

## FRITZ FEIGL - SUA OBRA E NOVOS CAMPOS TECNO-CIENTÍFICOS POR ELA ORIGINADOS\*

Aída Espinola

Instituto de Química e Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CP 68505, 21942-972 Rio de Janeiro - RJ

Recebido em 20/1/03; aceito em 22/8/03

FRITZ FEIGL - HIS WORK AND NEW TECHNICAL-SCIENTIFIC FIELDS SPUN OFF FROM IT. Fritz Feigl's scientific legacy of more than 500 original publications of spot reactions and new chemical concepts, includes a precise definition of identification limit, the difference between specific and selective reactions, and the masking/demasking of chemical reactions, the selective functionalization for the development of new reactions. It resulted in a considerable and varied number of new applications evident in hundreds of citations of his publications, up to 2003, throughout the thirty years following his passing away, and comprehending scientific as well as commercial fields, like that of kits for exploratory tests, based on his reactions and of his followers.

Keywords: "spot tests"; Feigl's techniques; commercial kits.

### INTRODUÇÃO

Uma visão geral de sua vida e personalidade já foi divulgada por seus admiradores em publicações de cerimônias em sua honra, nas celebrações de seu 70º aniversário, bem como em homenagens póstumas, conforme listado na seção "Honorarias concedidas a Feigl, em vida e póstumas". Sua vida teve três períodos marcantes, ricos em ocorrências agradáveis e desagradáveis, que ele galgou, sobrepujou e venceu, triunfando na vida.

A presente publicação focaliza principalmente os inúmeros campos de aplicações analíticas que se desenvolveram com aplicações das técnicas de Feigl, derivando de suas reações de gota, numa duração deste campo mais longa do que usualmente se espera e parecendo não ter fim.

### Uma vida em três etapas

*1891-1938 - Período europeu da vida de Feigl.* Nascido em 15 de maio de 1891, em Viena, então capital Austro-Húngara, em uma família burguesa com boa base cultural, da "belle époque"<sup>1</sup>, desenvolveu fino gosto pela literatura e música; gostava de atividades ao ar livre - esqui, escalada de montanha e caminhada no Wienerwald - hábito que manteve no Rio de Janeiro, ao longo das praias de Ipanema e de Copacabana.

Graduou-se, primeiramente em humanidades; em 1914, em engenharia química, na Technische Hochschule. Rompida a Primeira Guerra Mundial, logo alistou-se no Exército Austro-Húngaro e serviu até 1918. Retornou Capitão, com Medalhas de Bronze e de Prata, bem como com a Cruz do Serviço Militar, por ter sido ferido na frente russa de batalha.

Após o fim da guerra, reassumiu os estudos na Universidade de Viena e, sob a supervisão do Prof. Spätth, obteve o grau de Doutor

em 1920, com tese intitulada "Über die Wervendung von Tüpfelreaktionen in der qualitativen Analyse".

Desenvolveu carreira completa de magistério na Universidade de Viena: tendo entrado como Professor Assistente (1920), passou a Prof. de Química Analítica Inorgânica em 1935 e a Prof. Titular em 1937. Neste período, orientou dez teses de doutorado. Suas atividades de ensino estendiam-se à sua criação - a "Volkshochschule" - de ensino noturno em nível universitário, para aqueles que, tendo retornado da guerra, tinham de trabalhar durante o dia para garantir o sustento; lecionava três vezes por semana, das 18 às 21 h, até ter de exilar-se, em 1938. Lecionava também em um curso destinado a 30 mulheres jovens, onde veio a conhecer Regine Freier, então com 17 anos de idade, que viera para Viena em 1914, como refugiada de Koloomyia, nos Montes Carpatos, Polônia. Em 1919, iniciando-se em química, ela veio a realizar seu doutorado sob a orientação de Feigl. Após o doutorado, Feigl e Regine casaram-se; Hans Ernest, seu único filho, iniciou carreira de químico como seu colaborador, e produziram, juntos, algumas publicações. Doutor, mais tarde, sob a supervisão de Paul Karrer, na Europa, Hans Ebert prosseguia no pós-doutorado quando veio a falecer, aos 28 anos de idade, vítima de câncer.

*1938 - 1940 -* Quando, em 1938, a Áustria foi anexada à Alemanha nazista, Feigl tornou-se súdito alemão, e toda a sua documentação era identificada com um destacado **J**, de judeu; concomitantemente, perdeu sua posição de professor da Universidade de Viena. Expatriado, ele e sua família exilaram-se, primeiramente na Suíça, depois na Bélgica, país em que teve a oportunidade de prosseguir seu trabalho de longo tempo, na Gevaert, como Consultor em Emulsões Fotográficas. Na Bélgica reassumiu, também, atividades docentes em Gent.

Recebera convite para se integrar ao corpo da Universidade de St. Andrews, na Escócia, para prosseguir em atividades docentes e de pesquisa. Isto não ocorreu, por causa das dificuldades para viajar com a documentação que dispunha. Em diversas oportunidades, exprimiu sua perene gratidão aos colegas do Departamento de Química do United College of St. Salvador and St. Leonard, da University of St. Andrews: na página de rosto e no prefácio da 2ª edição inglesa de seu "Qualitative Analysis by Spot tests" e também, o na 3ª edição<sup>1-2</sup>.

e-mail: espinola@metalmat.ufRJ.br

\* "Fritz Feigl. Sua Vida e Sua Obra", Conferência no Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 25 de Outubro de 2002, na concessão da "Medalha Fritz Feigl 2000, à Melhor Tese de D.Sc do Ano 2001".

Em 1940, a Bélgica foi invadida pelos nazistas e Feigl foi levado para um campo de concentração próximo a Perpignan, na França. Regine e seu filho escaparam por sorte: na ocasião, ela estava ausente, tendo ido buscar Hans, que estava estudando em Limburg, na fronteira com a Holanda. Mãe e filho mudaram-se para Toulouse, onde ela conseguiu, de Luiz de Souza Dantas, Embaixador do Brasil localizado em Vichy, vistos para os três entrarem no Brasil.

Ele e Regine planejaram a fuga do campo de concentração e emigraram para Portugal onde, felizmente, contaram com a ajuda do tenente Baocin, para vencerem a barreira de protestos de uma comissão de nazistas, na fronteira com a Espanha. Em Lisboa, embarcaram no navio Serpa Pinto, chegando ao Rio de Janeiro em 29 de novembro de 1940. Feigl contava, então, 49 anos de idade.

1940 - 1971 - *Fritz Feigl no Brasil*. Conforme descrito por Espinola<sup>3,4</sup>, uma coincidência interessante favoreceu o assentamento de Feigl no Brasil: Mario Abrantes da Silva Pinto, então Diretor do Laboratório de Produção Mineral/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), para 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 Mario Pinto que, imediatamente, idealizou contratar Feigl para 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. Convidado a visitar o DNPM, para conhecer a qualidade das instalações laboratoriais de que poderia vir a dispor, Feigl e sua esposa, bem impressionados com estas instalações, bem como com o magnífico Museu de Minerais do DNPM e sua valiosa Biblioteca, aceitaram a oferta de um contrato para Feigl, como Químico Tecnologista, nível “O”, o que resultou na permanência dos Feigl no Rio para sempre. Já em 1944, veio a ser-lhe concedida a cidadania brasileira, em reconhecimento por sua dedicação à pesquisa, sua alta produtividade de interesse para o Brasil e conseqüente projeção do nome do Brasil na comunidade científica internacional.

