos países pelo mundo.

A seguir apresenta-se uma breve resenha de como cada um dos autores mais citados no questionário aborda a separação dos cátions.

5.1.1. Vogel²⁹

Para fins de análise qualitativa sistemática, Vogel²⁹ propõe a separação dos cátions em cinco Grupos tomando por base suas afinidades por determinados reagentes. Pelo emprego dos reagentes de Grupo, pode-se tirar conclusões sobre a presença ou ausência de cátions e também separar tais conjuntos para uma posterior análise individual das espécies iônicas. A Tabela 6 mostra a proposta deste autor para o agrupamento dos cátions e também apresenta o reagente precipitante de cada Grupo.

Alguns métodos de classificação de Grupo excluem tanto o cloreto de amônio, como o carbonato de amônio, como reagentes de Grupo; neste caso, o magnésio deve ser incluído no Grupo IV. Entretanto, considerando que, no decorrer das análises sistemáticas, são usadas quantidades consideráveis de cloreto de amônio, as quais estarão presentes quando os cátions do Grupo IV forem analisados, é mais lógico não incluir o magnésio nesse Grupo.

De acordo com o autor, a classificação baseia-se no modo como os cátions reagem com os reagentes pela formação ou não de precipitados, de forma que se pode dizer que essa classificação é baseada nas diferenças de solubilidade dos cloretos, sulfetos e carbonatos.

Tabela 6: Separação dos cátions em Grupos, de acordo com a proposta de Vogel

Grupo	Reagente precipitante de Grupo	Cátions constituintes
I	HCl diluído	Ag^+ , Pb^{2+} e Hg_2^+
II A	H_2S em meio ácido mineral diluído	Hg^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} e Cd^{2+}
II B	H_2S em meio ácido mineral diluído, seguido polissulfeto	As^{3+} , As^{5+} , Sb^{3+} , Sb^{5+} , Sn^{2+} e Sn^{4+}
III	S^{2-} em meio neutro ou amoniacal	Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} e Mn^{2+}
IV	CO_3^{2-} na presença de cloreto de amônio em meio neutro ou levemente ácido	Mg^{2+} , Ba^{2+} , Ca^{2+} e Sr^{2+}
V	Não possui reagente de Grupo	Na^+ , K^+ e NH_4^+ Li^+ , Mg^{2+}

Uma classificação semelhante à apresentada na Tabela 6 é assumida por Brumblay³⁵, Moeller & O'Connor⁴¹ e Curtman⁴².

5.1.2. *Baccan et al.*¹⁹ e *Alexeyev*³²

Estes autores propõem uma classificação praticamente idêntica entre si e segundo a proposta do Fresenius²³ para os Grupos, sendo que Alexeyev³² inclui o Mg^{2+} no Grupo I e o Ti^{4+} no Grupo III. Os procedimentos de análise são parecidos com aqueles propostos por Vogel³¹, ou seja, os cátions são separados em Grupos e, então, analisados de acordo com reações características de formação de precipitados ou complexos coloridos, que permitem sua identificação individual conforme mostra a Tabela 7.

A mesma explicação para a presença do Mg^{2+} nos dois Grupos foi apresentada por Vogel³¹.

Tabela 7: Separação dos cátions em Grupos, de acordo com a proposta de Baccan *et al*¹⁹ e Alexeyev³².

Grupo	Reagente precipitante de Grupo	Cátions constituintes
I	Não possui reagente de Grupo	Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ e Mg ^{2+*} ,
II	CO ₃ ²⁻	Mg ^{2+**} , Ba ²⁺ , Ca ²⁺ e Sr ²⁺
III	S ²⁻ em meio amoniacal	Fe ³⁺ , Al ³⁺ , Cr ³⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺ , Zn ²⁺ , Mn ²⁺ e Ti ⁴⁺
IV A	S ²⁻ em meio ácido diluído	Hg ²⁺ , Pb ²⁺ , Bi ³⁺ , Cu ²⁺ e Cd ²⁺
IV B	S ²⁻ em meio ácido diluído	As ³⁺ , As ⁵⁺ , Sb ³⁺ , Sb ⁵⁺ , Sn ²⁺ e Sn ⁴⁺
V	Cl ⁻	Ag ⁺ , Pb ²⁺ e Hg ₂ ²⁺

*Segundo Alexeyev, **Segundo Baccan *et al*.

