

- <sup>4</sup> Hartwig, D.R. *Eletroquímica*, publicação interna – UFSCar, 123, p., 03/81.  
<sup>5</sup> Ref. 1, p. 41.  
<sup>6</sup> Ref. 1, p. 45.  
<sup>7</sup> Inhelder, B. e Piaget, J. *Da lógica da criança à lógica*

*do adolescente*, São Paulo, Ed. Pioneira, 1976, p. 151-168.

- <sup>8</sup> Ref. 3.

<sup>9</sup> Gower, D.M. Daniels, D.T. e Lloyd, G. *Sch. Sci. Rev.* 1977, 58, 658.

## EDUCAÇÃO

### ENSINO DE QUÍMICA GERAL NA UNIVERSIDADE: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA PARA DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS DE ENSINO<sup>1</sup>

Roberto R. da Silva\*, Silvio P. Botomé\*\* e Deisy G. de Souza\*\*\*

\**Dep. de Química* – \*\**Dep. de Tecnologia Educacional* – \*\*\**Dep. de Fundamentos Científicos e Filosóficos da Educação*  
C. Postal 676; 13.150 – São Carlos (SP)

#### 1. ORIGEM DO TRABALHO

A expressão Química Geral parece ter sido introduzida na comunidade universitária em 1947 quando Linus Pauling publicou a 1ª edição de seu livro "General Chemistry". O aparecimento deste livro suscitou no mundo químico o mais vivo interesse, visto tratar-se de uma obra que não se encaixava nos moldes clássicos, iniciando uma nova pauta na metodologia química. Logo após seu aparecimento, a edição norte-americana foi imediatamente traduzida para o espanhol, francês, italiano e alemão.

A característica principal dessa obra residia no fato de que a parte destinada à química descritiva foi sensivelmente reduzida, com a introdução de novos princípios teóricos unificadores que permitissem aos estudantes fazer uma generalização de maneira mais sensível, direta e lógica. Essa preocupação do autor parece ter se difundido nestas últimas décadas, sendo que os princípios teóricos passaram a constituir-se a essência dos novos livros que foram surgindo. À medida que esses livros (geralmente de origem norte-americana) foram sendo absorvidos pelo nosso sistema educacional, os programas das disciplinas passaram a refletir as informações contidas ("os conteúdos") nesses livros.

Assim, as disciplinas de Química Geral dedicam maior parte de suas atividades à discussão de modelos teóricos, como consequência dos livros existentes no mercado. Um exemplo desta situação pode ser ilustrado pelo Parecer nº 1.687/74 do CFE, onde o programa da disciplina Química Geral contém os seguintes tópicos:

"Conceitos gerais necessários à compreensão dos fenômenos químicos, tais como termodinâmica, cinética, equilíbrio, ácidos e bases; e mecânica quântica aplicada ao estudo de estrutura dos sistemas químicos".

Apesar dos pareceres e dos livros existentes, de uma maneira geral pode-se afirmar que as funções que a Química Geral deve ter em um curso universitário não são muito claras ou explícitas para a maioria dos docentes universitários. Alguns defendem que ela deveria conter tópicos de Química Orgânica, de Química Inorgânica, de Físico-Química, de Química Analítica e de Bioquímica. Outros enfatizam que ela seria mais útil se discutisse aspectos sobre pesticidas, cosméticos, produtos de limpeza, crise energética... (um tipo de química para o consumidor). Uma terceira corrente preconiza que a Química Geral deve ser uma revisão da Química do 2º grau de modo a homogeneizar o repertório de todos os alunos. Um quarto grupo de docentes acha que deveria existir uma química geral para cada tipo de profissional ou seja, uma química geral para biólogos, outra para matemáticos, outra para engenheiros, etc. . .

Esta multiplicidade de opiniões ou de decisões sobre o que fazer refletiu-se, particularmente, na Universidade Federal de São Carlos, a partir de 1977, quando novos cursos foram criados (tais como Enfermagem, Engenharia de Produção, Materiais, Engenharia de Produção Química, etc.) nessa Universidade.

Naquela ocasião o Departamento de Química (DQ) passou a oferecer disciplinas específicas para alguns cursos. Isto resultou numa grande multiplicidade de disciplinas numa mesma área, sendo que, na maioria das vezes, o número de alunos por turma era pequeno.

Com o objetivo de evitar a sobrecarga docente (relação pequena aluno/professor e um desdobramento ainda maior de disciplinas), com a criação de novos cursos, o Departamento de Química designou um grupo de trabalho que promoveu discussões com as Coordenações dos Cursos para os quais o DQ oferecia disciplinas, no sentido de evitar-se a multiplicidade de tais disciplinas.

Nessas discussões os seguintes aspectos foram examinados: 1) A legislação a ser atendida (currículos mínimos) para cada curso que o Departamento oferecesse disciplinas, 2) Os objetivos gerais de cada curso a ser atendido, 3) Os "conteúdos" a serem ensinados em cada disciplina.

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido como parte das atividades do curso de especialização em análise e programação de condições de ensino, desenvolvido na Universidade Federal de São Carlos em 1981 e 1982.

Com respeito aos "conteúdos a serem ensinados" mais especificamente nessas disciplinas, o grupo de trabalho solicitou a todos os professores do Departamento de Química que se manifestassem respondendo às seguintes perguntas:

- "que habilidades de laboratório o aluno deverá ter para cursar disciplinas experimentais nas áreas de Química Analítica, Orgânica, Físico-Química e Inorgânica?"
- "que conhecimentos teóricos o aluno deverá dominar para cursar as disciplinas dessas áreas?"

Os dois conjuntos de informações (aspectos teóricos e habilidades) eram complementares, mas insuficientes para uma definição clara do "que o aprendiz deveria ser capaz de fazer em relação a que". E isso tem implicações diversas sobre a visibilidade a respeito do que deve ser ensinado a (ou exigido de) um aluno. No entanto, esses problemas não eram evidentes na época em que o trabalho era realizado. O resultado geral do levantamento realizado com diversos docentes representava um avanço e uma base comum para as decisões sobre o que deveria ser ensinado nas disciplinas de Química.