Ele não somente adotou a nova cidadania, mas, sim, o Brasil como sua terra pátria; recusou um número considerável de ofertas financeiramente compensadoras, de diversas partes do mundo, conforme definiu claramente em uma entrevista para a TV, em Nova York, a um repórter do New York Times que lhe perguntou “Por que não vem fixar-se nos Estados Unidos, onde encontraria melhores condições do que no Brasil?” Sua resposta: “Eu nunca esquecerei os benefícios recebidos do Brasil, à mim e minha família, durante a guerra; continuarei a trabalhar com entusiasmo para o desenvolvimento científico deste grande país. Nós somos brasileiros de coração”.

Durante os 29 anos de atividade no LPM, até ficar seriamente doente, sua produção científica extraordinária compreendeu, em sua maioria, o desenvolvimento de reações de gota. Dois processos industriais foram-lhe designados pelo Diretor, M. da S. Pinto, tendo o primeiro sido de grande sucesso, a produção de cafeína a partir dos extratos de café concentrados. Foi fundada, na cidade de Santo André, SP, a Companhia de Produtos Químicos Alka, sob a direção técnica de Regine Feigl, tendo M. A. da S. Pinto como consultor técnico e C. Lustosa como gerente industrial. Durante os três anos de operação, foram processadas 48.000 t de café, gerando 500 t de cafeína de grau comercial, um produto químico escasso e, naqueles tempos de guerra, valioso para a produção de Coca-Cola. Isto abriu a possibilidade de reiniciar a fortuna dos Feigl, sob a extraordinária competência de Regine em negócios. Com o término da II Guerra Mundial, os mercados estrangeiros foram reabertos para a importação do produto agrícola brasileiro, o café em grãos; a matéria-prima necessária não mais se tornou acessível para a Alka.

Em 1946, um segundo projeto foi desenvolvido com sucesso, para a solubilização do fosfato contido na bauxita fosforosa brasileira do Maranhão, para produção de fertilizante. Este depósito mineral, estimado em 7 milhões de toneladas, era inútil *in natura*, porém, uma empresa alemã já obtivera do dono da terra, o direito e exportava este material *in natura*. Este processo não chegou logo à comercialização, mas, em 1946, foi registrado um pedido de patente, em nome do Laboratório da Produção Mineral.

## FEIGL - UM PESQUISADOR DE INFLUÊNCIA E SUA HERANÇA CIENTÍFICA

No LPM, ele não somente treinou novos pesquisadores, como recebeu inúmeros colaboradores brasileiros e estrangeiros já conhecidos pelo desempenho em suas comunidades científicas, e professores universitários, tendo sido, não somente um pesquisador, mas um inspirador de novos pesquisadores.

Trinta e cinco brasileiros podem ser citados como seus colaboradores, conforme Espinola<sup>3</sup>, incluindo professores em universidades brasileiras e pesquisadores de reconhecidos centros de pesquisa. Entre os estrangeiros, podem ser mencionados P. W. West (Louisiana State University, USA), H. A. Suter (Cellanese Chemical Co., USA), F. L. Chan (USA), Y. Hashimoto (Kyoto, Japão), R. Rossel (Universidad del Sur, Argentina); V. Anger (Lobachemie Research Center, Áustria), que se tornou co-autor na maioria das reedições recentes do livro “Spot Tests in Chemical Analysis”, por exemplo, Inorganic Applications, 1972 e E. Jungreis (Hebrew University, Israel) que realizou seu trabalho de pós-doutorado sob a supervisão de Feigl, no LPM.

## PRODUÇÕES DE FEIGL

### Definições e conceitos pioneiros em química

*Mascaramento e desmascaramento em química - Seletividade em química*

Os conceitos de mascaramento e de desmascaramento, um artifício para se melhorar a seletividade de reações, foi introduzido por Feigl, em 1936<sup>5</sup>. Reapareceu em “*Der Grosse Brockhaus*”<sup>6</sup>, no capítulo de “*Analytisch Chemie*”. E ele o explicou em detalhe, em seu livro “*Specific, Selective and Specific Reactions*” (o simplificado designado SSS)<sup>7</sup>.

A aplicação da química dos complexos de coordenação - introduzida por A. Werner, em 1893 - ao mascaramento e desmascaramento, a fim de obter uma melhora na seletividade de reações químicas não somente foi pioneira<sup>8</sup>, mas ele se tornou altamente especializado, um dos maiores conhecedores da funcionalidade analítica em compostos orgânicos, conforme o demonstrou no capítulo de mascaramento, no seu livro SSS e igualmente em duas publicações sobre a correlação dos grupamentos atômicos e a afinidade química<sup>9,10</sup>.

O mascaramento e o desmascaramento devem muito, também, àqueles que desenvolveram reações de complexação e suas aplicações: R. Pribil<sup>11</sup>, H. Flachka<sup>12</sup>, G. Schwarzenbach<sup>13</sup> e A. Ringbom<sup>14</sup>. Este conceito tem sido expandido com uma variedade de aplicações: à química analítica, por Reilley<sup>15</sup>, Reilley, Scribner e Temple<sup>16</sup>; ao mascaramento cinético, por Yatsimirskii e Fedorova<sup>17</sup>. Perrin<sup>18</sup>, em um de seus livros, descreve amplas aplicações em química pura e aplicada, em gravimetria, em polarografia, em titulações complexométricas, em extração e em troca iônica; em indústrias, há aplicações à corrosão, à galvanização; adicionalmente, aplicações médicas e biológicas.

### Funcionalização seletiva para o desenvolvimento de novas reações

O desenvolvimento de reagentes para novas reações e para a melhora da seletividade requer muita intuição, um profundo conhecimento da estrutura dos reagentes e de seus grupamentos funcionais, a fim de se obter a ativação de ligações locais e, até mesmo, da otimização da catálise. Esta foi uma característica do trabalho de Feigl. Seu laboratório não era apenas um local de testes, mas, fundamentalmente, um laboratório onde se conduziam sínteses orgânicas, a fim de se modificarem reagentes, para a otimização da suas seletividades e, se possível, para se obter a especificidade.

A correlação de Feigl dos grupamentos atômicos com a afinidade específica para metais do segundo grupo do sistema periódico<sup>9,10</sup> envolve a consideração da possibilidade de uma transferência de elétron de um orbital a outro. Muitos anos após, um método rigoroso para determinação da possibilidade ou não de uma reação foi desenvolvida por Halevi *et al.*<sup>19,20</sup>, considerando as mudanças eletrônicas e vibracionais na molécula; depois, em 1940, Sidgwick e Powell<sup>21</sup> correlacionaram o número de pares de elétrons com a camada de valência.

### Definição precisa de “Limite de Identificação” e de “Limite de Diluição”, ou sua recíproca, o “Limite de Concentração”

Estes são essenciais para se lidar com níveis de detecção das substâncias.

### Diferenciação entre reações (e reagentes) “específicos” e “seletivos”

Estas definições foram aceitas e recomendadas pela IUPAC<sup>22</sup>, como um jargão “oficial” para as reações analíticas.

