

Daniel Perdigão Nass

Gráficos como representações visuais relevantes no processo ensino-aprendizagem:

uma análise de livros didáticos de Química do Ensino Médio

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

Orientadora: Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz

São Carlos

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADOS AUTOR E FONTE.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à
versão original, sob a exclusiva responsabilidade
do autor.

São Carlos, 22 de agosto de 2008.

Daniel Perdigão Nass

Ficha catalográfica elaborada pelo autor e pela Seção de Atendimento ao Usuário do Serviço de
Biblioteca e Informação do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo

N265g Nass, Daniel Perdigão
Gráficos como representações visuais relevantes no processo ensino-
aprendizagem: uma análise de livros didáticos de Química do Ensino
Médio. / Daniel Perdigão Nass. São Carlos, IQSC, 2008.
237p.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química de São Carlos /
Universidade de São Paulo

Orientadora: Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz

1. Gráficos. 2. Ensino Médio. 3. Livros didáticos. I. Título.

CDD 371.34

À Dama da Lâmpada

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço à minha orientadora, Salete Linhares Queiroz, por facilitar tudo o que está relacionado ao meu curso de mestrado, desde o primeiro momento. Compreensão, paciência, humanidade, competência, dedicação, espírito trabalhador, enfim, tudo o que um mestrando pode desejar em um orientador em seus estudos de pós-graduação.

Institucionalmente, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela concessão da bolsa de estudos, e ao Instituto de Química de São Carlos, pelo suporte acadêmico. Também agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação da UFSCar, por possibilitar o acesso às disciplinas àquele programa vinculadas.

Agradeço, também, a todas as pessoas que contribuíram diretamente para a realização deste trabalho. Àqueles que forneceram, por empréstimo ou doação, livros para esta análise: Elenir, Angelina, Keila, Renata, Henrique, Bianca; aos colegas do grupo, pela troca de experiências neste período de estudos e de pesquisas; aos funcionários da USP.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que colaboram positivamente para fazer de mim o que sou, no trabalho e na vida. O bom exemplo, o ombro amigo, o conselho oportuno valem muito mais que este singelo, mas cordial, agradecimento.

**“o destino das coisas que dizemos e fazemos
está nas mãos de quem as usar depois”**

Bruno Latour (2000, p. 52)

RESUMO

O uso de representações visuais constitui parte fundamental da prática de ensino de Ciências. Vários pesquisadores constataam que tais representações desempenham papel pedagógico essencial no processo ensino-aprendizagem das disciplinas científicas. Desta forma, surpreende notar que pouco se tenha investigado sobre o uso e o papel dessas representações no ensino-aprendizagem de Química. Diante deste quadro, a presente dissertação analisa uma forma de representação visual, o gráfico cartesiano, existente em livros didáticos de Química destinados ao nível Médio de ensino. Buscamos conhecer a prevalência, a função, a estrutura e a relação dos gráficos com os textos nos quais se encontram inseridos. As categorias de classificação destes gráficos, algumas originais, foram definidas em concordância com o marco teórico da Semiótica Social, área da Semiótica que considera, além do estudo intrínseco dos sinais, a sua inter-relação com as interações sociais, políticas e culturais. Foram também utilizados conhecimentos advindos da área de Educação em Ciências e da Ciência como prática social. Analisamos, também, qualitativamente, gráficos de alguns dos temas mais ricos neste tipo de representação não-verbal. Nossa análise concluiu que muitos dos gráficos apresentam deficiências estruturais, e que a sua relação com o texto não é suficientemente estabelecida, de modo que estes gráficos tendem a não ser adequadamente interpretados pelos alunos.

Palavras-chave: gráficos, Ensino Médio, livros didáticos

ABSTRACT

The use of visual representations constitutes a main aspect of the practice in science learning. Various researchers agree that such form of representation has an essential pedagogical role in science teaching-learning process. Thus it is remarkable that so little investigation on the use and role of these representations in Chemistry teaching has been conducted. In face of this situation, this study concerns a kind of visual representation, the Cartesian graph, available in Brazilian high school Chemistry textbooks. This work investigated the prevalence, the function, the structure, and the relation of the graphs with the context in which they are inserted. Some of the categories of the graph classification are original and were defined in agreement with the Social Semiotics theoretical approach, a semiotic field that works not only with signs intrinsically, but also with their interrelation with social, political and cultural interactions. The knowledge of science education and science as social practice were also considered. Some graphs of the subjects that made use of this type of non-verbal representation more frequently were analyzed qualitatively. The findings show that the majority of the graphs present structural deficiencies and that their relation with the main text is not sufficiently established; thus these graphs tend not to be adequately interpreted by the students.