5.1.3. Witten *et al*.⁴

Um exemplo da forma com que a abordagem da Química Analítica Qualitativa é feita nos EUA, em livros modernos é apresentada por Witten *et al*.⁴ Neste caso os autores apresentam a análise de cátions, como um adendo ao conteúdo de Química Geral e a classificação é feita inicialmente, baseando-se nas diferenças de solubilidade dos sulfetos dos Grupos I, II e III, conforme resumido na Tabela 8.

Para analisar uma solução que contém cátions do Grupo I, a análise se inicia em uma solução que contenha sais de cloreto ou nitrato destes cátions. É feita uma solução de HCl 0,3 mol L⁻¹, que é saturada com sulfeto de hidrogênio. Sob essas condições, os cátions do Grupo I precipitam como sulfetos insolúveis. Esses íons, Bi (III), Cu (II) e Cd, são chamados de Grupo dos sulfetos ácidos insolúveis, para distinguir dos cátions do Grupo II.

Tabela 8: Separação dos cátions em Grupos, de acordo com a proposta de Witten *et al.*⁵

Grupo	Reagente precipitante de Grupo	Cátions constituintes
I	S ²⁻ em meio ácido diluído	Bi ³⁺ , Cu ²⁺ e Cd ²⁺
II	S ²⁻	As ³⁺ , As ⁵⁺ , Sb ³⁺ , Sb ⁵⁺ , Sn ²⁺ e Sn ⁴⁺
III	S ²⁻ em meio amoniacal	Al ³⁺ , Cr ³⁺ , Ni ²⁺ , Fe ³⁺ , Co ²⁺ , Zn ²⁺ e Mn ²⁺
IV	CO ₃ ²⁻	Ba ²⁺ , Ca ²⁺ e Sr ²⁺
V	Não possui reagente de Grupo	Mg ²⁺ , Na ⁺ , K

As condições sob as quais os sulfetos do Grupo II são precipitados são similares às daquelas do Grupo I. Uma diferença importante entre os sulfetos dos Grupos I e II é a solubilidade dos sulfetos do Grupo II em solução de NaOH 4 mol L⁻¹. Os sulfetos do Grupo I são insolúveis nessa solução.

Depois que os sulfetos dos Grupos I e II são removidos, a solução contendo os demais cátions, é novamente saturada com sulfeto de hidrogênio. Então, um excesso de amônia aquosa é adicionado. Os sulfetos de Co (II), Mn(II), Fe (II) e Zn, juntamente com os hidróxidos de Al e Cr (III), precipitam da solução básica tamponada que contém sulfeto de amônia. Estes íons são chamados de Grupo dos sulfetos insolúveis em meio básico.

Os cátions do Grupo IV são precipitados como carbonatos pela adição de carbonato de amônia à solução básica tamponada, da qual os íons do Grupo III foram removidos.

A solução da qual os cátions do Grupo IV foram removidos, contém agora somente os cátions solúveis do Grupo V. Eles são conhecidos como Grupo solúvel porque não podem ser precipitados por um único reagente.

5.1.4. Análise sistemática dos ânions

Os ânions também podem ser classificados em Grupos. No entanto, isso não é tão usual porque, ao contrário dos cátions, não há uma separação sistemática para eles¹⁸, pois não há um reagente comum a certos Grupos de ânions, que permita separá-los e classificá-los da forma que ocorre com os cátions. A classificação dos ânions é baseada em reações que ocorrem em meio ácido diluído, na presença ou ausência de Ag^+ . Essa classificação é apresentada na Tabela 9, conforme Vogel³¹, Moeller & O'Connor⁴¹.