### O efeito capilar do papel de filtro na identificação dos componentes por reações de gota

Muito cedo a atenção de Feigl foi atraída para o efeito da capilaridade do papel de filtro, que tinha sido observado por Schönbein *ca.* 1861, mais tarde por Fr. Goppelschroeder, R. Krulls e Z. Skraub (1909, 1910). Mas estas observações foram limitadas à resultante capacidade de separação de íons pelo efeito de capilaridade do papel de filtro. Com a aplicação das reações de gota, Feigl tornou-se um meio de caracterização das manchas separadas no papel de filtro, como ele o descreveu em 1921, em seu artigo com Stern<sup>23</sup>. Mais tarde, esta técnica veio a ser aplicada em cromatografia de camada fina.

De fato, no início, Feigl processava as separações sobre discos de papel de filtro.

### Publicações de Fritz Feigl

Três listas de publicações de Feigl estão disponíveis na literatura internacional, uma de 1966, por um Anônimo<sup>24</sup>; em 1972, a de Anger<sup>25</sup>, em seu artigo de obituário de Feigl, de acordo com o qual, a produtividade de Feigl na Europa, até 1939, conta com 160 publicações em periódicos; o grande total, até 1971, com 436 artigos, adicionalmente, 20 de seus livros; Hecht<sup>26</sup>, no “*Almanach of the Austrian Academy of Sciences*”, e Anger<sup>25</sup>, ambos listam 20 dos livros, omissos, dois livros em português, a tradução japonesa do “*Spot Tests in Inorganic Analysis*”<sup>27</sup> e as duas traduções russas<sup>28</sup> do “*Spot Tests in Inorganic Analysis*” e do “*Spot Tests in Organic Analysis*”. Ou seja, a maioria, 278, produzidas no Brasil.

Em recente levantamento detalhado da memória de Feigl, Espinola<sup>29</sup> resgatou cerca de 550 publicações em periódicos (136 ainda na Europa e os demais no Brasil), bem como o total de livros. Mapeando todas as citações e desdobramentos destas pesquisas, criou um quadro útil para o planejamento de pesquisas em química analítica.

A Figura 1 representa a expansão progressiva do número de reações, em cada nova edição dos livros de Feigl, o “*Sensitive, Selective and Specific Reactions*”, os “*Spot Tests in Chemical Analysis*”, “*Inorganic Applications*” e “*Organic Applications*”.

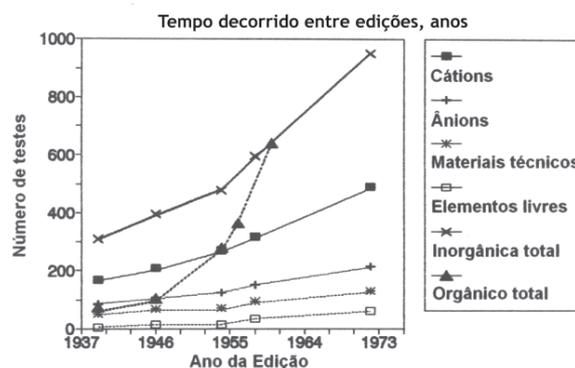


Figura 1. Expansão do número de testes, em edições sucessivas dos livros de Feigl

### O DESDOBRAMENTO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DE FEIGL

#### Testes preliminares (exploratórios), por técnicas de Feigl, para aplicações clínicas, forenses, geoquímicas, ambientais e em ciência de alimentos

O livro de Jungreis<sup>30</sup> cobre técnicas e aplicações de reações de técnicas de Feigl a análises clínicas (diversos compostos químicos na urina, sangue, fezes, cálculos e semen), forenses (detecção de resíduos de descarga de armas de fogo, explosivos e resíduos de explosivos, drogas e venenos); geoquímica e prospecção geoquímica; controle da poluição do ar; triagem da qualidade da água; solos e tecidos de plantas; controle da qualidade de alimentos, para a identificação da composição e de adulterações.

#### Citações das publicações de Fritz Feigl

Muitos desenvolvimentos novos e valiosos do trabalho de Feigl têm ocorrido após seu falecimento, em 1971.

Os histogramas das Figuras 2a, b e c representam as citações das reações de Feigl, de periódicos e de seus livros, respectivamente de seus períodos de vida na Europa (1914-1940), no Brasil (1941-1971) e desde a interrupção de sua produtividade por motivo de doença, seguida de seu falecimento em janeiro de 1971, até os dias presentes, ou seja, 1972-2003, conforme levantamento feito por Espinola<sup>29</sup>.

A Figura 2c, estendendo-se de 1972 a 2003, é notável por demonstrar que, mais de trinta anos após a interrupção do trabalho de Feigl em 1969, ocorre uma contínua expansão, com geração de novos processos baseados nas reações que ele desenvolveu; adicionalmente, estudos de implementação do limite de detecção, a fim de atender à tendência, em nossos dias, à aplicação em ultra-micro e nanoescalas. Merece destaque quão notáveis são estas citações, nos aspectos qualitativo e quantitativo, porque se aplicam a campos de pesquisa de grande interesse atual e mundial, que se tornaram estratégicos, por se relacionarem à ciência ambiental e da saúde, do alimento agrícola e sua tecnologia, sua produção, e à toxicologia, determinando a sua qualidade.

Tomemos, da lista de citações até 2003, o *Citation Index*, presentemente incorporado ao *web of science*<sup>31</sup>, até 2000, por exemplo, o artigo de 1966, de Feigl e Angers<sup>32</sup>, que proporcionou a substitui-

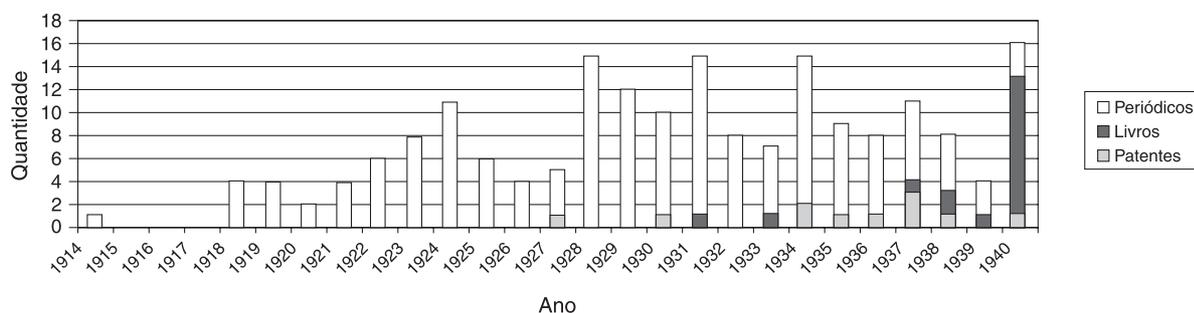


Figura 2a. Citações bibliográficas e registros de patentes ( em diversos países europeus), por Feigl. Período europeu: 1914 - 1940