Keywords: graphs, high school, textbooks

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Exemplo fictício de gráfico de barras	49
Gráfico 2 – Exemplo fictício de gráfico de linhas	50
Gráfico 3 – Exemplo fictício de gráfico circular	50
Gráfico 4 – Exemplo de gráfico 2D temporal. Reprodução traduzida de Tufte (2001)	52
Gráfico 5 – Exemplo de gráfico 2D “forçado” a ser 1D. Reprodução traduzida de Tufte (2001)	54
Gráfico 6 – Exemplo de gráfico 2D “forçado” a ser 1D. Reprodução traduzida de Tufte (2001)	55
Gráfico 7 – Gráfico 5 disposto sob a forma de gráfico 2D ou dispersão	56
Gráfico 8 – Gráfico 6 disposto sob a forma de um gráfico 2D ou dispersão	57
Gráfico 9 – Gráfico de Halley, considerado o primeiro a relacionar duas variáveis a partir de dados experimentais. Relação teórica entre pressão barométrica (y) e altitude (x). Reprodução de Halley (1686) apud Friendly e Denis (2005)	59
Gráfico 10 – Exemplo de gráfico de rosa produzido por Florence Nightingale. Reprodução traduzida de Nightingale (1859) apud Brasseur (2005)	62
Gráfico 11 – Número absoluto de gráficos cartesianos por coleção e volume	125
Gráfico 12 – Razão entre o número de gráficos em exercícios e em parte teórica, por obra	127
Gráfico 13 – Razão do número de gráficos na parte de exercícios pelo número de exercícios por coleção e volume	128
Gráfico 14 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto - volume 1 (Química Geral)	134
Gráfico 15 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto - volume 2 (Físico-Química)	135
Gráfico 16 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto – volume 3 (Química Orgânica)	136

Gráfico 17 – Classificação pelas características do gráfico cartesiano: proporção em relação ao total de gráficos da obra	141
Gráfico 18 – Percentual de modelos gráficos (G3 a G6) em relação ao total de gráficos cartesianos	141
Gráfico 19 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais para os oito temas mais ricos em gráficos	144
Gráfico 20 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua estrutura	146
Gráfico 21 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais para os oito temas mais ricos em gráficos	152
Gráfico 22 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua função	154
Gráfico 23 – Relação entre o tema do gráfico e sua função	157
Gráfico 24 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do próprio gráfico	161
Gráfico 25 – Relação entre o tema do gráfico e seus elementos informativos para os oito temas mais ricos em gráficos	164
Gráfico 26 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua relação com o texto	167
Gráfico 27 – Relação entre o tema do gráfico e sua relação com o texto	169
Gráfico 28 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do texto principal	173
Gráfico 29 – Relação entre o tema do gráfico e a presença de elementos informativos do texto principal	176

Gráfico 30 – Reprodução da página 183 do volume 2 de Tito: dados “redondos” para facilitar a leitura	180
Gráfico 31 – Reprodução da página 37 do volume 2 de Tito: base experimental para o diagrama de fases	185
Gráfico 32 – Reprodução da página 70 do volume 2 de Feltre: um único gráfico mostra as três propriedades coligativas	187
Gráfico 33 – Reprodução da página 306 do volume 2 de Lembo: erro na indicação da diminuição da temperatura de congelamento	187
Gráfico 34 – Reprodução da página 212 do volume 2 de Lembo: descrição das concentrações de reagentes e produtos desde o início da reação	192
Gráfico 35 – Reprodução da página 373 do volume 1 de Lembo: dados literais no gráfico	196
Gráfico 36 – Reprodução da página 174 do volume 1 de Usberco: relação entre energia de ionização e a família	200
Gráfico 37 – Reprodução da página 546 do volume 2 de Reis: cinturão de estabilidade nuclear	203
Gráfico 38 – Reprodução da página 138 do volume 1 de Reis: escala logarítmica	206
Gráfico 39 – Reprodução da página 470 do volume 2 de Usberco: uso de ilustração no corpo do gráfico da curva de decaimento	207

LISTA DE MAPAS, DIAGRAMAS, FLUXOGRAMAS E OUTRAS

FIGURAS

Figura 1 – Exemplo fictício de fluxograma	47
Figura 2 – Exemplo fictício de mapa	48
Figura 3 – Exemplo fictício de diagrama	48
Figura 4 – Esquema do modelo semiótico de leitura das inscrições químicas. Reprodução traduzida de Han e Roth (2006)	104
Figura 5 – Contínuo do nível de abstração das representações. Reprodução traduzida de Pozzer e Roth (2003)	110
Figura 6 – Categorias de classificação de gráficos adaptadas de Roth, Bowen e McGinn (1999). As diversas representações são identificadas por letras de A a H	113
Figura 7 – Estruturas analíticas imagéticas. Reprodução traduzida de Kress e van Leeuwen (1996)	122
Figura 8 – Reprodução da página 387 do volume 1 de Reis: gráfico de dispersão com tabela de dados logo acima, na forma de tabela periódica	148
Figura 9 – Reprodução da página 150 do volume 2 de Lembo: eixo duplamente nomeado	149
Figura 10 – Reprodução da página 124 do volume 2 de Lembo: diagrama que não foi considerado gráfico cartesiano	150
Figura 11 – Reprodução da página 26 do volume 1 de Tito: sem explicação sobre os processos de fusão de soluções eutéicas e de ebulição de soluções azeotrópicas	159
Figura 12 – Reprodução da página 38 do volume 2 de Tito: riqueza de elementos informativos no próprio gráfico	162