Tabela 9: Classificação dos ânions adotada por Moeller e O'Connor⁴¹

Grupos	Reagente de Grupo	Ânions constituintes*
I	$\text{HClO}_4 - 6 \text{ mol L}^{-1}$	CO_3^{2-} , NO_2^- , S^{2-} , SO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
II	$\text{HClO}_4 - 6 \text{ mol L}^{-1}$ e AgNO_3	Br^- , Cl^- , I^- , S^{2-} e $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
III	Solução neutra e AgNO_3	$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$, AsO_4^{3-} , CO_3^{2-} , CrO_4^{2-} , NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , BO_3^{3-} , SO_4^{2-} , SO_3^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
IV	Não possui reagente de Grupo	$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$, F^- , NO_3^- , MnO_4^- e SO_4^{2-}

*Os ânions em vermelho são classificados em mais de um Grupo

5.2. Métodos que não usam H_2S

Apesar de todas as vantagens, inclusive o amplo apelo pedagógico, representado por todos os conceitos fundamentais que permite demonstrar, a proposta de Fresenius para a análise qualitativa, baseada nas precipitações com gás sulfídrico, recebe resistência e críticas freqüentes ao seu uso didático.

Tais críticas se fundamentam na toxicidade do H_2S , que pode ser fatal em concentrações da ordem de 0,05% (v/v) em ar e pode matar mais rapidamente que o

HCN, segundo Sidhwani e Chowdhury³⁸. Esses autores, por sua vez, se basearam nas afirmações dos trabalhos de Brockman⁴³, da década de 1930. Os autores indianos, inclusive, incluem uma observação jocosa em seu trabalho de que os químicos devem ter desenvolvido uma imunidade ao odor do H₂S, outra de suas características não tão favoráveis, já que não há relatos de mortes por intoxicação de estudantes pelo H₂S.

Em seu texto, Brockman⁴³, que combate o uso do H₂S já em 1939, cita que vinha pesquisando o problema do ensino de análise qualitativa nos últimos cinquenta anos anteriores ao artigo e que dispunha de cerca de trinta métodos alternativos ao uso do H₂S, já naquela época. Isso mostra que a preocupação com o uso deste reagente não é recente.

Com relação ao uso analítico do sulfeto de hidrogênio, há críticas quanto às oxidações do sulfeto a sulfato (e outros óxidos de enxofre), que levam a erros nas análises e a presença de enxofre coloidal em alguns momentos da marcha analítica, que interfere na determinação de cátions do Grupo II. Isso exige que cuidados sejam tomados durante a execução dos procedimentos de separação. Entretanto, os demais procedimentos alternativos também apresentam problemas característicos, como destaca Brokman⁴³.

Considerando sempre os aspectos didáticos da análise qualitativa, várias alternativas foram propostas ao longo dos anos, por exemplo, a redução na escala de análise de macro para semi-micro, o que reduziria o consumo de H₂S. Outras possibilidades envolveriam a geração *in situ* de H₂S usando tioacetamida, sulfeto de amônio e sulfeto de sódio. Entretanto, esses procedimentos envolvem rígido controle de pH e não eliminam o problema da poluição, já que o gás sulfídrico continua sendo

utilizado. O uso de água saturada com H_2S , também reduz, mas não elimina o problema, pois, de fato, uma grande quantidade de H_2S é utilizada para saturar a água.

A literatura mostra poucos esquemas isentos de H_2S que apresentem resultados plenamente satisfatórios. Em um caso, o acetato de sódio é usado com reagente de grupo⁴⁴; o autor menciona necessidade de um controle rigoroso de pH para evitar precipitação de hidróxidos⁴⁵, acetatos e acetatos básicos. Muitas referências descrevem a detecção de misturas contendo apenas uns poucos cátions^{46,47}, ou a separação específica de alguns íons metálicos como cobre e cádmio⁴⁸, ou a identificação de espécies inorgânicas usando a via seca, ou o teste de chama⁴⁹.

Certamente, há vários outros artigos e textos discutindo alternativas ao uso do H_2S , que como já foi visto acima, remontam ao início do século XX. Para a presente discussão, escolheu-se quatro desses textos, sendo três mais antigos e um relativamente mais recente, os quais foram considerados representativos do problema, para serem usados como exemplo de métodos alternativos ao sulfeto de hidrogênio.

5.2.1. Sidhwani e Chowdhury⁴⁰ (2008)

Esses autores destacam a questão ambiental em relação ao ensino de Química Analítica Qualitativa, lembrando que em todo o mundo, e em especial nos países em desenvolvimento, existe uma grande preocupação com a poluição. Para garantir o progresso e desenvolvimento sustentável, os autores consideram que é essencial enfrentar os perigos dos efeitos tóxicos das substâncias químicas. Assim, destacam o grande interesse pela química verde e sua introdução nos cursos de química.