## 2. DECORRÊNCIAS DO TRABALHO INICIAL

Como decorrência do levantamento, o Departamento de Química propôs aos cursos usuários de suas disciplinas um conjunto de quatro disciplinas, de quatro créditos cada uma (60 horas/aula, sendo quatro horas/aula por semana durante 15 semanas), sendo duas de natureza teórica e duas de natureza experimental. Este conjunto foi denominado de Núcleo de Química Geral e tinha um caráter modular, isto é, os usuários (os cursos) poderiam incluir em seus currículos uma, duas, três ou quatro disciplinas, caso fosse necessário. Esta estrutura modular foi bem aceita pelas diversas coordenações de curso. Para fins de ilustração, a Tabela 1 indica os diversos cursos para os quais o Departamento de Química ofereceu disciplinas de Química Geral e das disciplinas que estes cursos incluíram em seus currículos.

O exame das informações fornecidas pelos docentes de Departamento de Química permitiu uma definição dos objetivos e da ementas de cada disciplina, como pode ser visto nos Quadros 1, 2, 3, 4.

### QUADRO 1

**Ementa e objetivo geral da disciplina Química 1 (Geral) do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos em 1979**

<b>EMENTA</b>
Estrutura do átomo. Estrutura eletrônica e propriedades periódicas. Ligação química. Gases. Sólidos. Líquidos.
<b>OBJETIVO GERAL</b>
Fazer com que o aluno operacionalize conceitos da química estrutural, de modo que possa acompanhar cursos mais avançados dentro de áreas científicas, especialmente na área de Química.

### QUADRO 2

**Ementa e objetivo da disciplina Química 2 (Geral) do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos em 1979**

<b>EMENTA</b>
Reações químicas. Termoquímica. Sistemas dispersos. Equilíbrios químicos. Cinética química.
<b>OBJETIVO GERAL</b>
Fazer com que o aluno operacionalize conceitos da química envolvidos nos sistemas dinâmicos, para que possa acompanhar cursos mais avançados dentro de áreas científicas, especialmente na área de Química.

**TABELA 1**

**Disciplinas de Química Geral oferecidas pelo Departamento de Química e os cursos que as utilizaram**

Disciplinas Cursos	Química 1 Geral	Química 2 Geral	Química Exp. 1 Geral	Química Exp. 2 Geral
Matemática	X			
Física	X			
Biologia	X			
Eng. Civil	X		X	
Eng. de Prod. Mat.	X	X	X	
Química	X	X	X	X
Eng. de Prod. Quím.	X	X	X	X
Eng. de Materiais	X	X	X	X
Eng. Química	X	X	X	X

### QUADRO 3

#### Ementa e objetivos gerais da disciplina Química Experimental 1 (Geral) do Departamento da Universidade Federal de São Carlos em 1979

##### EMENTA

Segurança no laboratório de Química Experimental 1 (Geral). Levantamento e análise de dados experimentais. Equipamento básico de laboratório: finalidade e técnicas de utilização. Comprovação experimental de conceitos básicos de Química. Soluções. Métodos de purificação de substâncias químicas.

##### OBJETIVOS GERAIS

Medir grandezas físicas de sólidos e líquidos. Caracterizar o Sistema em termos das substâncias que o compõem. Separar sólidos e/ou líquidos e verificar o rendimento de pureza dos produtos obtidos.

### QUADRO 4

#### Ementa e objetivo geral da disciplina Química Experimental 2 (Geral) do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos em 1979

##### EMENTA

Segurança no laboratório de Química Experimental 2 (Geral). Preparação de compostos orgânicos. Preparação de compostos inorgânicos. Métodos de caracterização de substâncias químicas. Comprovação experimental de conceitos básicos de Físico-Química.

##### OBJETIVO GERAL

Desenvolver nos alunos as técnicas necessárias para preparar e manipular substâncias químicas; desenvolvimento e aplicação de conceitos teóricos já adquiridos, na realização de uma experiência.

Nos Quadros 1 e 4 observa-se que há uma descrição homogênea das "situações com que o aluno deverá estar apto a lidar" ao concluir cada disciplina (a parte superior de cada um dos Quadros). Em relação aos "objetivos", porém, isso não acontece. Nos Quadros 1 e 2, as expressões que descrevem os objetivos gerais das disciplinas, são apresentadas sob a forma de "intenções do professor" (fazer com que o aluno . . ." enquanto no Quadro 3, os objetivos são apresentados sob a forma de classes gerais de *ações do aprendiz*. Talvez os "objetivos reais" dos Quadros 1 e 2 fossem mais aproximadamente descritos como "operacionalizar conceitos de Química Estrutural" (ver Quadro 1) e "operacionalizar conceitos da Química envolvidos dos sistemas dinâmicos". Pelo menos os três quadros (1, 2, 3)

fariam referência explícita (e de maneira homogênea) ao mesmo referente: aquilo que o aluno deveria estar apto a realizar quando concluísse o programa da disciplina.

No Quadro 4 o "refente" do "objetivo" geral é o processo que o professor *pretende realizar durante o curso* (desenvolver técnicas). Ficaria consistente com o Quadro 3 (e seria *mais próximo* do que se entende por objetivo de ensino de acordo com Vargas, 1974; Mager, 1976; e Botomé, 1981) se os objetivos fossem expressos como "preparar substâncias químicas", "manipular substâncias químicas", "aplicar conceitos teóricos da química", etc. (Ver Quadro 4).

O trabalho realizado, porém, se aproximou de uma melhor especificação do que (e como, pelo menos em linhas gerais) deveria ser "ensinado" nas disciplinas (o mais correto seria fazer a especificação do que deveria ser "aprendido" nelas).

A organização, de certa forma, já foi um grande avanço em relação a um melhor trabalho com o ensino de Química no Departamento.

### 3. OCORRÊNCIAS OBSERVADAS NA IMPLANTAÇÃO DAS DECISÕES TOMADAS NO TRABALHO INICIAL

O trabalho inicial de implantação do núcleo de Química Geral com quatro disciplinas permitiu, com relativo sucesso: 1) otimizar os recursos do Departamento de Química; 2) atender às exigências do currículo mínimo de alguns cursos (Física, Matemática), onde a química tem um aspecto de formação geral; 3) atender a outros cursos onde a formação em Química é parte considerável do currículo (Química, Engenharia de Materiais, etc.).

Essa sistemática, adotada a nível organizacional, solucionou uma série de dificuldade. No entanto, algumas dificuldades persistiam e outras variáveis foram registradas nesse conjunto de disciplinas, como por exemplo: 1) notas baixas com, relativamente, alta frequência; 2) grande evasão de alunos; 3) alto índice de reprovação; 4) os alunos não apresentarem um repertório teórico adequado, nem habilidades de laboratório em disciplinas subsequentes, apesar de isto ter sido "ensinado" a eles nas disciplinas.