Figura 13 – Reprodução da página 147 do volume 2 de Feltre: relação entre Cinemática e Cinética Química	171
Figura 14 – Reprodução da página 304 do volume 2 de Usberco: tentativa de explicação de gráficos que indicam velocidade instantânea de reações químicas	181
Figura 15 – Reprodução da página 246 do volume 2 de Reis: explicação sintética sobre a relação entre a inclinação da reta tangente à curva e a velocidade instantânea	182
Figura 16 – Reprodução da página 60 do volume 2 de Feltre: presença de pontos experimentais	184
Figura 17 – Reprodução da página 295 do volume 2 de Lembo: ausência de pontos experimentais	184
Figura 18 – Reprodução da página 84 do volume 2 de Usberco: gráfico de pouco destaque	185
Figura 19 – Reprodução da página 183 do volume 2 de Feltre: falta de escala nos gráficos à direita	189
Figura 20 – Reprodução da página 296 do volume 2 de Reis: confusão entre gráficos de concentração e de velocidade	191
Figura 21 – Reprodução da página 224 do volume 2 de Tito: comparação entre gráficos semelhantes com o intuito de evitar a confusão	193
Figura 22 – Reprodução da página 280 do volume 2 de Tito: gráficos duplicados mostram a diferença entre as escalas de temperatura	195
Figura 23 – Reprodução da página 283 do volume 1 de Feltre: o gráfico não usa dados numéricos, sejam reais ou fictícios	197
Figura 24 – Reprodução da página 386 do volume 1 de Usberco: uso de ordenada literal e abscissa numérica	197

Figura 25 – Reprodução da página 123 do volume 1 de Feltre: dificuldade para entender a relação gráfico-texto	199
Figura 26 – Reprodução da página 172 do volume 1 de Usberco: diagrama alternativo para a exibição das tendências periódicas nas famílias e períodos	202
Figura 27 – Reprodução da página 221 do volume 2 de Feltre: dados crescentes em escala geométrica	205
Figura 28 – Reprodução da página 273 do volume 1 de Tito: considerações matemáticas sobre proporção direta e proporção inversa	211
Figura 29 – Reprodução da página 279 do volume 1 de Tito: algo mais sobre proporções diretas	211
Figura 30 – Reprodução da página 164 do volume 2 de Lembo: modelos gráficos chamados de diagramas	213
Figura 31 – Reprodução da página 124 do volume 2 de Lembo: diagrama que não foi considerado gráfico cartesiano	214

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número absoluto de gráficos cartesianos por coleção e por volume	126
Tabela 2 – Número de exercícios por coleção e por volume e razão do número de gráficos na parte de exercícios pelo número de exercícios por coleção e volume	128
Tabela 3 – Distribuição dos capítulos por assunto e autor – volume 1 – Química Geral	130
Tabela 4 – Distribuição dos capítulos por assunto e autor – volume 2 – Físico-Química	131
Tabela 5 – Distribuição dos capítulos por assunto e autor – volume 3 – Química Orgânica	132
Tabela 6 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto e autor - volume 1 (Química Geral)	133
Tabela 7 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto e autor - volume 2 (Físico-Química)	134
Tabela 8 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto e autor – volume 3 (Química Orgânica)	135
Tabela 9 – Ordenação dos assuntos mais privilegiados por gráficos segundo a soma de percentuais (continua)	137
Tabela 10 – Classificação pelas características do gráfico: números absolutos e proporção ao total da obra	140
Tabela 11 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais (continua)	143
Tabela 12 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua estrutura	146
Tabela 13 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais (continua)	150

Tabela 14 – Comparação percentual dos valores obtidos em nossa pesquisa e em pesquisa similar de García e Cervantes (2004) sobre a estrutura dos gráficos	153
Tabela 15 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua função	154
Tabela 16 – Relação entre o tema do gráfico e sua função (continua)	156
Tabela 17 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do próprio gráfico	160
Tabela 18 – Relação entre o tema do gráfico e seus elementos informativos (continua)	163
Tabela 19 – Comparação percentual dos valores obtidos em nossa pesquisa e em pesquisa similar de García e Cervantes (2004) sobre a inclusão de elementos informativos nos gráficos	165
Tabela 20 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua relação com o texto	166
Tabela 21 – Relação entre o tema do gráfico e sua relação com o texto (continua)	167
Tabela 22 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do texto principal	172
Tabela 23 – Relação entre o tema do gráfico e a presença de elementos informativos do texto principal (continua)	174
Tabela 24 – Comparação percentual dos valores obtidos em nossa pesquisa e em pesquisa similar de García e Cervantes (2004) sobre a presença de elementos informativos no texto principal	178

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE MAPAS, DIAGRAMAS, FLUXOGRAMAS E OUTRAS FIGURAS

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Ciências e Ensino de Ciências	18
1.2. Ensino de Ciências e discurso científico	21
1.3. Livro didático: definições	25
1.4. Livro didático: história	29
1.5. Livro didático brasileiro: o peso do Estado e dos demais agentes	34
1.6. Análises do livro didático	39
1.7. Representações visuais	44
1.8. Gráficos: definições	46
1.9. Gráficos: história	58
1.10. Graficismo	63
1.11. Estudos sobre representações visuais em livros de Ciências	67
2. OBJETIVOS GERAIS	74
3. REFERENCIAIS TEÓRICOS	76