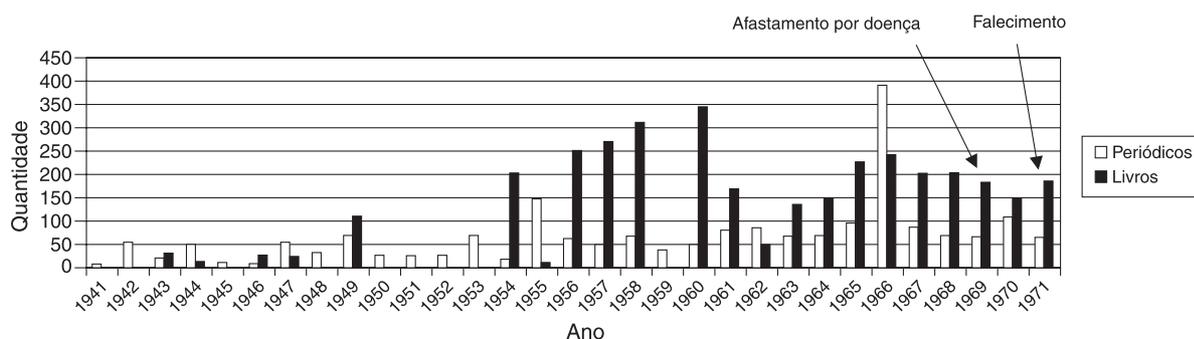


Figura 2b. Citações bibliográficas da produção de pesquisa, de Feigl, durante seu período de vida no Brasil: 1941 - 1971

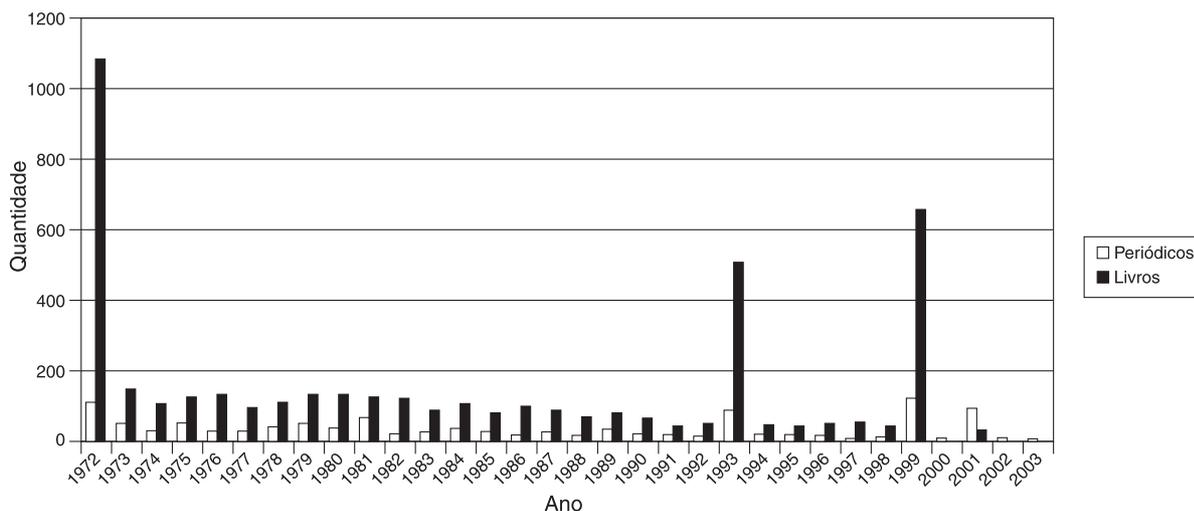


Figura 2c. Citações bibliográficas das publicações de Feigl após seu falecimento, de 1972 - 2003

ção da benzidina no desenvolvimento de um novo reagente, não tóxico, para o reconhecimento de HCN e de cianogênio; conta com 106 citações, de 1966 a 2003. A química analítica do cianeto tem interesse atual, abrangendo aspectos sociais, industriais e econômicos; é o ciclo do cianeto natural e de fontes sintéticas, de usos industriais e não industriais, da lixiviação de metais preciosos, de células eletrolíticas esgotadas, com aspectos estratégicos e políticos relacionados ao prejuízo ambiental dos despejos da mineração e da indústria; o que é evidente pelos periódicos<sup>33-39</sup> em que se distribuem - *Phytochemistry*, *Phytochem. Bull.*, *J. Nat. Prod.*, *J. Agric. Food Chem.*, *J. Sci. Food Agric.*, *J. Chem. Ecol.*, *Plant Soil*. Dez desses artigos citados são recentíssimos (quatro de 2003, três de 2002, dois de 2001 e cinco de 2000).

Métodos qualitativos, úteis para triagem, e quantitativos, ou ambos, estão focalizados em artigos de revisão<sup>40-43</sup>. Especificamente para a detecção e determinação quantitativa de cianetos em materiais de plantas, ver Brinher e Siegler<sup>38</sup>.

É importante ter-se em mente que as reações básicas de Feigl e seus colaboradores são essencialmente testes exploratórios; não visam à competição com métodos de quantificação. Contrariamente, para a monitoração de processos industriais, tais como o cianeto em soluções provenientes de processos metalúrgicos do ouro, existem métodos instrumentais - eletrométricos, potenciométricos com eletrodos íon-seletivos (ISE), FIA com eletrodo ISE, e assim por diante. A tendência é para o emprego dos auto-analisadores, dos quais já existem diversos instrumentos comerciais.

Todos esses métodos analíticos para cianeto são muito importantes devido ao valor, não somente por causa da importância da química do composto a se determinar, mas também pela dificuldade da sua análise, devido à diversidade de formas em que ocorre, dependendo das condições da solução aquosa: HCN, CN<sup>-</sup> (como complexos de coordenação, a maioria dos quais com constantes de estabilidade elevadas, que até permitem o seu uso como reagentes de mascaramento), e assim por diante.

Uma outra citação recente que se destaca da Figura 2c é a de Miller<sup>44</sup>, que associa dois aspectos importantes: a confirmação da presença de cianeto na fase aquosa da mistura de reação temperada, pela reação de Feigl e Anger<sup>32</sup>, é basicamente, uma aplicação da idéia de Feigl da funcionalização para o desenvolvimento de um reagente com as propriedades que se tenham em vista; a Tabela 1, mostra o âmbito deste método e sua potencialidade para a produção de uma série de novos produtos.

### A química em microescala no ensino da Química

No prefácio do Boletim nº 12 do Laboratório da Produção Mineral<sup>45</sup>, Feigl declarou: “Na ocasião da Semana da Escola de Química de 1942, fui convidado, pela organização dos estudantes, a apresentar uma conferência sobre o uso de reações de gota no ensino da química. O interesse resultante motivou-me a elaborar novos ensaios químicos aplicáveis a este propósito. O presente Boletim contém o resultado desta pesquisa. Algumas destas reações já foram descritas em meu livro *Laboratory Manual of Spot Tests*<sup>46</sup>. Esta publicação foi seguida de várias outras no *J. Chem. Educ.* daquele mesmo ano<sup>47</sup>.

Convite semelhante, dos estudantes de química do IQ/USP, resultou em uma publicação na *Selecta Chimica*<sup>48</sup>, um periódico da Associação de Ex-Alunos de Química, da Faculdade de Ciências e Letras daquela universidade.

É lamentável que o interesse dos estudantes não tenha se estendido às autoridades educacionais: Feigl nunca se tornou um Professor regular em qualquer das universidades brasileiras. Nas palavras de C. Chagas Filho<sup>49</sup>, em conferência na Academia Brasileira de Ciências: “...Isto impediu que ao invés de centenas, somente dezenas de brasileiros foram formados por ele...”.