Visando um procedimento de ensino de análise qualitativa livre de H₂S e para aumentar a eficiência do resultado analítico, um esquema verde foi desenvolvido, com base em testes ecologicamente corretos que procuram tornar as análises mais rápidas. O esquema de separação utilizado é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10: Classificação dos cátions segundo Sidhwani e Chowdhury⁴⁰

Grupo	Cátions Constituintes	Precipitado como
Zero	NH ₄ ⁺ , K ⁺	Diretamente detectado em água
I	Pb ²⁺ , Ag ⁺	Cloretos
II	Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , Ca ²⁺ , Pb ²⁺	Sulfatos
III A	Fe ³⁺ , Mn ²⁺ , Mg ²⁺	Hidróxidos
III B	Cu ²⁺ , Cd ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺	Complexos solúveis de amônia
IV	Cr ³⁺ , Al ³⁺ , Zn ²⁺ , Sn ²⁺	Presente como complexos hidroxosolúveis; Cr ³⁺ como CrO ₄ ²⁻

O presente esquema de análise deve ser realizado em uma mistura, na qual alguns ânions interferentes tais como fluoreto, oxalato, fosfato e borato não estejam presentes. Os autores têm buscado alternativas nas quais não haja interferências.

No desenvolvimento do esquema buscou-se minimizar os riscos associados ao experimento. Por exemplo, substituindo o H₂SO₄ por Na₂SO₄; o HNO₃ concentrado⁵⁰ utilizado para oxidar Fe²⁺ a Fe³⁺, foi substituído por H₂O₂ a 6%. Devido à sua natureza tóxica, o reagente de Nessler é utilizado apenas em baixas concentrações, podendo ser reduzido a um *spot* reagente.

De acordo com os autores, o esquema proposto tem as seguintes vantagens gerais:

- *Green analysis* no nível do aluno,
- Simples, com menos etapas, devido ao número reduzido de grupos e, portanto, poupando tempo e garantindo uma maior rapidez de análise,
- Os alunos aprendem sobre o produto de solubilidade, vários equilíbrios (solubilidade, complexação, reversível, etc, e o conceito de anfoterismo,
- A separação é acentuada e eficaz. Os testes são altamente sensíveis e seletivos, diferentes cátions podem ser detectados em diferentes porções da mesma solução. Os estudantes também aprendem sobre *spot tests*.

5.2.2. Munro⁵¹ (1934)

Este autor discutiu vários trabalhos propondo esquemas de análise qualitativa evitando o uso de H₂S. Entre eles, estão os trabalhos de Almquist, Vortman, Mullinix, Macchia, Strohal, citados por Munro⁴⁹.

Dando continuidade à sua revisão bibliográfica sobre o assunto, Munro⁴⁹ também relata que em 1930, Brockman⁵² incluiu um esquema deste tipo em um livro de análise qualitativa, o qual foi analisado por Browning⁵³, para o *Journal of Chemical Education*, com a seguinte conclusão:

“Embora o autor não tenha tido a oportunidade de experimentar o método para que se pudesse compará-lo com o convencional, ele considera o procedimento de grande interesse. Tendo ou não sido adotado, o esquema mereceria consideração”.^{**}

^{**} Tradução da autora.

A partir dessa afirmação, Munro⁵¹ discorre sobre a importância de se estudar os métodos alternativos ao uso do sulfeto e compará-los com o método clássico. Finalmente, ele propôs um método alternativo para a separação e identificação dos cátions, que pode ser resumidamente apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Classificação dos cátions segundo Munro⁵¹

Grupo	Cátions Constituintes	Precipitado como
I	Mesmo do método clássico	-
II	Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , Ca ²⁺ , Pb ²⁺	Várias formas
III	Al ³⁺ , Sn ⁴⁺ , Sb ⁵⁺ , Zn ²⁺ , Cr ³⁺ , As ⁵⁺	Hidróxidos ou sais básicos
IV	Fe ³⁺ , Mn ²⁺ , Mg ²⁺ , Bi ³⁺	Fosfatos
V	Cu ²⁺ , Hg ²⁺ , Cd ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺	Complexos solúveis de amônia
VI	Alcalinos	-

O autor aplicou o método em aula, juntamente com estudantes, que chegaram à conclusão de que o método é mais rápido e com formação mais lenta dos precipitados. Através desse trabalho, pode-se concluir que o esquema proposto por Brockman⁵⁰ é adequado para um curso breve de análise qualitativa, como uma alternativa que fornece excelentes ilustrações dos métodos fundamentais da análise qualitativa.