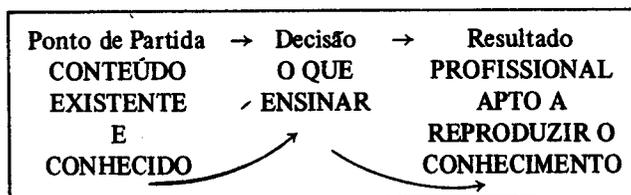
Isto mostrou, então, a necessidade de se buscar uma sistemática de trabalho que permitisse uma solução para as dificuldades encontradas. Dificuldades estas, sem dúvida, relacionadas com a aprendizagem dos alunos e, portanto, com o que se estava entendendo por "ensino" e fazendo como tal.

### 4. UM PLANEJAMENTO ALTERNATIVO

A forma utilizada no planejamento do ensino das quatro disciplinas (conforme se pode observar no que foi apresentado até aqui), porém, foi a que Botomé e colaboradores (1979) denominam de "forma tradicional de planejar o ensino". O Quadro 5 (transcrito de Botomé e colaboradores, 1979) é uma representação esquemática das etapas dessa "forma tradicional".

## QUADRO 5

Esquemas da forma tradicional de se desenvolver o planejamento do ensino em nossas Universidades (retirado de Botomé e col., 1979)



Nesse Quadro pode-se observar que as etapas de planejamento (e forma de raciocinar) do professor consistem, genericamente, em partir das informações existentes (e escritas) já conhecidas para decidir *o que* “ensinar”. É o que se poderia chamar de predominância do conhecido (e do texto escrito) como critério para definir o que deve ser “ensinado”. O profissional (ou quem conclui uma disciplina), formado a partir desse tipo de concepção, corre o risco de ser alguém incapaz de lidar com fatos ou com situações que não sejam aquelas dos livros e sob a forma escrita. O sistema enfatiza, basicamente, a apresentação de informações pelo professor (ou livro) e alguma forma de adesão do aluno a elas – nos melhores casos, o seu uso prático – (Botomé, 1977).

O trabalho realizado até então em relação às disciplinas que se pretendia planejar, não fugiu a esse padrão “tradicional”. Inicialmente foi feito um levantamento dos “conteúdos” considerados importantes e em função disto decidiu-se o que ensinar. Este tipo de planejamento, na maioria dos casos, leva a condução da disciplina a obedecer a uma seqüência de capítulos de um determinado livro. Como produto deste tipo de condução do ensino, o que se observa é apenas a capacidade do aluno em repetir as informações contidas (os conteúdos descritos) no livro. Isto é o que está indicando o Quadro 5 como resultado: o profissional (no caso, o aluno) estará apto a reproduzir o conhecimento descrito no livro. Este tipo de conclusão é coerente com queixas constantes feitas pelos professores, verbalizadas como: “os alunos não pensam”, “os alunos não conseguem raciocinar”. A per-

gunta que se pode fazer é: será que o simples fato de se seguir a seqüência de conteúdos de um livro permite ao aluno o desenvolvimento de uma seqüência lógica de raciocínio? Ou permite a aprendizagem de habilidades outras que não apenas ler e escrever ou repetir procedimentos?

Um outro fato observado nas queixas dos professores foi que, “numa classe de 50 alunos existe sempre uma meia dúzia (os chamados bons alunos) que correspondem às expectativas do professor, isto é, são capazes de um raciocínio crítico e autônomo”. A mera repetição, por parte dos alunos, das teorias, fórmulas e equações descritas nos livros não corresponde às exigências da comunidade acadêmica em geral. Nem a sua simples aplicação seria suficiente para definir um “bom profissional”.

O fato de alguns alunos desenvolverem um raciocínio crítico e autônomo pode estar associado a condições anteriores a seu ingresso na universidade, que propiciariam este tipo de aprendizagem, ou a condições alheias àquelas planejadas pelos professores. Competirá então à universidade criar condições para que um número maior de alunos tenha a oportunidade de um desenvolvimento análogo ao que esses “bons alunos” apresentam, mesmo que os professores não identifiquem as razões pelas quais alguns desses alunos sejam “bons alunos”.

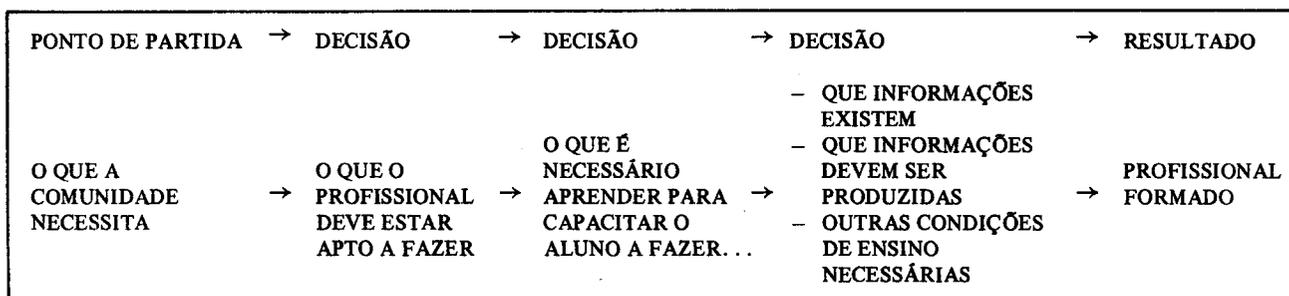
Com essa preocupação, era preciso planejar o ensino de Química Geral de uma outra forma. A maneira encontrada para fazer isso – que denominou-se de forma alternativa de planejamento de ensino, em “oposição à forma tradicional” – foi a proposta por Botomé e colaboradores (1979) e que pode ser vista no esquema ilustrado no Quadro 6.

No Quadro 6, observa-se que a “forma alternativa” contém (ou exige) etapas de trabalho bastante diferentes das descritas como típicas da “forma tradicional”, ilustrada no Quadro 5.