3.1. Considerações preliminares.....	76
3.2. Psicologia Cognitiva.....	78
3.3. Ciência como prática social.....	84
3.4. Semiótica formal.....	87
3.5. Semiótica Social.....	89
3.6. Semiótica Social e Ensino de Ciências.....	94
3.7. Semiótica Social e análise de gráficos.....	100
4. METODOLOGIA DE PESQUISA.....	106
4.1. Objetos da pesquisa.....	106
4.2. Instrumentos de obtenção e análise preliminar de dados.....	108
4.3. Instrumentos de obtenção e análise classificacional de dados.....	112
4.4. Procedimentos para a análise semiótica qualitativa.....	119
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	124
5.1. Gráficos cartesianos: número por coleção e volume.....	124
5.2. Distribuição dos gráficos de acordo com o tema estudado.....	129
5.3. Classificação dos gráficos cartesianos de acordo com suas características morfológicas e estruturais.....	139
5.4. Classificação dos gráficos cartesianos de acordo com sua função.....	154
5.5. Classificação dos gráficos cartesianos em relação à existência de elementos informativos.....	160
5.6. Classificação dos gráficos cartesianos de acordo com sua relação com o texto principal.....	166
5.7. Análise qualitativa do tema Cinética Química.....	178
5.8. Análise qualitativa do tema Propriedades coligativas.....	183
5.9. Análise qualitativa do tema Introdução a equilíbrios químicos.....	188

5.10. Análise qualitativa do tema Estudo do estado gasoso ideal	193
5.11. Análise qualitativa de outros temas	198
5.12. Análise qualitativa de gráficos selecionados	203
5.13. Análise qualitativa geral das obras	208
6. CONCLUSÕES	215
REFERÊNCIAS	225
ANEXO A – FLUXOGRAMA OPERACIONAL DO PNLEM	237

1. INTRODUÇÃO

1.1. Ciências e Ensino de Ciências

Há, na sociedade atual, um campo que se construiu nos últimos séculos, embora esteja alicerçado em todo o conhecimento histórico, em especial na filosofia grega, e que define, de forma notável e marcante, parte da visão que a humanidade tem do Universo: o campo da Ciência.

Provavelmente, o modo de vida da sociedade atual seria impossível sem a chamada Revolução Industrial. A produção em massa, consequência direta da industrialização, permitiu o acesso de grande parte da população mundial a uma gama antes inimaginável de recursos materiais. À mesma época do início dessa Revolução Industrial, meados do século XVIII, iniciava-se também a ascensão da Ciência moderna. No entanto, não parece claro se há relação direta entre o surgimento da indústria e a assunção da Ciência, embora, atualmente, ambas as áreas sejam interdependentes. A emergência da Ciência é tão fundamental para a explicação do atual estágio de nossa civilização que Velho (1999), entre outros historiadores da Ciência, convencionou chamá-la de *Revolução Científica*.

Já nos primórdios da Idade Moderna, devido à crescente urbanização, cada vez mais era necessária uma Ciência que permitisse o aumento da exploração dos recursos naturais e da produção de bens, ou seja, que permitisse o desenvolvimento tecnológico. Como resposta a essa demanda, começaram a surgir escolas técnicas, como a Accademia del Cimento, nos anos 1650. Segundo Eco (2005), “[seu] lema era ‘provando e riprovando’ - e ‘riprovare’ aí não significa ‘provar de novo’, mas reprovar (no sentido de rejeitar) o que não se pode corroborar à luz da

razão e da experiência.” Ou seja, a Accademia del Cimento já tinha uma metodologia científica como principal diretriz de suas pesquisas.

Mesmo assim, até o século XVIII, poucos eram aqueles que viviam da Ciência, ou seja, eram cientistas profissionais. Antoine Lavoisier, por exemplo, era um coletor de impostos. Isaac Newton ocupava um cargo importante na Casa da Moeda inglesa. A maioria explorava a Ciência em seus horários “livres”, tal como um passatempo. Isto porque o conhecimento científico e sua construção passaram a ser socialmente valorizados. Em 1645, por exemplo, surgia o embrião daquele grupo que seria conhecido, a partir de 1661, como Royal Society, uma sociedade científica nacional inglesa. Sociedades semelhantes começaram a surgir em outros países na mesma época. Os principais membros dessas sociedades eram burgueses em ascensão (HESSEN, 1971).

Em geral, os historiadores sustentam a teoria de que a Revolução Industrial não teve origem na Revolução Científica. Ou seja, que a Revolução Industrial não foi resultado de uma Ciência cada vez mais forte, rica e profissional. No entanto, parece claro que ambas as revoluções estavam relacionadas entre si. Uma sugestão é a de que tenha ocorrido, ao menos em parte, o oposto: que a Revolução Científica tenha tido origem a partir da Revolução Industrial. Dissemos “ao menos em parte” porque a indústria não financiou significativamente a Ciência até o século XX. No terceiro quartel do século XIX, por exemplo, o estudo científico do Eletromagnetismo já se encontrava bastante avançado. No entanto, a aplicação de tais conhecimentos para a geração e a distribuição de energia elétrica só teve avanços significativos quando a indústria “redescobriu”, ela própria e acidentalmente, certos efeitos, como a indução eletromagnética, ao final daquele século (LANDES, 1994; GASPAR, 2000).