Feigl, após estabelecer-se no Brasil, participou de atividades acadêmicas em universidades brasileiras e estrangeiras. Alguns exemplos foram a condução do trabalho experimental do pós-doutoramento de Jungreis, na Universidade de Israel, conduzido sob a supervisão de Feigl, em seu laboratório do LPM. Outro, sua participação, como membro convidado, na banca de defesa de tese de R. B. de Alencastro<sup>50</sup>, no Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 1969.

A compensação para Feigl não ter pertencido oficialmente aos quadros de professores de universidades do Brasil veio, principalmente, de alguns de seus colaboradores que foram pioneiros no uso das microtécnicas no ensino da química: C. Costa Neto na UFRJ, L.

Heinberger na Pontifícia Universidade Católica (PUC/RJ) e E. Silva na Universidade Federal de Pernambuco.

Costa Neto, em 1957, introduziu as técnicas de Feigl em seu curso de Análise Orgânica, na Escola de Química (continuando-o no IQ/UFRJ). Adicionalmente, adaptou reações de gota à análise de grupos funcionais para a caracterização de funcionalidades em betumens e querogênicos em xistos betuminosos brasileiros<sup>51,52</sup>. Supervisionou diversas teses de mestrado e de doutorado que estão listadas em Espinola<sup>3</sup>, e cujos originais encontram-se na “Biblioteca do Xisto”, no IQ/UFRJ. Ele também é autor de um livro texto<sup>53</sup>.

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. Para este propósito, desenvolveu equipamentos laboratoriais especiais que apresentou no “Feigl’s Anniversary Symposium”, na Universidade de Birmingham, em 1962<sup>54</sup>, e em um livro texto<sup>55</sup>. Em 1969, o Prof. R. Ferreira, da UFPE, mas então ensinando nos Estados Unidos, apresentou este trabalho de Silva no “Upward Bound, do Earlham College, Richmond, Indiana”, perante os Profs. Strong e Benfey, criadores do “Chemical Bound Approach”.

Hainberger<sup>55</sup>, radicado na PUC/RJ durante 27 anos, conduziu, no período de 1971-1986, 34 teses dentro deste tema, a saber, 26 de mestrado e 8 de doutorado.

O IQ/USP e o Laboratório de Geologia Econômica do Instituto de Geociências da UFRJ seguiram prática similar.

Com estas aulas, as técnicas de Feigl têm sido transmitidas a milhares de alunos.

Feigl não chegou a ver o reconhecimento internacional e a adoção da química em microescala no ensino da química. De acordo com Ross<sup>57</sup>, a EPA (“Environmental Protection Agency”) e a NSF (“National Science Foundation”) fundaram o “National Microscale Chemistry Center”, no Merrimack College, USA, que, desde 1993, tem difundido, através de “workshops”, a vantagem da química em microescala nos laboratórios acadêmicos e industriais, que é altamente estratégica, por proporcionar economia, pela redução da quantidade de reagentes químicos usada, aliada à redução considerável de rejeitos e seu impacto ambiental, propiciando melhora na qualidade do ar. A estimativa apresentada de redução da quantidade de reagentes químicos é, para os tradicionais 10-50 g de sólidos ou 100-500 ml de líquidos, uma redução a 25-100 mg para os sólidos e 100-2000 µl para os líquidos.

**Tabela 1.** Alguns “spots tests”, de Feigl ou outros, mais frequentemente aplicados em análises clínicas e forenses, em prospecção geoquímica e em controle de poluição. Kits comerciais disponíveis

Natureza do Teste	Deteção, diagnóstico	Kit/Teste para	Produtor do Kit	Referência
FORENSE	Resíduos de descargas com armas de fogo	Chumbo (sensível e seletivo)	Kit para ensaio de campo	74
		Bário (teste)	—	75, 76
		Chloratos (teste)	—	77
		Cyclotrimetileno-trinitramina (RDX) (teste específico)	—	78
	Pó sem fumaça e dinamites	Nitrocelulose (teste)	—	79
Explosivo militar		2,4,6-Trinitro-fenilmetilnitramina (Tetryl) (teste)	—	80
CONTROLE DE POLUIÇÃO	Percloroetileno	Fenol e compostos aromáticos com um grupamento fenólico (kit)	Dragerwork A.G.	81
CLÍNICO	Glicosúria: glicose na urina	Albustix®	Ames Co., Elkhart, Indianapolis, USA	32
	Sangue/resíduos de sangue (mesmo invisíveis)	Luminol	Microchemical Specialties Co, Berkeley, CA, USA e Inst.Química/UFRJ	58, 59

Três livros textos para o ensino da química por técnicas de microescala já resultaram de Feigl<sup>46</sup> e seus dois discípulos brasileiros: Silva<sup>54</sup> e Costa Neto<sup>52</sup>.

### Campos comerciais como expansão e desdobramentos das técnicas de Feigl

Dois campos comerciais já resultaram da aplicação das técnicas de Feigl, a produção comercial de reagentes para reações de gota e a manufatura de kits comerciais.

#### Reagentes comerciais para reações de gota

Nas últimas páginas dos livros de Feigl, de "Spot Tests", têm constado anúncios da produção comercial de reagentes para as microtécnicas de Feigl; isto representa desenvolvimentos comerciais resultantes da sua pesquisa:

- No Spot Tests, Inorganic Analysis, 1958, uma de "The B. D. H. Book of Organic Reagents" (the British Drug Houses Ltd., 10th edition).
- Reagents Merck (E. Merck, Darmstadt)
- Loba Chemie, de Heiligenstädterstrasse 63, Viena XIX, Áustria; na última página do Spot Tests in Organic Analysis, 6ª ed., 1960, anuncia AUSTRANAL, marca de Reagentes Analíticos Puros e Confiáveis, e uma lista de preços para os seus reagentes especiais para reações de gota.

#### Kits comerciais baseados em técnicas de Feigl

Firmas comerciais já manufaturam uma variedade de kits para ensaios rápidos, exploratórios, em diferentes países - nos Estados Unidos, Ames Co., de Elkhart e Biodynamics, de Indianapolis, Indiana; na Alemanha, Boehringer-Mannheim, Hoeschts A.G. e E. Merck.

Jungreis<sup>30</sup> descreve os numerosos kits disponíveis comercialmente, para uma diversidade de ensaios químicos exploratórios. Ressalve-se que a maioria deles está baseada em reações que não foram diretamente desenvolvidas por Feigl: principalmente os mais recentes, devem-se a pesquisadores que continuam a se utilizar das técnicas de Feigl. Para cada uma das aplicações, que se estendem a análises clínicas, forenses, de prospecção geoquímica e de controle de poluição, ele informa os kits disponíveis. Os aplicáveis a ensaios de glicosúria estão entre os mais difundidos, destacando-se os da Ames Co., como o Clinitest<sup>®</sup>, o Diastix<sup>®</sup>, o Multistix<sup>®</sup>, o Rapignost<sup>®</sup> e outros.

A Tabela 1 apresenta alguns dos testes freqüentemente aplicados.