O “ponto de partida” para se definir “o que ensinar” não são, nesse caso, as informações existentes e conhecidas (em geral nos livros de acesso ao professor) mas as “necessidades da comunidade” onde vai se inserir o profissional que o curso quer formar. As informações contidas nos livros (os “conteúdos” existentes e conhecidos) são *meios* para ensinar o que é relevante para a vida da comunidade onde irá agir a pessoa que se quer educar e para a atuação

## QUADRO 6

“Esquema de uma “forma alternativa” de realizar o planejamento do ensino em nível universitário (adaptado de Botomé e colaboradores, 1979).



dessa pessoa na comunidade. As informações (os "conteúdos"), na concepção apresentada no Quadro 6, não são "fins em si mesmas". Como são "meios", não podem ser "per se", o ponto de partida para o ensino.

Com essas considerações ficou bastante nítida uma nova possibilidade de se planejar o ensino das disciplinas do curso de Química. Era necessário, inicialmente, dispor de informações claras sobre as características da realidade ou da situação com a qual o aprendiz deveria estar apto a lidar quando concluísse o curso (ou a disciplina, no caso). Como fazer isso? As etapas que se seguem, refletem a tentativa de desenvolver, concretamente para a disciplina Química Geral, as etapas iniciais que são esquematizadas no Quadro 6.

#### a) Primeira etapa: "o diagnóstico"

O procedimento para se chegar à obtenção dessas "situações" consistiu, basicamente, em realizar consultas aos docentes do Departamento de Química, debatendo as situações já listadas (inicialmente pelos autores deste trabalho e, progressivamente, incluindo os docentes que tivessem participado das consultas).

A solicitação feita aos docentes foi que especificassem os fatos, objetivos, situações, etc. (e não mais os "conteúdos" considerados importantes, como era feito no trabalho inicial) com os quais os alunos deveriam estar aptos a lidar. Salientou-se para os consultados que havia dois tipos de situações que eram de particular interesse para o planejamento das disciplinas: conceitos de Química com os quais os aprendizes deveriam estar aptos a lidar e situações de laboratório.

#### b) Segunda etapa: a população-alvo

Concluída a descrição de situações com as quais o aprendiz deveria estar apto a lidar, o trabalho poderia avançar para uma outra etapa: a definição dos objetivos gerais terminais das disciplinas.

Esta etapa (de proposição dos objetivos terminais gerais da disciplina) se apóia fundamentalmente no que foi descrito na primeira etapa. O que se deve fazer é a proposição, o mais clara possível, do que os alunos devem estar aptos a fazer em relação às situações descritas, quando concluírem o programa de ensino da disciplina.

O Quadro 7 contém o que foi registrado nesses debates a respeito das três questões apresentadas anteriormente. As seis categorias de informações contidas no Quadro são genéricas e caracterizam mais a falta do que o conhecimento do repertório do aluno que ingressará nos programas das disciplinas básicas de Química nos diferentes cursos. As afirmações 1 e 2 mostram a diversidade de exigências que podem ser feitas pelos vários cursos dos quais os alunos fazem parte: da exigência legal (apenas!) à necessidade de aprender para usar em quantidades e níveis diversos, há uma grande variação.

## QUADRO 7

### Caracterização do repertório dos alunos e do contexto em que eles se inserem enquanto usuários do conhecimento de química

1. Para alguns cursos a solicitação das disciplinas de Química visa apenas atender a exigências legais (MEC).
2. Para outros cursos a formação em Química é parte considerável e importante do currículo profissional.
3. As características fundamentais dos alunos que cursarão as disciplinas, são muito variadas, como por exemplo:
  - a) em 95% dos casos os alunos nunca entraram em um laboratório de Química;
  - b) os alunos apresentam um repertório em relação à Química totalmente heterogêneo, indo de nulo a satisfatório.
4. O conjunto de quatro disciplinas, definido anteriormente, deve ser avaliado para verificar se ainda é satisfatório para atender a todos os usuários.
5. As situações em que os alunos irão lidar, após terminado o programa das disciplinas, não são claras para a maioria dos professores que as lecionam.
6. As deficiências do ensino médio que deverão ser sanadas, também são desconhecidas ou não explícitas (para os docentes).

A constatação desse fato (o ainda relativamente grande desconhecimento do repertório de entrada do aluno) e o debate a seu respeito (como obter esses dados, o tempo e as condições necessárias para isso, a existência da disciplina em realização, mesmo sem essas informações) trouxeram, entre os professores das disciplinas de Química Geral, algumas constatações que permitiram o avanço no planejamento. Um avanço possível, apesar das limitações de conhecimento constatadas, e que já caracteriza de certa forma, a passagem para uma terceira etapa do trabalho.

#### c) Terceira etapa: os objetivos terminais gerais

O que levar em conta para propor os objetivos terminais das disciplinas de Química? Que parâmetros estão disponíveis para orientar essa proposição? Além do que já foi explicitado, foi possível ainda, usar mais alguns elementos do exame feito pelos professores das disciplinas.

Em primeiro lugar, para os profissionais (por exemplo: químicos, engenheiros químicos...) em que a Química representa uma parte considerável de sua formação, qualquer tópico, relacionado à Química, que se queira ensinar é facilmente justificável ou, pelo menos, rapidamente aceito e dificilmente contestado. Nesse sentido, por exemplo, ninguém discordaria da presença de um assunto como "ligações químicas" em um programa de ensino porque tal

assunto é muito importante para químicos, engenheiros químicos, etc..

Em segundo lugar, para profissionais que não lidam direta ou constantemente com química (um matemático, por exemplo) que conhecimentos de Química seriam necessários para sua formação? Mesmo a consulta a professores do curso de Matemática não esclarece dúvidas desse tipo, sendo freqüente a resposta de que "a disciplina faz parte do currículo mínimo obrigatório por lei". Isso leva a considerar a Química, para esse tipo de profissional, como algo que contribui apenas genericamente para sua formação como matemático e como cidadão atuante no lugar onde vive.

Há, porém, algo comum a todos esses tipos de profissionais que pode levar a algumas considerações sobre o que é importante ensinar em relação a essa disciplina. Um matemático, um físico, um biólogo ou um químico são profissionais que se ocupam de diferentes parcelas ou aspectos da natureza. Aquilo de que se ocupam e a linguagem que desenvolvem para descrever aquilo de que se ocupam varia de área para área ou de profissão para profissão. Não se pode, porém, dizer o mesmo a respeito do método de investigação utilizado por essas diferentes áreas. Os objetos de estudo dessas áreas diferem, mas a maneira de estudá-los é bastante semelhante: todos usam o método científico e procuram trabalhar de acordo com parâmetros definidos pela ciência, enquanto empreendimento humano que se ocupa da produção de conhecimento com determinadas características.