Ainda assim, a Ciência estava vinculada às emergentes classes médias comerciais e industriais. Estas novas classes desejavam algo que representasse oposição à visão de mundo

religiosa das classes tradicionais, encontrando na Ciência a sua “legitimação cultural”, nas palavras de Velho (1999). Com o passar do tempo, a Ciência foi ganhando utilidade econômica e, hoje, a Ciência parece parte indissociável da sociedade.

Wuo (2000) afirma que o “caráter de autoridade que o saber científico conquistou na sociedade tecnológica moderna levou a criar, na esfera educacional, a necessidade de uma verdadeira formação científica.” Até o século XIX, ainda que a Ciência já tivesse o seu lugar na sociedade, os cursos de Ciências eram tidos como fáceis ou simples, mais voltados à prática que à teoria, e desprezados para ingresso no Ensino Superior. Foi apenas a partir do início do século passado que o Ensino de Ciências conquistou respeito e passou a ter peso expressivo no processo de admissão para as universidades (MATHIS, 1977), fazendo parte do conteúdo curricular do Ensino Básico.

É por essa importância, conquistada ao longo dos últimos séculos, que o Ensino de Ciências faz parte do currículo da educação básica da maior parte dos países e das escolas, inclusive no Brasil. Assim, quaisquer estudos que se proponham a esquadrihar aspectos pertinentes ao Ensino de Ciências podem, potencialmente, resultar em benefícios à qualidade a Educação em nosso País e, de forma mais geral, pelo papel desempenhado pela Ciência na sociedade atual, podem levar ao desenvolvimento social e econômico e a um estado de maior informação, cidadania e bem-estar da população.

No entanto, uma crítica freqüente é a de que a Educação em Ciências não visaria mais a satisfazer as necessidades dos cidadãos, pois a Ciência incluiria temas extremamente teóricos, abstratos, acadêmicos, exclusivos e dependentes do entendimento de modelos teóricos a estes temas relacionados (GUEDES, 1993). No Brasil, especificamente, o currículo do ensino de Ciências teria se voltado predominantemente à preparação para o vestibular e para a universidade (MORTIMER, 1988), e, da mesma forma que no estado da Califórnia, nos Estados Unidos, teria

incluído assuntos necessários apenas a profissões e formações que exigem um conhecimento científico mais profundo (GOLD, 1988), sendo desnecessários ou pouco necessários aos demais alunos que não têm tais pretensões. Mathis (1977) vai além, dizendo que o ensino de Ciências “freqüentemente parece ser um tipo de jogo mental cujos únicos participantes são os intelectualmente bem dotados”, ao se colocar num pedestal semelhante àquele ocupado pelo currículo escolar clássico até fins do século XIX – teórico, abstrato, verbal e acadêmico demais. Como veremos, estas críticas vêm sendo rebatidas fortemente e por um número grande de pesquisadores com o argumento de que aprender Ciências implica, sim, incorporar a linguagem específica das Ciências, ainda que este ensino tenha apenas a intenção de possibilitar o acesso dos alunos a uma Ciência diretamente relacionada ao seu cotidiano.

1.2. Ensino de Ciências e discurso científico

Muitos pesquisadores da área de Educação em Ciências têm sugerido, nas últimas décadas, que o aprendizado de Ciências pode ser considerado, em certos aspectos, como a apropriação, pelo pupilo, do discurso científico; em outras palavras, aprender Ciências é, entre diversas ações, passar a se expressar na linguagem da Ciência (LEMKE, 1990; MARTIN, 1998; HALLIDAY; MARTIN, 1993). Argumenta-se, por exemplo, que o discurso científico não é um diálogo isolado de um contexto, e que esse discurso não difere de outras formas de discurso por ser mais explícito ou evidente. O discurso científico é visto como um diálogo baseado na capacidade dos participantes de ter acesso a certas estruturas conceituais específicas. Desta forma, esse discurso só é explícito àqueles participantes que já são iniciados na área (EDWARDS; MERCER, 1987). Diversos estudos têm logrado êxito em mostrar que esta relação

entre a apropriação do discurso científico e a aprendizagem das Ciências existe, de fato (ROTH; DUIT, 2003; SCOTT, 1998; van ZEE; MINTRELL, 1997; MERCER; EDWARDS, 1981; BLEICHER; TOBIN; McROBBIE, 2003).

Outro aspecto importante do discurso científico, e que será explorado no presente trabalho, é a indissociabilidade da sua vertente social. A comunicação é um processo social e, portanto, a comunicação científica também o é. Quando alguém trata de Ciência, está contribuindo para criar ou moldar uma comunidade de pessoas que compartilham determinadas crenças e valores (LEMKE, 1990). É assim na vida cotidiana: conseguimos melhor comunicação com aquelas pessoas que falam da mesma forma que nós, e esta melhor comunicação é construída a cada instante comunicativo, ao compartilharmos significados.