5.2.3. Gerstenzang⁵⁴(1934)

Um trabalho semelhante, também foi apresentado por Gerstenzang⁵², que ressaltou a importância científica e industrial que a micro química vinha alcançado, além das vantagens em utilizar pequenas quantidades de substâncias, diminuindo gastos.

Com relação ao procedimento de Brockman, um sistema de análise qualitativa, sem H₂S, o fato de ser demorado, a separação ser incompleta e apenas os metais comuns serem identificados foi a razão pelo método ter sido esquecido.

O autor propôs uma alternativa de separação de cátions sem uso de sulfeto, o qual foi chamado de *análise centrífuga*, pelo uso freqüente deste equipamento nas separações. A Tabela 12 descreve o esquema de separação dos grupos.

Tabela 12: Classificação dos cátions segundo Gerstenzang⁵²

Grupo	Cátions Constituintes	Precipitado como
I	Pb ²⁺ , Ag ⁺ , Hg ₂ ⁺	Cloretos
II A	Fe ³⁺ , Bi ³⁺ , Pb ²⁺	Fosfatos
II B	Mn ²⁺ , Hg ²⁺	Óxidos
III	Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Fosfatos
IV	Cu ²⁺ , Cd ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ³⁺	Óxido de cobre e Hidróxidos
V	Al ³⁺ , Sn ⁴⁺ , Sb ⁵⁺	Óxido de antimônio e Hidróxidos
VI	Cr ³⁺ , Zn ²⁺ , As ⁵⁺	Óxidos
VII	NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Na ⁺	-

5.2.4. Brockman⁴¹(1939)

Como já foi dito acima, este autor dedicou-se durante vários anos à coleta de esquemas de separação que não envolvessem o gás sulfídrico. Finalmente, ele propôs uma metodologia em que a lista inteira de metais foi reagrupada resultando em uma tabela (Tabela 13) de Grupos sem nenhuma semelhança em relação ao esquema clássico.

Tabela 13: Classificação dos cátions segundo Brockman⁴¹

Grupo	Cátions Constituintes	Precipitado como
I	$\text{Pb}^{2+}, \text{Ag}^+, \text{Hg}_2^+$	Cloretos
II	$\text{Ba}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Pb}^{2+}$	Sulfatos
III	$\text{Cr}^{3+}, \text{Al}^{3+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sb}^{5+}, \text{As}^{5+}$	Óxidos
IV	$\text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Bi}^{3+}$	Fosfatos
V	$\text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Hg}^{2+}$	Complexos de sais de amônio
VI	$\text{NH}_4^+, \text{K}^+, \text{Na}^+$	-

Conclusão

6. Conclusão

A Química Analítica Qualitativa vem sendo desenvolvida desde a antiguidade e tem importância na vida cotidiana. Atualmente, a pesquisa nessa área perdeu intensidade e seu interesse principal se restringe ao ensino de química, não só no Brasil, mas em todo o mundo.

No Brasil, o ensino dessa área se iniciou na década de 1940, com a chegada de Rheinboldt, que implantou o método baseado na proposta de Fresenius, usando o gás sulfídrico como agente de separação dos cátions. Os livros-texto mais frequentemente usados também se baseiam nesse procedimento.

O número relativamente pequeno de respostas ao questionário, sugere que os professores responsáveis pela disciplina não se dispuseram a discutir o tema. Dos que responderam, nota-se que, praticamente todos consideram a disciplina importante, entretanto há divergência quanto ao conteúdo, carga horária e forma de ministrar a disciplina.

Em relação ao conteúdo, destaca-se que todos seguem os procedimentos clássicos de ensino do equilíbrio e da separação de cátions e ânions. Não houve críticas expressas ao uso do gás sulfídrico, como era esperado devido ao seu odor, toxicidade e problemas ambientais.