Nesse sentido, a conclusão que se destacou foi a de que a Química Geral deve contribuir para a formação científica desses profissionais. Nesse sentido, seria útil que o contexto e a forma como certas habilidades de Química fossem ensinadas — bem como estas próprias habilidades — permitissem ao aluno aprender como um químico descobre, descreve e lida com natureza (ou os aspectos dela que são conhecidos sob o rótulo de "Química"). Se isso fosse concretizado, é possível que se conseguisse realizar, pelo menos em uma parte significativa, um dos objetivos do ensino universitário: a formação científica do profissional.

Isso, sem dúvida, não pode ser responsabilidade exclusiva de uma disciplina. Cabe à Química 1 (Geral) garantir a parte que lhe seria pertinente. Um dos aspectos importantes, nesse sentido, parece ser o de ensinar uma linguagem que possibilite ao profissional descrever com objetividade e precisão o que acontece com a natureza ou, pelo menos, entender como um outro profissional, no caso um químico, faz isso em relação à sua área. A pergunta importante que parece resumir essas considerações é: "como um químico descreve os 'acontecimentos' químicos que ocorrem na natureza".

Os "acontecimentos químicos" são "reações químicas" e os profissionais que lidam com elas desenvolveram uma linguagem apropriada a esse tipo de evento. Da mesma forma que um matemático descreve eventos através de equações matemáticas, o químico o faz através de equações químicas. Estas são simbolismos para a descrição concisa e precisa das "reações químicas".

Um exame, ainda que superficial, de como um químico

age diante de um acontecimento químico (descrito através de uma equação química) permite concluir que, basicamente, ele procura responder sempre a um mesmo conjunto de questões básicas: 1) qual é a equação química da reação em exame? 2) qual é a equação química balanceada da reação em exame? 3) quais as classes de funções químicas a que as substâncias envolvidas na reação química (descrita através de uma equação) pertencem? 4) qual a reatividade de substâncias de uma mesma classe numa dada reação química em exame? 5) quais são as ligações químicas existentes nas substâncias envolvidas nas reações químicas? e 6) quais as quantidades de reagentes consumidas e de produtos formados?

Naturalmente, existem ainda outras questões que os químicos se fazem e que também necessitam de respostas. Responder as questões explicitadas, porém, constitui uma parcela significativa da forma como um químico atua e a Química Geral (enquanto disciplina acadêmica) deveria contribuir para isso, para essa "atuação" — ou aprendizagem — básica. Aprender a responder a seis questões de forma adequada (maneira, seqüência, etc.) representaria, sem dúvida uma importante aquisição para a formação científica dos alunos. Essa contribuição de caráter de formação científica geral seria, de certa forma, independente da área de formação profissional do aluno. Ela, porém, deveria ser realizada de maneira a garantir ao aluno a transferência (ou generalização) do que aprendesse para outras áreas do conhecimento, nem que fosse para entender essas áreas ou comunicar-se melhor com profissionais de outras áreas ou para utilizar estas informações na sua atuação profissional ou como cidadão de uma comunidade.

As seis questões indicadas como sendo as que um químico geralmente procura responder (e que foi consenso no debate com os professores das disciplinas) permitiram a proposição — por exame analógico — dos objetivos gerais terminais que a disciplina Química 1 (Geral) poderia ter. No Quadro 8 pode-se examinar esses objetivos.

#### QUADRO 8

##### Objetivos terminais gerais propostos para a disciplina Química 1 (Geral) na Universidade Federal de São Carlos para alunos de diversos cursos de graduação

1. Escrever a equação química para qualquer tipo de reação química.
2. Balancear as equações químicas envolvidas em qualquer tipo de reação química.
3. Identificar as funções químicas a que pertencem as substâncias envolvidas em qualquer tipo de reação química.
4. Identificar as ligações químicas existentes nas substâncias envolvidas em qualquer tipo de reação química.
5. Prever a reatividade relativa de substâncias de uma mesma classe ou função, em um determinado tipo de reação química.
6. Calcular as massas dos reagentes e dos produtos envolvidos em qualquer tipo de reação química.

Os objetivos apresentados no Quadro 8 contém a seqüência geral de ações que é comum a todo químico ao lidar com *reações químicas*. Parece importante destacar que nesses objetivos aparecem duas expressões: *reações químicas e equações químicas*. A primeira refere-se aos eventos na natureza, nem sempre perceptíveis pelos órgãos dos sentidos. A segunda expressão refere-se à *linguagem que descreve* essas reações químicas. É importante que o aprendiz de Química tenha clara essa diferença e esteja, ao final do curso, apto a lidar com as duas coisas. Trabalhar com as equações que reflitam de maneira precisa e concisa os eventos químicos em questão é fundamental para uma atividade profissional de boa qualidade na área.

d) *Quarta etapa: as restrições nos objetivos terminais gerais e a listagem de todos os objetivos terminais*

No caso específico da disciplina Química 1 (Geral) seria necessário ensinar os objetivos para *todas as reações químicas conhecidas*? Obviamente, isso seria um exagero e uma impossibilidade no contexto dessa disciplina. Como fazer, então, para "atingir" os objetivos que foram propostos para a disciplina?

A primeira consideração feita foi a de que se o aluno aprendesse *as regras básicas de trabalho* (portanto a metodologia ou o procedimento básico de trabalho e de estudo) com alguns tipos de reações químicas seria possível que ele, sózinho, fosse capaz de fazer o mesmo para os demais tipos de reações químicas não estudados na disciplina. Em outras palavras: para quais e quantos tipos de reações químicas deveriam ser ensinados os objetivos descritos no Quadro 8 e de que forma ensiná-los para que essas classes de ações fossem *generalizadas* para outros tipos de reações químicas não estudadas na disciplina?

O Quadro 9 contém uma seqüência de *tipos* de reações químicas que serviriam de critério para orientar a escolha das reações químicas que deveriam compor a seqüência a ser estudada e aprendida, em um crescendo de complexidade.