No ensino de Ciências, podemos perceber, grosso modo, dois grupos de participantes. Os professores de Ciências e os autores dos livros didáticos fazem parte do grupo que conhece e domina o vocabulário comum da Ciência, agindo caracteristicamente como um membro dessa comunidade de pessoas. Por outro lado, os alunos, ou pupilos, ou estudantes, formam um segundo grupo que, ao menos inicialmente, não domina esse vocabulário, esse modo de agir, mas que, espera-se, seja, com o passar do tempo, integrado ao grupo que sabe se comunicar na linguagem da Ciência (LEMKE, 1990), com o compartilhamento crescente de significados.

Esta incorporação da linguagem da Ciência significa passar a

observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, levantar hipóteses, teorizar, questionar, desafiar, contestar, projetar experimentos, seguir procedimentos, julgar, avaliar, decidir, concluir, generalizar, relatar, escrever, palestrar e ensinar *na e através da linguagem da Ciência* (LEMKE, 1990, p.1; grifo nosso).

Mais especificamente, é comum que a linguagem científica tome um determinado padrão ou modelo temático de descrição ou explicação dos fenômenos naturais, dê a esse padrão um nome e faça associações dele com outros itens temáticos, como se esse padrão fosse, ele próprio,

mais um desses itens. Este fenômeno, chamado por Lemke (1990) *condensação temática*, é, para ele, o que torna a linguagem da Ciência tão densa e impenetrável àqueles que não sabem ou não dominam a forma de reexpandir esta condensação e recuperar o significado completo do padrão temático.

Martin (1998) percebe também que o discurso da Ciência é variado, de acordo com a situação em que ele se insere. Desta forma, o discurso da Ciência dos cientistas é diferente do discurso da Ciência dos professores de Ciências. Martin chama esta divergência de *recontextualização*. É possível reconhecer a existência de recontextualizações na medida em que surgem novas formas de representação e reprodução do conhecimento científico. Estas recontextualizações, ao mesmo tempo em que pretendem tornar o discurso da Ciência mais acessível, podem também torná-lo pobre. Nesta situação, Bowen (2005) entende ser compreensível que as aulas de Ciências despertem tão pouco interesse pelos fenômenos da Natureza nos estudantes. Guedes (1993) cita diversos autores que chegaram a uma conclusão semelhante: a de que agentes do processo educacional, como, por exemplo, o livro didático, apresentam representações distantes do conhecimento científico estabelecido.

Visto que o discurso científico tem relação direta com a descrição de processos que ocorrem na Natureza, e que tais processos naturais são apresentados, nas disciplinas, sob a forma de modelos conceituais articulados por representações *verbais, matemáticas, gráfico-visuais e acional-operacionais* (LEMKE, 1998), diversos estudos têm sido realizados com o propósito de analisar tais formas de representação do discurso científico, bem como suas diversas recontextualizações. Entretanto, as representações verbais vêm sendo tratadas por um número considerável de pesquisas, algo que não se verifica com as demais representações (MARTINS, 1997; JIMÉNEZ; PERALES, 2002; MARTIN, 1998; DIMOPOULOS; KOULALIDIS; SKLAVENITI, 2003).

Nos livros didáticos de Ciências, entretanto, as representações matemáticas e as representações visuais¹ são de uso freqüente. Lemke (1998) destaca que, para fazer, falar, ler e escrever Ciências, é necessário articular apropriadamente e nas mais variadas formas as diversas representações, sejam elas discursos verbais, expressões matemáticas, operações motoras – tais como gestos ou outros procedimentos cinésicos, por exemplo – ou representações visuais.

Esta necessidade de um domínio pleno do uso das diversas representações na Ciência encontra respaldo na idéia de *inscrição*. Este conceito, inicialmente sugerido por Derrida² (1977 *apud* LATOUR; WOOLGAR, 1986) e freqüentemente abordado na obra de Bruno Latour (LATOUR; WOOLGAR, 1986; LATOUR, 2000), designa uma operação mais básica que a escrita, no sentido de não necessitar de qualquer domínio de linguagem para ocorrer. A palavra inscrição, então, é usada para sumarizar todas as possíveis informações que possam ser extraídas em uma observação, experimento ou aparelho científico. Estes últimos são denominados por Latour e Woolgar *dispositivos de inscrições*. As inscrições são, portanto, traços, marcas, pontos, histogramas, números, espectros, picos, entre outros, sempre gravados em documentos escritos, como papéis, e gerados pelos dispositivos de inscrições. Estes dispositivos, resumem Latour e Woolgar, “transformam pedaços de matéria em documentos escritos”.

Roth e McGinn (1998) listam três funções principais das inscrições: primeiro, servem para constituir, ou reconstituir, na Ciência e na Tecnologia, os objetos de interesse – informações dos mais diversos tipos –; depois, atuam para organizar as diversas colaborações e coordenar as contribuições dos diversos membros de um grupo – são, nesta função, atores sociais –; por fim, funcionam como coordenadores de trabalho através dos diversos grupos, através do tempo e do espaço.