A literatura se divide em procedimentos de separação que usam e que não usam o gás sulfídrico. Os livros-texto mais usados nos cursos de química no Brasil se baseiam no uso deste reagente, de acordo com as respostas ao questionário. Entretanto, há métodos alternativos publicados desde o início do século XX, evitando o H_2S . Aparentemente ambos os enfoques apresentam dificuldades práticas para sua execução em aula.

Referências

Referências

- ¹ BRASIL. Ministério da Educação. LDB94/96. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf>. Acesso em 09: mar. 2010.
- ² CHRISTIAN, G. D. **Analytical chemistry**. New York: Willey & Sons, 1994. 812p.
- ³ SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J. **Princípios de análise instrumental**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 836p.
- ⁴ ALVIM, T. R.; ANDRADE, J. C. A Importância da química analítica qualitativa nos cursos de química das Instituições de Ensino Superior Brasileiras. **Química Nova**, v. 29, p. 168, 2006.
- ⁵ WHITEN, K. W.; DAVIS, R. E.; PECK, M. L. **General chemistry with qualitative analysis**. Forth Worth: Saunders College Publishing, 1996. 1150p.
- ⁶ STRONG III, F. C. The qualitative analysis course should teach analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 34, p. 400, 1957.
- ⁷ FREISER, H. Why teach qualitative analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 34, p. 387, 1957.
- ⁸ BAUM, R. M. Henry Taube wins ACSs highest award in chemistry. **Chemical Engineering News**, v. 62, p. 31, 1984.
- ⁹ BENEDETTI-PICHLER, A. A.; SCHNEIDER, F.; STEINBACH, O. F. Qualitative analysis in the training of chemists. **Journal of Chemical Education**, v. 34, p. 381, 1957.
- ¹⁰ FRANK, R. E. Identification analysis: a stimulating revival of qualitative analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 34, p. 383, 1957.

-
- ¹¹ TAN, K.C.D.; GOH, N.K.; CHIA, L.S.; TREAGUST, D.F. Linking the macroscopic, sub-microscopic and symbolic levels: the case of inorganic qualitative analysis. In: GILBERT, J.K.; TREAGUST, D.F. (Ed.). **Multiple representations in chemical education**. Holanda: Springer, 2009. p. 137-150.
- ¹² ABREU, D. G.; COSTA, R. C.; ASSIS, M. D.; IAMAMOTO, Y. Uma proposta para o ensino da química analítica qualitativa. **Química Nova**, v. 29, p. 1381, 2006.
- ¹³ SENISE, P. E. Rheinboldt: o pioneiro. **Estudos Avançados**, v. 8, p. 199, 1994.
- ¹⁴ SENISE, P. E. A. A química analítica na formação do químico. **Química Nova**, v. 5, p. 137, 1982.
- ¹⁵ KOLTHOFF, I. M. Development of analytical chemistry as a science. **Analytical Chemistry**, v. 45, p. 24A, 1973.
- ¹⁶ LAITINEN, H. A. Analytical chemistry in a changing world. **Analytical chemistry**, v. 52, p. 605A, 1980.
- ¹⁷ SENISE, P. E. A. A importância do químico analítico. **Química Nova**, v. 6, p. 112, 1983.
- ¹⁸ KRYGER, L. Interpretation of analytical chemical information by pattern recognition methods- a survey. **Talanta**, v. 28, p. 871, 1981.
- ¹⁹ BACCAN, N.; GODINHO, O. E. S.; ALEIXO, L. M.; STEIN, E. **Introdução à semicroanálise qualitativa**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1997. 295 p.
- ²⁰ HILLIS, O. M. The history of microanalysis. **Journal of Chemical Education**, v. 22, p. 348, 1945.