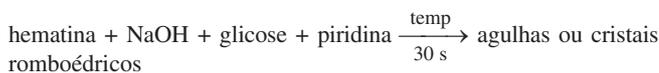
Entre os ensaios forenses para visualizar manchas invisíveis de sangue, vale destacar o teste do Luminol, que se deve à Proescher & Moody<sup>58</sup>, cujo kit é manufaturado pela Microchemical Specialties Co., de Berkeley, CA, USA. É valioso na elucidação de casos de homicídio, porque pode identificar manchas antigas, mesmo em roupas lavadas. Na primeira etapa, por hidrólise ácida com HCl pulverizado, a hemoglobina é decomposta em seus grupos de proteína e prostéticos; segue-se a identificação por luminescência. O IQ/UFRJ tem este teste em processo de implantação, para uso da Polícia do Rio de Janeiro<sup>59</sup>.

Considerando a seletividade limitada deste teste, Jungreis<sup>30</sup> recomenda a confirmação por dois testes de melhor seletividade, baseados na formação de cristais em lâmina de microscópio, com identificação das respectivas cores dos cristais resultantes:

- Teste de Teichman: hidrólise ácida seguida da oxidação do Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> na hemina:



- Teste de Takayama:



Esses cristais originam-se pela ligação do Fe<sup>2+</sup> ao átomo N da molécula da piridina, gerando um complexo hemocromogênico, por exemplo, como agulhas cor de rosa da protoporfirina de piridina, ou na forma romboédrica.

### ASPECTOS DA PERSONALIDADE, PERFIL E FOTOS DE FRITZ FEIGL

Todos que conviveram com Feigl admiravam sua dedicação ao trabalho, intuição e seu conhecimento das reações químicas e da estrutura dos compostos químicos, além de sua capacidade de, superando as desgraças, ajustar-se aos novos ambientes.

Acostumado a viver com extraordinário conforto na Áustria (antes da guerra), bem como no Rio de Janeiro, facilmente aceitou ter de, diariamente, almoçar no único restaurante, bastante modesto, disponível nas cercanias do LPM, onde raramente era visto em companhia, porque sua mente estava sempre voltada para pensamentos relacionados ao trabalho, para as reações ou modificações em reagentes, visando a melhorar-lhes a seletividade para as reações que tinha em vista.

Muito espontâneo no reconhecimento e gratidão, Feigl eternizou-os em páginas de rosto de seus livros, algumas das quais são apresentadas na Tabela 2.

As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, uma imagem de Feigl na vida diária em seu laboratório do LPM, e com seu filho Hans Ebert, quando da chegada ao Brasil. Ele trabalhava com a mente, reagentes, papel de filtro, placas de toque, tubos de ensaio e muito papel e caneta; e, sempre com um cigarro nas mãos, uma xícara de café e, junto, um frasco do adoçante de sua preferência, as Hermezetas. Produzia seus extensos manuscritos em alemão, remetidos, quase diariamente, a Ralph E. Oesper, da University of Cincinnati, que, durante dezenas de anos, os traduzia para o inglês.

Ao chegar ao Rio de Janeiro, teve de adaptar-se à informalidade do novo mundo. Herr Prof. Dr. Eng. Fritz Feigl estava acostumado ao ambiente formal das universidades européias; os cariocas, dirigiam-se a ele respeitosa, mas simplesmente como "Dr. Feigl". Com sua admirável capacidade de adaptação, logo aceitou, e aprendeu a gostar dos trópicos: pela manhã, nadava nas praias de Ipanema, ou Copacabana e, finalmente, Leme. Depois, seguindo para o trabalho, caminhava ao longo do calçadão da praia. Com a pele sempre queimada do sol, recebeu, dos colegas do LPM, o apelido carinhoso de "baiano".

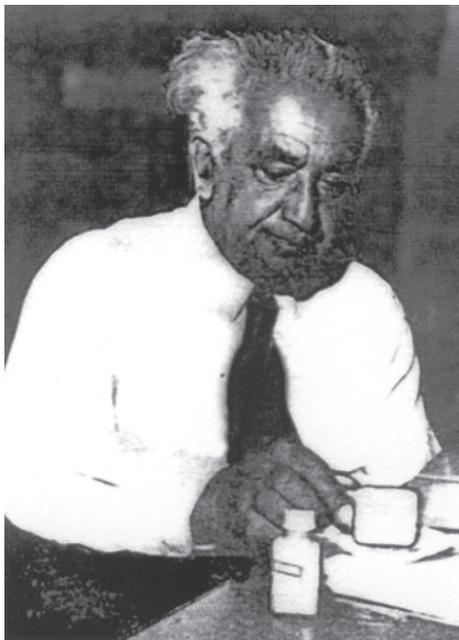
Feigl, sua esposa e filho eram benfeitores por natureza. Suas contribuições substanciais incluem doações para a construção e instalações universitárias, bem como centros sociais. Assim, contribuíram consideravelmente para a universidade e centros de pesquisa de Israel, como o Weissman Institute; no Rio de Janeiro, para a construção e instalação do Departamento de Química da PUC/RJ, onde o nome de seu filho, Hans Ebert Feigl, está perpetuado em uma placa; e para a Sinagoga de Botafogo, que fora fundada em 1942, com o terreno e muito da construção propriamente dita e suas instalações, como o elevador, conforme relatado no livro "ARI 40 anos"<sup>60</sup>, da Associação Religiosa Israelita. Tudo isto foi lembrado pelo Grão Rabino H. Lemle<sup>61</sup>, em seu discurso de despedida de corpo presente, no funeral de Feigl.

### HONRARIAS CONCEDIDAS A FRITZ FEIGL, EM VIDA E PÓSTUMAS

Em Espinola<sup>3</sup>, estão enumerados: a) Prêmios e Medalhas; b) Títulos universitários e *Memorabilia*; c) Cidadanias honorárias; d) Tí-

**TABELA 2.** Agradecimentos de Fritz Feigl registrados em seus livros “Spot Tests inorganic” e “Organic Applications”

Edição	Identificação do Autor	Dedicado a
2ª ed. 1939	Dr. Ing. Fritz Feigl Director of the Research Laboratory, Soc. Belge de Recherches et Études, Ghent Emerit Professor of Analytical and Inorganic Chemistry of the University of Vienna	Univ. of St. Andrews
3ª ed. 1946	Fritz Feigl, Eng., Dr. Sc. LPM, Ministério da Agricultura, RJ, Brasil Member of the Brazilian Academy of Sciences Formerly Professor of Analytical and Inorganic Chemistry at the University of Vienna	<i>ibid</i>
4ª ed. 1954 2 vols.	Fritz Feigl, Eng., Dr. Sci. LPM, Ministério da Agricultura, RJ, Brasil Professor of the University of Brazil Member of the Brazilian Academy of Sciences	Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq
5ª ed. 1958	Fritz Feigl, Eng., Dr. Sci. LPM, Ministério da Agricultura, RJ, Brasil Professor of the University of Brazil Member of the Austrian and Brazilian Academies of Sciences	
6ª ed. 1960	<i>ibid</i>	Memória de Hans Feigl
7ª ed. 1972	Fritz Feigl, Eng., Dr. Sci. LPM, Ministério da Agricultura, RJ, Brasil Professor of the University of Brazil Member of the Austrian, Brazilian and Gotemburg Academies of Sciences	

**Figura 3.** Feigl em seu trabalho diário, no Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro

tulos de Membro Efetivo, de Associações Científicas; e) “Fellowships”; f) Títulos de Membro correspondente; g) Simposios em honra de Feigl, na ocasião de seu 70º aniversário.