¹ Passaremos a nos referir às representações gráfico-visuais como *representações visuais*, de forma simplificada.

² DERRIDA, Jacques. **Of Grammatology**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1977.

Estando as inscrições tão presentes em um laboratório de pesquisa científica, uma vez que dão respaldo aos artigos científicos, o principal produto final desses laboratórios (LATOURE; WOOLGAR, 1986; LATOUR, 2000), além de muitos outros contextos (ROTH; MCGINN, 1998), não podemos negligenciar a instrução dos estudantes de Ciências sobre uma adequada compreensão e interpretação destas inscrições. Sobretudo porque todas as formas de representação do conhecimento científico, sejam verbais, matemáticas ou visuais, também se fazem presentes na Educação científica. Roth e McGinn ainda apontam que pesquisadores em Ensino de Ciências vêm demonstrando crescente interesse nas dimensões públicas e sociais das inscrições. Visão destes pesquisadores, compartilhada por nós, é a de que a noção de inscrição pode ser muito útil aos professores e pesquisadores em Ensino de Ciências.

Em nosso estudo, tratamos de representações visuais comumente associadas a inscrições, os gráficos cartesianos, enfatizando suas dimensões sociais. Passaremos agora a examinar com mais detalhes o meio no qual os gráficos cartesianos são, predominantemente, apresentados aos pupilos em aulas de Ciências: o livro didático.

1.3. Livro didático: definições

A história do livro didático se confunde com a história da imprensa, ou seja, sua história está diretamente associada à possibilidade de se obter materiais impressos de modo mecanizado. Apesar de o livro didático ainda ser um material impresso, o conteúdo e o objetivo deste gênero de livros sofreu modificações importantes ao longo do tempo (JIMÉNEZ; PERALES, 2001).

O livro didático é um objeto cultural contraditório. Ao mesmo tempo em que é considerado fundamental no processo escolar, é alvo de críticas e polêmicas intensas. Estas

relações contraditórias, existentes entre o livro didático e a sociedade, vêm levando a um número crescente de pesquisas diversas, as quais pretendem identificar a importância deste instrumento de comunicação, produção e distribuição de conhecimentos, presente na Educação escolar há séculos (BITTENCOURT, 2004a).

É importante destacar, também, que a origem do livro didático está vinculada aos poderes instituídos, sejam eles políticos ou religiosos. A associação direta entre a produção didática e um sistema educacional emergente, predominantemente estabelecido pelo Estado, especialmente no Brasil, provoca uma interferência desse agente externo na composição deste gênero de livros, algo que não se percebe tão marcadamente nos demais gêneros literários (BITTENCOURT, 1993). A aura de “verdade absoluta” que a palavra impressa assume em nossa sociedade pode justificar o grande interesse do poder vigente sobre os livros – em particular, o livro didático. Trataremos dos aspectos oficiais associados a este material pedagógico nesta e nas próximas seções desta introdução.

Para Choppin (2004), não é fácil para historiadores da Educação definir o que é um livro didático, pois ele está associado a três categorias de literatura que tomam parte do processo educativo, cada um à sua maneira: inicialmente, a literatura escolar tem origem em uma literatura religiosa, que leva à produção, por exemplo, de livros seculares “por pergunta e resposta”, semelhantes, em método e estrutura, à catequização; depois, uma literatura técnica ou profissional, progressivamente instituída no sistema educacional, em épocas variadas, de acordo com o lugar e o objetivo do ensino – na Europa, de meados do século XVIII ao início do século XIX –; por fim, uma literatura de entretenimento, que inicialmente manteve afastamento do universo escolar, mas que passou recentemente, em algumas de suas características, a fazer parte dos livros didáticos em muitos países. Estes três gêneros não se excluem, ao contrário: muitas

vezes, se interpenetram, visto ser difícil definir se um determinado trabalho foi escrito com fins didáticos ou de lazer.

Por esta razão, consideram-se livros didáticos todas as obras produzidas com a intenção de serem utilizadas em sala de aula ou, de maneira mais abrangente, nos processos educacionais formais. Livros paradidáticos são, também, livros didáticos. Livros clássicos ou religiosos, quando editados especialmente para servir de apoio a atividades educacionais, transformam-se em livros didáticos. É, também, por exemplo, o caso de um romance ou de um livro de poesias, ao qual se acrescentam exercícios, ao final do texto principal, para serem realizados por alunos (BITTENCOURT, 1996).

Richadeau³ (1979, *apud* MENDES, 2005), de forma similar, entende que, para se elaborar uma definição de o que vem a ser um livro escolar, deve-se evitar todo tipo de qualificação formal ou restritiva. Para ele, a complexidade própria do livro didático, a sua riqueza, a sua diversidade, a sua importância – real ou potencial – torna este gênero literário um objeto privilegiado para pesquisas. Richadeau ainda afirma que o livro escolar pode ser um atlas, um dicionário, uma enciclopédia, uma antologia, ou mesmo um livro didático propriamente dito, qual seja a matéria sobre a qual verse. No limite, qualquer texto impresso – panfletos, jornais, obras técnicas, literárias, filosóficas, científicas – pode se passar por um livro escolar, desde que seja integrado a um processo ensino-aprendizagem.