-
- ²¹ PIGMENTS through the ages. Disponível em:
<<http://www.webexhibits.org/pigments/indv/overview/verdigris.html>>. Acesso em 09:
mar. 2010.
- ²² SZABADVARY, F. **History of analytical chemistry**. London: Pergamon Press, 1966. 419p.
- ²³ WELCHER, F. History of qualitative analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 34, p. 389, 1957.
- ²⁴ FRESSENIUS, K. R. **Traité d'analyse chimique qualitative**. Paris: Editora Française, 1879. p. 651.
- ²⁵ ESPINOLA, A. Fritz Feigl: sua obra e novos campos técnico-científicos por ela originados. **Química Nova**, v. 27, p. 169, 2004.
- ²⁶ HAINBERG, L. S. J. A vida e a obra de Fritz Feigl. **Química Nova**, v. 6, p. 55, 1983.
- ²⁷ FEIGL, F. **Spot tests in inorganic analysis**. New York: Elsevier, 1972. 669p.
- ²⁸ BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994. 335p.
- ²⁹ LUDKE, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU editora, 1986. 98p.
- ³⁰ BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2006. 281p.
- ³¹ VOGEL, A. I. **Química analítica qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981. 665p.
- ³² ALEXEYEV, V. N. **Qualitative analysis**. Moscow: Mir Publishers, 1967. 563p.

-
- ³³ VAITSMAN, D. S.; BITTENCORT, O. A. **Ensaio químicos qualitativos**. Rio de Janeiro: Interciência, 1995. 312p.
- ³⁴ KING, E. J. **Análise qualitativa: reações, separações e experiências**. Rio de Janeiro: Interciencia, 1981. 269p.
- ³⁵ BRUMBLAY, R. U. **Qualitative analysis**. New York: Barnes & Noble, 1964. 185p.
- ³⁶ HARRIS, D.C. **Análise química quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 876p.
- ³⁷ ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965p.
- ³⁸ BARD, A. J. **Equilíbrio químico**. Madrid: Harper & Row, 1970. 222p.
- ³⁹ RUSSELL, P. J. B. **Química geral**. São Paulo: Pearson Education, 1994. 628p.
- ⁴⁰ SIDHWANI, I. T.; CHOWDHURY, S. Greener alternative to qualitative analysis for cations without H₂S and other sulfur-containing compounds. **Journal of Chemical Education**, v. 85, p. 1099, 2008.
- ⁴¹ MOELLER, T.; CONNOR, R.O. **Ions in aqueous systems**. New York: Mac Graw-Hill, 1972. 367p.
- ⁴² CURTMAN, L. J. **Analisis químico cualitativo**. Buenos Aires: Libreria Hachtte, 1945. 572p.
- ⁴³ BROCKMAN, C. J. Qualitative analysis without hydrogen sulfide. **Journal of Chemical Education**, v. 16, p. 133, 1939.

-
- ⁴⁴ RATHNAMMA, D. V. Qualitative analysis without sulfide ion, of selected cations. **Journal of Chemical Education**, v. 57, p. 287, 1980.
- ⁴⁵ WEISZ, H.J. Principles of the systematic separation of cations. **Journal of Chemical Education**, v. 33, p. 334, 1956.
- ⁴⁶ KILNER, C. Qualitative analysis of some transition metals. **Journal of Chemical Education**, v. 62, p. 80, 1985.
- ⁴⁷ GREYDA, S. C. A quick test for the highly colored ions of the aluminum-nickel group. **Journal of Chemical Education**, v. 63, p. 720, 1986.
- ⁴⁸ HAYDEN, D. W.; HUNT, R. L. Separating copper and cadmium in qualitative analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 59, p. 59, 1982.
- ⁴⁹ BLITZ, J. P.; SHEERAN, D. J.; BECKER, T. L. A improved flame test for qualitative analysis using a multichannel uv-visible spectrophotometer. **Journal of Chemical Education**, v. 83, p. 277, 2006.
- ⁵⁰ SVEHLA, G. **Qualitative inorganic analysis**. New Delhi: Pearson Education, 2006. 347p.
- ⁵¹ MUNRO L. A. Qualitative analysis without hydrogen sulfide. **Journal of Chemical Education**, v. 11, p. 242, 1934.
- ⁵² BROCKMAN, C. J. **Qualitative analysis**. Boston: Ginn, 1930. 197p.
- ⁵³ BROWNING, J. Qualitative analysis: Brockman, C. J. **Journal of Chemical Education**, v. 7, p. 1217, 1930.
- ⁵⁴ GERSTENZANG, E. M. Microchemical qualitative analysis without sulfides. **Journal of Chemical Education**, v. 11, p. 369, 1934.

Apêndice 1

Apêndice 1

Lista de livros utilizados nos cursos de Química Analítica Qualitativa, segundo citações nas respostas à Questão 6 do questionário.