#### QUADRO 9

Seqüência de tipos de reações químicas em função da complexidade de elementos em jogo, de forma a facilitar a elaboração de um plano de ensino de Química que respeite o princípio do ensino em graus de dificuldade crescente

1. Reações de combinação. 2. Reações de deslocamento. 3. Reações de neutralização. 4. Reações de decomposição.

Os sub-tipos de reações químicas em cada uma das categorias contidas no Quadro 9, porém, ainda são inúmeros e, para aprender a lidar com elas, não é necessário que o aluno estude todas e cada uma no contexto da disciplina. Há certas características das reações químicas

e dos procedimentos para lidar com elas que, uma vez aprendidos, servem para lidar com inúmeras outras reações químicas. Além disso, seria importante levar em conta que, na medida em que o aluno pudesse observar essas reações químicas em situações do seu cotidiano, seria mais provável que ele aprendesse (isto é, estabelecesse relações de certo tipo com seu ambiente) o que lhe fosse "ensinado". Vale lembrar que, para muitos dos alunos, interessava um aprendizado de Química para lidar com fatos ou eventos que podem ocorrer no seu cotidiano porofissional (que não é sempre o de um químico ou engenheiro químico). O que seria importante é que as categorias e sub-categorias de reações e equações químicas fossem "encontráveis" pelo aprendiz, evitando-se as situações e aprendizagens meramente acadêmicas ou aquelas reações e equações químicas que só ocorrem em situações muito especiais (por exemplo, com sofisticados procedimentos e controles de laboratório) ou de difícil observação direta (não se deve esquecer que, além de servir a várias áreas profissionais, a disciplina é introdutória também).

Essas considerações levaram a se escolher os sub-tipos de reações químicas (situações mais específicas) em relação às quais o aprendiz deveria estar apto a apresentar as classes de ações consideradas como objetivos terminais gerais da disciplina. O Quadro 10 contém a lista desses sub-tipos de reações químicas já organizados em uma seqüência de complexidade crescente.

Cada um dos dez tipos de reações escolhidas corresponde a uma classe de "situações diante das quais o aprendiz deveria estar apto a agir". E "agir" significa apresentar as ações propostas como objetivos terminais gerais de tal forma que, ao final do programa, o aluno, tendo apresentado todas as classes de ações (Quadro 8), diante de cada um dos dez tipos de reações químicas (Quadro 10), estaria apto a fazer o mesmo em relação a outros tipos de reações químicas diferentes das dez estudadas, generalizando assim a sua aprendizagem.

#### QUADRO 10

Classes (ou tipos) de reações químicas, organizadas em uma seqüência de complexidade crescente, em relação às quais o aprendiz de Química 1 (Geral) deveria estar apto a apresentar as classes de ações (objetivos gerais) descritos no Quadro 8

1. Reações entre metais e oxigênio.
2. Reações entre não-metais e oxigênio.
3. Reações entre óxidos-metálicos e água.
4. Reações entre óxidos-não-metálicos e água.
5. Reações entre metais e água.
6. Reações entre metais e ácidos.
7. Reações entre ácidos e bases.
8. Reações entre metais e sais.
9. Reações entre sais e ácidos.
10. Reações entre decomposição de sais.

e) Quinta etapa: a decomposição de todos os objetivos terminais em intermediários

Tendo explicitado e organizado os objetivos terminais gerais, havia uma outra etapa a realizar, prosseguindo o trabalho: o que o aprendiz precisará ser capaz de fazer para realizar cada um dos objetivos terminais gerais. A resposta a esta pergunta deveria ser uma lista de todas as aprendizagens necessárias para que o aluno estivesse apto a desempenhar cada um dos objetivos propostos. O processo a realizar seria decompor os objetivos terminais gerais em "objetivos intermediários" (desempenhos do aprendiz que explicitassem as aprendizagens neces-

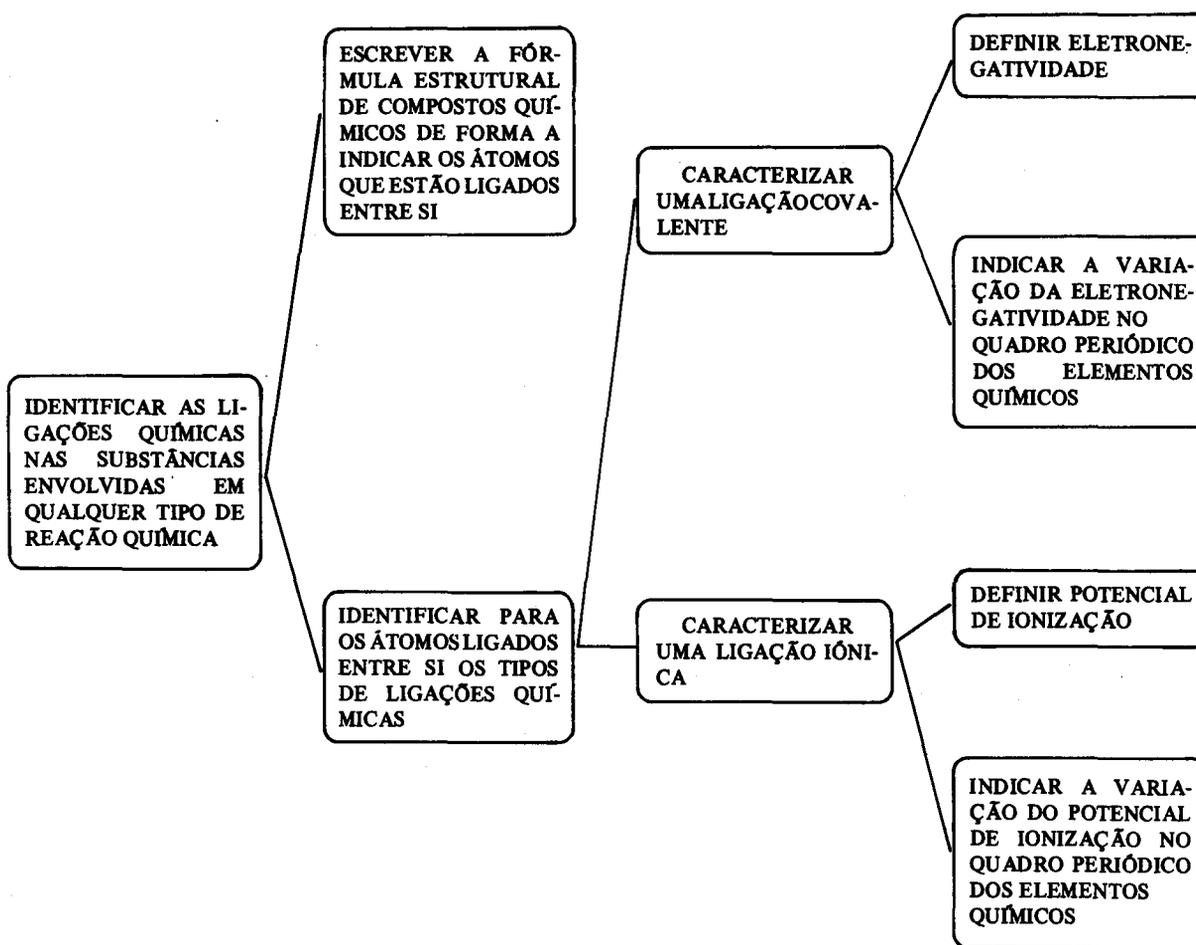
sárias para estar apto a realizar o desempenho terminal.