Publicações honoríficas e Conferências, em vida e *in memoriam* – Muitos tributos foram rendidos a Fritz Feigl, em reconhecimento por sua contribuição significativa em benefício da ciência e da sociedade: Lemle<sup>61</sup>; West<sup>62</sup>; Hecht<sup>26</sup>; Belcher<sup>63</sup>; Suter<sup>64</sup>; Anger<sup>25</sup>; Chagas Filho<sup>49</sup>; Mathias<sup>65</sup>; Pinto<sup>66</sup>; Oberkofler<sup>67</sup>; Conselho Regional de Quí-

**Figura 4.** Feigl e seu filho Hans Ebert, ao tempo da chegada ao Rio de Janeiro

mica IV, SP - “Medalha Fritz Feigl, 2001”, modalidade “Profissionais de Ensino e Pesquisa”<sup>68</sup>; Instituto de Química/UFRJ, “Medalha Fritz Feigl 2002”, modalidade “Melhor Tese de Doutorado do Ano de 2001”<sup>69</sup>; Espinola<sup>3,29,70</sup>; Espinola, Pinto e Costa Neto<sup>4</sup>; Zacherl<sup>71</sup>; Lykkesfeldt e Møller<sup>72</sup>. Conferências não publicadas, por: Ballczo, H., “Fritz Feigl als Mensch und Wissenschaftliche”, póstuma, na Technische Hochschule, Vienna, 04/05/1971; por Hainberger, L., “A vida e a obra de Fritz Feigl”, no I Encontro Nacional de Química Analítica, Rio de Janeiro, 18/11/1982 e Espinola, A., “Fritz Feigl e Leopoldo Hainberger in the Development of Analytical Chemistry in Brasil”, conferência plenária de abertura do Encontro Nacional de Química Analítica, PUC/RJ, 08/09/1983.

Entre publicações na mídia, no Brasil, destacam-se uma primeira, de autoria de Mathias<sup>65</sup>; outra, póstuma, de Chagas Filho<sup>49</sup>.

Os tributos da comunidade de Israel a Feigl, na ocasião de seu

funeral, no Rio de Janeiro, em janeiro de 1971, estiveram a cargo do Grão-Rabino H. Lemle<sup>61</sup>.

As melhores expressões de tributos à memória de Fritz Feigl encontram-se:

- em apresentações e artigos de Vincenz Anger<sup>25</sup>, as seguintes palavras de um poeta latino:  
“EXEGI MOMENTUM AERE PERENIUS”  
(Construí um monumento duradouro que perdurará mais do que o bronze)
- e nas de Carlos Chagas Filho<sup>49</sup>, na Academia Brasileira de Ciências, em 30 de maio de 1972:  
“1914-1918 - FEIGL ALISTADO NO EXÉRCITO AUSTRO-HÚNGARO. IMAGINEMOS A PERDA PARA A CIÊNCIA MUNDIAL, SE ELE TIVESSE PERDIDO A VIDA EM BATALHA”