1. Vogel, A.I. **Química Analítica Qualitativa**. São Paulo: Mestre Jou, 1981.
2. Vogel, A.I. **Análise Inorgânica Quantitativa**: incluindo análise instrumental elementar. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.
3. Vogel, A.I. **Química Analítica Qualitativa**. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 1953.
4. Brumblay, R. U. **Qualitative Analysis**. New York: Barnes & Noble, 1964.
5. Geffery, H.; Vogel, A.I. **Análise Química Qualitativa**. São Paulo: Guanabara Dois, 1992.
6. Christian, G.D. **Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1986.
7. Skoog, D.A.; West, D.M.; Holler, F.J. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. New York: Saunders College, 1992.
8. Skoog, D.A.; West, D.M., Holler, F.J. **Analytical Chemistry**: an introduction. Philadelphia: Saunders, 1994.
9. Bard, A. J. **Equilíbrio Químico**, Madrid: Harper & Row, 1970.
10. Harris, D.C. **Análise Química Quantitativa**. Trad. C.A.S. Riehl, A.W.S. Guarino, Rio de Janeiro: LTC, 2001.
11. Baccan N.; Aleixo, L.M.; Stein, E.; Godinho, O.E.S. **Introdução à Semimicroanálise Qualitativa**. 7^a Ed., Campinas: UNICAMP, 1997.
12. Baccan, N; Andrade, J.C.; Godinho, O.E.S.; Barone, J.S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
13. Alexeyev, V.N, **Qualitative Analysis**. Moscow: Mir Publishers 1967.
14. Alexeyev, V.N. **Análise Qualitativa**. Porto: Lopes da Silva, 1982.
15. Leite, F. **Amostragem: Fora e Dentro do Laboratório**. Campinas: Átomo, 2005.
16. Garret, A. B. *et al.* **Semimicro Qualitative Analysis**. New York: John Wiley, 1966.
17. Mello, A. F. **Introdução à Análise Mineral Qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1980.
18. Zumdahl, S. S. **Chemistry**. Lexington, Mass: D.C. Heath, 1993.

-
19. Wismer, R.K. **Qualitative Analysis with Ionic Equilibrium**. New York: Macmillan, 1991.
 20. Moeller, T.; Connor, R.O. **Ions in Aqueous Systems**. New York: MacGraw-Hill, 1972.
 21. Philippe, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul, 2000.
 22. Snyder, C.H. **The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things**. Hoboken: John Wiley & Sons, 1992.
 23. Brewer, S. **Solución de Problemas de Química Analítica**. [S: L.: s.n.], 1987.
 24. Mendham, J.; Denney, R.C.; Barnes, J.D.; Thomas, M.J.K.; Vogel A.I. **Análise Química Quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
 25. Ohlweiler, O.T. **Química Analítica Quantitativa**. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
 26. Curtman, L. J. **Análisis Químico Cualitativo**. Buenos Aires: Libreria Hachtte, 1945.
 27. Delmo, S. V. **Química Analítica Qualitativa**. Rio de Janeiro: Campus, 1981.
 28. Delmo, S. V. **Ensaio Químicos Qualitativos**. Rio de Janeiro: Interciências, 1995.
 29. Leprevost, A. **Química Analítica dos Minerais**. Rio de Janeiro: LTC, 1975.
 30. King, E. J. **Análise Qualitativa: reações, separações e experiências**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1981.
 31. Fernandes, J. **Química Analítica Qualitativa**. São Paulo: Hemus, 1982.
 32. Whitten, K. W.; Davis, R. E.; Peck, M. L. **General Chemistry with Qualitative Analysis**. 5th ED., Forth Worth: Saunders College Publishing, 1996.
 33. Fifield, F. W. **Principles and Practice of Analytical Chemistry**. Oxford: Blackwell Science, 2000.
 34. Kotz, J. C.; Treichel, Jr. P. **Química e Reações Químicas**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
 35. Holler, J.J.; Skoog, D.A.; West, D.M. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. Orlando: Saunders College Publishing, 1997.
 36. Atkins, P.; Jones, L. **Princípios da Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
 37. Russell, P. J. B. **Química Geral**. São Paulo: Pearson Education, 1994.
 38. Buttler, J. N. **Ionic Equilibrium: a mathematical approach**. Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub. Co., 1964.