O procedimento para fazer isso foi bastante simples. Para cada objetivo terminal se fez a pergunta "o que o aprendiz precisa ser capaz de fazer para realizar...?" completando-se, no início, com o objetivo terminal que se estivesse examinando e, a seguir, com cada um dos "intermediários" que ainda se quisesse especificar mais. Progressivamente foi sendo decomposto cada desempenho em desempenhos mais específicos que caracterizassem aprendizagens necessárias para a execução do desempenho mais geral.

Neste texto não serão apresentadas as decomposições de todos os objetivos terminais gerais. Foi escolhido apenas um para exemplificar o produto desta etapa do trabalho.

#### QUADRO 11

Decomposição do objetivo terminal geral "Identificar as Ligações Químicas nas Substâncias Envolvidas em Qualquer Tipo de Reação Química" em aprendizagens necessárias ("objetivos intermediários) para a sua execução por um aprendiz.



No Quadro 11 pode-se ver três níveis de "objetivos intermediários" ou de "aprendizagens envolvidas" em relação ao objetivo terminal geral "Identificar as Ligações Químicas Existentes nas Substâncias Envolvidas em Qualquer Tipo de Reação Química" (ver objetivo 4 no Quadro 8).

A decomposição em "intermediários" foi interrompida quando a "próxima aprendizagem mais simples" fosse a descrição de um desempenho que o aprendiz já tivesse capacidade (ou devesse ser capaz) de apresentar antes de iniciar o programa de ensino da disciplina (uma espécie de pré-requisito).

f) *As etapas subsequentes até o planejamento das condições de ensino para desenvolver o programa da disciplina.*

As cinco etapas desenvolvidas como parte do trabalho considerado "um planejamento alternativo" referem-se à descoberta, proposição e especificação de "O Que Ensinar". Com os resultados do trabalho que essas etapas resumem ficou possível iniciar uma outra parte do trabalho: "Como Ensinar" isso tudo. A descrição pommenorizada dessa segunda parte, porém, não é objetivo deste relato. Cada uma das novas decisões teve uma grande quantidade de pommenores. Para relatá-los seria necessário um texto muito maior ou um outro trabalho à parte.

## 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES GERAIS

As etapas desenvolvidas neste trabalho foram descritas em termos gerais e não foram realizadas com toda a profundidade que poderiam. A descrição não contém especificações do que foi feito, limitando-se, ainda, a aspectos mais gerais do que seria realizar um trabalho desse tipo.

O que o relato mostra é mais uma experiência de aplicação da parte do conhecimento disponível em uma intervenção, de fato, no ensino de Química (e não com o ensino de Química). A distinção parece importante por que a intervenção é feita pelos próprios docentes da disciplina e não por um técnico que planeja ou diz como deve ser o ensino. Os dados foram produzidos durante o próprio trabalho dos docentes ao planejar e desenvolver o programa da disciplina e foram produzidos por eles mesmos, junto com profissionais das áreas de Psicologia e Educação.

Examinando os objetivos propostos — e os exemplos — poder-se-ia perguntar se eles são típicos de ensino superior ou se caracterizam mais o ensino médio. Essa é uma distinção necessária, uma vez que tem se tornado freqüente, em nosso país, a prática de "culpar o que aconteceu antes pelo que não se consegue fazer hoje ou aqui". "O ensino na Universidade não pode ser melhor porque o segundo grau não prepara o aluno". Essa afirmação é duvidosa. O ensino na Universidade pode ser o que é também porque não se sabe o que ele deve ser ou como pode ser feito. O que se diz (ou que se escreveu) sobre o que caracteriza (ou deva caracterizar) o ensino médio ou o superior, porém, não corresponde ao que administradores, docentes e técnicos fazem neles. E essa é a defasagem importante: o que deve ser de responsabilidade de cada nível (ou tipo?) de ensino? A própria noção de hierarquia ou de valor dos tipos de ensino parece apoiada por critérios inadequados. Eles são de complexidades diferentes e tem funções sociais diferentes, mas o seu valor de contribuição, de importância ou de necessidade já não é tão diferente. E isso tudo é fundamental para decisões sobre o que ensinar e como fazê-lo.

Talvez seja importante, com os dados obtidos nesse trabalho, retornar-se à questão: que objetivos do ensino de Química devem ser característicos do ensino de 3º grau? É possível que boas respostas a essa pergunta explicitem critérios de boa qualidade para se definir e avaliar aquilo a que se quer chegar com o ensino universitário.

Há, ainda, outras considerações importantes sobre os objetivos apresentados neste trabalho. Eles deveriam ser exa-

minados de forma a verificar se atendem algumas exigências. Uma delas é que a aprendizagem precisa ser desenvolvida a partir de fenômenos reais e não de forma a que o contato com os fenômenos seja apenas "como ilustração daquilo que está nos livros". Essa afirmação contém duas proposições importantes. A primeira é que "a aprendizagem ocorra no contato com fenômenos reais" e a segunda que "o contato com os fenômenos não seja apenas como ilustração daquilo que está nos livros". A primeira proposição defende a necessidade de que a escola não coloque o aluno apenas em contato com informações escritas e faladas e ou atividades artificiais só existentes nas escolas. O aluno precisa ter contato e aprender a lidar com as situações que vão caracterizar a sua realidade profissional. As informações, pesquisas, texto, etc. são meios para ele lidar com essas situações. Se ele ficar apenas lidando com os meios, dificilmente aprenderá a lidar adequadamente com as situações com que se defrontará como profissional. A segunda proposição explicita a forma desse "contato com fatos". É freqüente que as escolas dêem oportunidade para que os alunos "tomem contato com a realidade" mas o fazem de uma forma tal que o que se faz é "ir ver ilustrações do que se leu nos livros ou foi falado pelo professor". Essa maneira de agir tende a levar o aluno a considerar que "o que está nos livros está certo e que a 'realidade' deve ser como o que está nos livros". Sem dúvida, essas duas proposições tem decorrências sérias para o ensino e ainda é necessário examiná-las com maior profundidade. Cabe, ainda, especificar alguns de seus aspectos quanto ao ensino de Química, que é o objeto mais específico deste trabalho, mas não será possível fazê-lo neste relato.