## REFERÊNCIAS

1. *International Biographical Dictionary of Central European Emigrés, 1933-1945*, 1983, vol. II, Part A, p. 285.
2. Feigl, F.; *Qualitative Analysis by Spot Tests*, 2ª ed., Elsevier: Amsterdam, 1939; *ibid*, 3ª ed., 1946.
3. Espinola, A.; *Analytical Proceedings Including Communications*, Royal Society of Chemistry, **1994**, 3, 135.
4. Espinola, A.; Pinto, M. S.; Costa Neto, C.; *Bull. Hist. Chem.* **1995**, 17/18, 31.
5. Feigl, F.; *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* **1936**, 8, 401.
6. *Der grosse Brockhaus*, F. A. Brockhaus, Wiesbaden, 16ª ed., 1955.
7. Feigl, F.; *Chemistry of Specific, Selective and Sensitive Reactions*, Academic Press: New York, 1949.
8. Feigl, F.; Kulk, R. V.; Tustanowska, L.; Rappoport, Fr.; *Oesterr. Chem. Ztg.* **1923**, 26, 83.
9. Feigl, F.; *Z. Anal. Chem.* **1924**, 65, 25.
10. Feigl, F.; Lederer, L.; *Monatsh.* **1924**, 45, 115; *ibid*, *Monatsh.* **1924**, 45, 63.
11. Pribil, R. et al.; *Chem. Listy* **1950**, 44, 200; **1952**, 46, 88; **1953**, 47, 1173; *Chimia (Switz)* **1950**, 4, 160; *Collect. Czech. Chem. Commun.* **1950**, 15, 120; *ibid*, **1951**, 16, 391; *ibid*, **1953**, 18, 783; *ibid*, **1954**, 19, 58; *ibid*, **1959**, 24, 470, 1162, 1799, 3103; *Talanta* **1959**, 3, 91; *ibid*, **1971**, 8, 880; *ibid*, **1966**, 13, 515.
12. Flachka, H. et al.; *Z. Anal. Chem.* **1952**, 137, 172; *ibid*, **1953**, 138, 332; *ibid*, **1954**, 143, 330; *Anal. Chem.* **1952**, 137, 104; *Mikrochim. Acta* **1953**, 40, 21; *Chemist Analyst* **1955**, 44, 71; *Talanta* **1968**, 15, 589.
13. Schwarzenbach, G.; *Complexometric Titrations*, Methuen: Londres, 1951; *ibid*, Interscience: New York, 1957.
14. Ringbom, A.; *Complexation in Analytical Chemistry*, Interscience: New York, 1963.
15. Reilley, C. N.; *J. Am. Chem. Soc.* **1958**, 80, 208.
16. Reilley, C. N.; Scribner, W. G.; Temple, C.; *Anal. Chem.* **1956**, 28, 450.
17. Yatsimirskii, K. F.; Fedorova, T. I.; *Dokl. Nauk SSSR* **1962**, 143, 143; *ibid*, *Zh. analyt. Khim.* **1963**, 18, 1300.
18. Perrin, D. D.; *Organic Complexing Reagents*, Interscience: New York, 1964; *ibid*, *Masking and Demasking of Chemical Reactions. Theoretical Aspects and Practical Applications*, Wiley Inters.: New York, 1970.
19. Halevi, E. A.; *Helv. Chim. Acta* **1975**, 58, 2136; *ibid*, *Orbital Symmetry and Reaction Mechanisms. The OCAMS View*, Springer-Verlag: Berlin, 1992.
20. Katriel, J.; Halevi, E. A.; *Theor. Chim. Acta* **1975**, 40, 1.
21. Powell, H. M.; *Proc. Royal Soc. London, Series A* **1940**, 176, 153.
22. IUPAC; *Mikrochim. Acta* **1937**, 1, 253.
23. Feigl, F.; Stern, R.; *Z. Anal. Chem.* **1921**, 60, 1.
24. Anônimo; *Isr. J. Chem.* **1996**, 4, 169.
25. Anger, V.; *Anal. Chim. Acta* **1972**, 59, 1.
26. Hecht, F.; *Almanach der Oesterreichen Akademie der Wissenschaften*, **1971**, 121, 327; *ibid*, *Allg. Prakt. Chem.* **1971**, 22, 95.
27. Feigl, F.; *Spot Tests in Organic Analysis* (Traduzido para a língua japonesa por Yujiro Namura), Kiyoritau Shuppan, KK, 1957.
28. Feigl, F.; Anger, V.; *Kapel'nyi Analiz Neorganicheskikh Veshchestv*, Tom I, Mir: Moscow, 1976; *ibid*; *Kapel'nyi Analiz Organicheskikh Veshchestv*, Tom II, Mir: Moscow, 1976.
29. [http://www.iq.ufrj.br/index\\_2.html](http://www.iq.ufrj.br/index_2.html), acessada em Outubro 2003.
30. Jungreis, E.; *Spot Test Analysis. Clinical, Environmental, Forensic and Geochemical Applications*, 2ª ed., Wiley-Interscience: New York, 1997.
31. <http://www.webofscience>, acessada em Junho 2003.
32. Feigl, F.; Anger, V.; *Analyst* **1966**, 91, 282.
33. Seigler, D. S.; Pauli, G. F.; Nahrstedt, A.; Leen, R.; *Phytochemistry* **2002**, 60, 873.
34. Olafsdottir, E. S.; Jørgensen, L. B.; Jaroszewski, J.; *Phytochemistry* **2002**, 60, 269.
35. Cock, J.; *Science* **1982**, 218, 775.
36. Du, L. C.; Bokanga, M.; Birger, L.; Halkier, B. A.; *Phytochemistry* **1995**, 2, 323.
37. Bennett, R.; Kiddle, G.; Wallsgrove, R.; *Phytochemistry* **1997**, 45, 59.
38. Brinker, A. M.; Siegler, D. S.; *Phytochemical Bull.* **1989**, 21, 24.
39. Chassagne, D.; Crouzet, J. C.; Bayonove, C. L.; Baumes, R. L.; *J. Agric. Food Chem.* **1996**, 44, 3817.
40. Bark, L.; Higson, H. G.; *Analyst* **1963**, 88, 751.
41. Pohlandt, C.; Jones, E. A.; Lee, A. F.; *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* **1983**, 83, 11.
42. Singh, H. B.; Wasi, N.; Mehra, M. C.; *Intl. J. Environ. Anal. Chem.* **1986**, 26, 115.
43. Barnes, D. E.; Wright, P. J.; Graham, S. M.; Jones-Watson, E. A.; *Geostandards Newsletter* **2000**, 24, 183.
44. Miller, J. A.; *Tetrahedron Lett.* **2001**, 42, 6991.
45. Feigl, F.; *Reações de Toque no Ensino da Química*, Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro, 1943, n. 12, p. 12.
46. Feigl, F.; *Laboratory Manual of Spot Tests* (Trad. Ralph E. Oesper), Academic Press: New York, 1943.
47. Feigl, F.; *J. Chem. Educ.* **1943**, 20, 137, 174, 240 e 298; **1944**, 21, 415, 294, 307, 479; **1945**, 22, 36, 342, 558; **1957**, 34, 457.
48. Feigl, F.; *Selecta Chimica* **1947**, 6, 40, (publicação antecipada do Cap. XI do livro *Specific, Selective and Sensitive Reactions*, (Trad. A. Levy e I. D. Raacke) Acad. Press: New York, 1947.
49. Chagas Fº, C.; *Ciência e Cultura* **1972**, 24, 1091; *ibid*; *J. do Comércio*, **1991**, 28 de maio.
50. Bicca de Alencastro, R.; *Tese de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1969.
51. Costa Neto, C.; Oliveira, C. A. L.; Nakayama, H. T.; d'Avila, L. A.; Pereira Pinto, R. C.; Carvalhaes, S. F.; *An. Acad. Bras. Ciências* **1975**, 11.
52. Costa Neto, C.; *Quim. Nova* **1988**, 11, 384.
53. Costa Neto, C.; *Análise Orgânica. Métodos e Procedimentos para a Caracterização de Organoquímicos*, Editora da UFRJ: Rio de Janeiro, 2003.
54. Silva, E. In *Analytical Chemistry*, Proc. Feigl's Anniversary Symp., Birmingham, U. K., Elsevier Publ. Co., 1961.
55. Silva, E.; *Aprendizado Experimental de Química. Nova Orientação de Acordo com as Técnicas de Análise de Toque*, Univ. Federal de Pernambuco, Brasil, 1970.
56. Hainberger, L.; *Quim. Nova* **1983**, 6, 55.
57. Ross, L.; *Chem. & Eng. News* **1993**, 71, 21.
58. Proeschner, R. F.; Moody, A. M.; *J. Lab. Clin. Med.* **1939**, 24, 1183.
59. *Notícias UFRJ* **2002**, 13.
60. Associação Religiosa do Rio de Janeiro, “ARI 40 anos”, Block Editores, 1982, Rio de Janeiro.
61. Lemle, H. (Grão-Rabino da Associação Religiosa Israelita do Rio de Janeiro); “Obituário: Discurso de Despedida a Fritz Feigl”, Rio de Janeiro, 27 de janeiro de 1971.
62. West, P. W.; *Anal. Chim. Acta* **1961**, 25, 205.
63. Belcher, R.; *Proc. Soc. Anal. Chem.* **1971**, 8, 172.
64. Suter, H.; Celanese Chemical Co., Clarkwood, Texas, USA
65. Mathias, S.; *O Estado de São Paulo*, Fascículo Especial, 8 de fevereiro de 1975.
66. Pinto, M. A. S.; *Carta Mensal* (Orgão do Conselho Técnico da Confederação do Comércio), Rio de Janeiro, Ano XIX, Julho **1983**, 340.
67. Oberkofler, G.; Goller, P.; *Zentral bibliothek für Physik in Wien*, Wien, 1990.
68. CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA, CRQ IV; Prêmio Fritz Feigl 2001, Modalidade: “Profissionais do Ensino e da Pesquisa”.
69. Instituto de Química/UFRJ; Medalha Fritz Feigl 2002, Modalidade: “Melhor Tese de D. Sc. em 2001-2002”, 25 de outubro de 2002.
70. Lemle, M.; Espinola, A.; [http://www.faperj.br/interna.phtml?obj\\_id=598](http://www.faperj.br/interna.phtml?obj_id=598), acessada em Outubro 2002.
71. Zacherl, M. K.; *Mikrochem. Acta* **1962**, 1.
72. Lykkesfeldt, J.; Møller, B.I.; *Acta Chem. Scand.* **1994**, 48, 178.
73. Leist, Y.; *Tese de Mestrado*, Hebrew University, Jerusalem, 1981.
74. Feigl, F.; *Mikrochem. Acta* **1924**, 2, 188.
75. Vaitsman, D. S.; Caldas, A.; Miranda, D. P.; *Rev. Quím. Ind.* **1979**, 48, 29.
76. Feigl, F.; *Recl. Trav. Chim. Phys. Pays-Bas* **1939**, 58, 479.
77. Feigl, F.; Hagenauer-Castro, D.; *Chemist Analyst* **1962**, 51, 5.
78. Feigl, F.; Libergott, E. K.; *Chemist Analyst* **1963**, 52, 47; *ibid*, *Anal. Chem.* **1964**, 36, 132.
79. Feigl, F.; Hagenauer-Castro, D.; *Chemist Analyst* **1962**, 51, 16.
80. Feigl, F.; Jungreis, E.; *Anal. Chem.* **1959**, 31, 2099, 2101.