Há, ainda, variáveis mais imediata e diretamente relacionadas ao desempenho dos docentes. O tamanho das turmas, o processo de seleção, o tempo de duração de cada sessão de trabalho com o aluno, a quantidade de disciplinas em que cada aluno está inscrito, a quantidade e o tipo de solicitações feitas pelos docentes dessas disciplinas, o repertório e a disponibilidade dos demais docentes envolvidos com o ensino da disciplina, etc. influem no grau do que se consegue fazer em relação ao que se sabe que deveria ser feito com o ensino de uma disciplina. Essas são, também, variáveis que interferem com o desenvolvimento de qualquer disciplina e com o desenvolvimento de pesquisa sobre o ensino delas.

Um professor simplesmente orador, apresentando informações para os alunos que ficam apenas ouvindo, contemplando e repetindo as informações que lhe são apresentadas, de fato, não ensina (ver Botomé, 1978; Botomé, 1981). Não se pode supor que o ensino se contenta com uma aprendizagem de repetição ou de rituais (mesmo que esses rituais se chamem técnicas). Nem se pode acreditar que o papel de professor se restrinja ao de um mero apresentador de informações aos alunos (Skinner, 1972; Postman e Weingartner, 1974). As etapas de trabalho que este relato apresentou foram uma tentativa de superar uma concepção já há bastante tempo existente, difundida e arraigada no ensino superior. Embora resumidas e apresentadas em partes elas ilustram o que se tentou fazer para melhorar o ensino de Química a partir do que já se sabe no conhecimento sobre Química, Psicologia e Educação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos professores Neri Bocchi, Elizabeth de Mattos Moraes, Alzir Azevedo Batista, Alberto Nicodemo Senapeschi e Clélia Mara de Paula Marques pela participação nas discussões que forneceram os subsídios para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Botomé, S.P. Humanizar ou domesticar: valores e fatos em educação. Texto escrito para uso interno da disciplina "Psicologia preventiva ou Educação Social" do curso de Psicologia da Pontífica Universidade Católica de São Paulo, em 1977. Não publicado.
- Botomé, S.P. Humanizar ou domesticar: valores e fatos em educação. Universidade Federal de São Carlos, 1978. Não Publicado.
- Botomé, S.P. Objetivos comportamentais no ensino: a contribuição da Análise Experimental do Comportamento. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Psi-

cologia da Universidade de São Paulo, 1981. Não publicado.

- Botomé, S.P.; Gonçalves, C.M.C.; Miranda, A.M.M.; Silva, E.B.N.; Cardoso, D.R.; Ubeda, E.M.L.; Silva, E.; Pedrazzani, J.C.; Naganuma, M.; Ogasawara, M.; De Rose, T.M.S.; Franco, W. Uma análise das condições necessárias para propor objetivos de ensino nas disciplinas do curso de Enfermagem. *Ciência e Cultura (Resumos)*, 1979, 31 (7) p. 131.
- Botomé, S.P. e Souza, D.G. Uma estratégia de ensino para um curso de especialização em análise e programação de condições de ensino para professores universitários. *Ciência e Cultura (Suplemento)*, 1981, 33 (7), p. 819.
- Mager, R.F. *A formulação de objetivos de ensino*. Porto Alegre: Ed. Globo, 1976.
- Pauling, L. *General Chemistry*. San Francisco: W.H. Freeman and Gompany, 1974 (1ª edição).
- Postman, N. e Weingartner, C. *Contestação: nova fórmula de ensino*. Rio de Janeiro: Ed. Expressão e Cultura, 1974.
- Skinner, B.F. *Tecnologia do Ensino*. São Paulo: Editora Herder e Ed. da Universidade de São Paulo, 1972.
- Vargas, J.S. *Como formular objetivos comportamentais*. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1974.

## EDUCAÇÃO

### FUNÇÕES ORTOGONAIS E O MÉTODO DE SCHMIDT

Rogério Custodio

*Instituto de Química – Universidade Estadual de Campinas  
C. Postal 6154; 13100 – Campinas (SP)*

Um dos teoremas que são comumente abordados em cursos de química quântica é o da ortogonalização das funções de onda. E por motivo de simplicidade, o método geralmente empregado para efetuar tal operação é o método de Schmidt [1]. Este método considera que poderemos obter um conjunto de funções  $\{g_1, g_2, \dots, g_n\} = g$  ortogonais apenas efetuando-se a combinação linear do conjunto de funções  $\{f_1, f_2, \dots, f_n\} = f$  não-ortogonais com os quais representamos nosso sistema em estudo. A determinação dos coeficientes que misturam as funções  $f$  são determinadas a partir de duas condições: a ortogonalização e a normalização das funções  $g$ . Matematicamente estas duas condições são descritas como:

$$\langle g_n | g_k \rangle = \delta_{n,k} \quad (1)$$

onde o símbolo  $\langle \rangle$  representa a notação de Dirak para a integral sobre todo o espaço do produto de duas funções

$g_n$  e  $g_k$  e  $\delta_{n,k}$  é o delta de Kronecker. Quando  $n = k$ , estamos com a condição de normalização. Quando  $n \neq k$  estamos dizendo que as funções  $g_n$  e  $g_k$  são ortogonais entre si.

Além desses aspectos comenta-se que a mistura não é feita ao acaso, mas obedece uma pequena regra: a função  $g_n$  tem de ser construída por  $n$  funções  $f$ . Por exemplo,

$$\begin{aligned} g_1 &= a_{11} \cdot f_1 \\ g_2 &= a_{21} \cdot f_1 + a_{22} \cdot f_2 \\ g_3 &= a_{31} \cdot f_1 + a_{32} \cdot f_2 + a_{33} \cdot f_3 \\ &\vdots \\ g_n &= a_{n1} \cdot f_1 + a_{n2} \cdot f_2 + \dots + a_{nn} \cdot f_n \end{aligned} \quad (2)$$

Finaliza-se a introdução ao método de Schmidt fazendo-se a consideração de que uma função  $g_n$  tem que obede-