Para Magalhães (2006), o “manual escolar é um produto/ mercadoria com profundas repercussões no domínio da sociologia do conhecimento; a sua construção como objecto/ produto cultural é também uma questão da ordem do saber; da ordem do livro e da ordem da cognição”.

³ RICHADÉAU, François. **Conception et production des manuels scolaires**: guide pratique. Paris: Unesco, 1979.

Na visão de Choppin (2004), os livros didáticos, seja em uma análise individual ou conjunta, possuem múltiplas funções. Destas, quatro são funções essenciais, que podem variar significativamente, de acordo com o ambiente sócio-cultural, a época, as disciplinas abordadas, os níveis de ensino para o qual foram escritos, os métodos e as formas de sua utilização. São elas:

- *Função referencial, curricular ou programática*: constituir o suporte principal dos conteúdos educacionais, conhecimentos, técnicas ou habilidades que o grupo social no qual se insere julga ser necessários às jovens gerações.

- *Função instrumental*: pôr em ação ou propor métodos de aprendizagem, exercícios ou atividades que visem a facilitar a aquisição de conhecimentos e competências disciplinares ou transversais, a apropriação de habilidades e métodos de análise e resolução de problemas, entre outros aprendizados.

- *Função ideológica e cultural*: aculturar ou, em alguns casos, doutrinar as novas gerações, seja de forma explícita, sistemática e ostensiva ou de forma dissimulada, implícita, sub-reptícia, mas ambas com a mesma eficiência. É a função mais antiga dos livros didáticos, tendo se constituído com o intuito de alfabetizar para converter ao protestantismo e se fortalecido a partir do século XIX, com a formação dos estados nacionais. É por esta função que o livro didático é considerado símbolo da soberania nacional, como a bandeira ou a moeda, e assume papel importante na política interna e externa.

- *Função documental*: fornecer subsídios documentais, sejam representações verbais ou visuais, cuja observação, análise ou confrontação possam, potencialmente, desenvolver o espírito crítico do aluno, sem que, no entanto, a leitura seja dirigida. Esta função é a mais recentemente encontrada nos livros didáticos e, para Choppin, só é encontrada em ambientes pedagógicos que dão atenção especial à iniciativa e à autonomia do pupilo, algo que exigiria, também, nível elevado de formação de professores.

1.4. Livro didático: história

Um dos primeiros a usar o meio impresso para fins didáticos foi Jan Amos Comenius (1592-1670), protestante tcheco chamado por Drucker (1997) “pai da escola moderna”. Comenius teria criado a cartilha e o livro-texto com o intuito de alfabetizar seus compatriotas e possibilitar o seu acesso direto às palavras da Bíblia. Para Comenius, o sistema de ensino poderia, metaforicamente, ser comparado ao funcionamento de uma tipografia, na qual o papel seriam os alunos; e os caracteres tipográficos, os livros e demais recursos didáticos, os quais deixavam marcas graças à tinta, ou, neste caso, à atuação do professor (GATTI, 1998).

No Brasil, os primeiros livros didáticos foram produzidos em 1810. Ao contrário de outros países, em que não se pode precisar uma data de surgimento do livro didático, no Brasil, a data de instalação da Imprensa Régia marca o início da publicação destas obras (BITTENCOURT, 1996). Durante o século XIX, houve algumas mudanças no perfil dos autores de livros didáticos. Inicialmente, os autores brasileiros tinham como principal meta organizar os cursos Secundários e Superiores, sendo poucas as obras voltadas ao ensino de “primeiras letras”. Por volta dos anos 1880, uma nova “geração”, envolvida com as transformações sociais e políticas da época, aderiu à causa da universalização do saber escolar, ampliando e reformulando o conceito de cidadania no Brasil e criando uma nova leva de livros que, sem abandonar os níveis mais elevados de ensino, também contemplava a escola elementar (BITTENCOURT, 2004b).

Estudos que avaliaram a produção de livros didáticos destinados ao Ensino Secundário escritos durante o século XIX (MORTIMER, 1988; VALENTE, 2000) entendem que havia um elevado grau de desorganização neste nível de ensino à época. A existência do Colégio Pedro II, do Rio de Janeiro, então capital do País, como colégio-modelo para os ginásios das províncias,

não foi capaz de impor uma única estrutura para o Secundário. Outra estrutura então existente era a dos chamados *exames preparatórios*, que garantiam o acesso ao Ensino Superior até mesmo àqueles que não haviam cursado um curso ginasial regular (MORTIMER, 1988). A integração destes perfis curriculares distintos só ocorreria, de maneira representativa, depois da chegada das grandes editoras de livros didáticos, notadamente a FTD/Francisco Alves e a H.Garnier. É o que Valente (2000) chama de “encontro da *pedagogia das escolas* com a dos *colégios*” (grifo do autor). É importante notar que as práticas escolares, sobretudo naquele século XIX, indicam variadas transgressões ao conteúdo dos livros didáticos, ou até uma utilização reduzida destes manuais (MAGALHÃES, 2006).

Trataremos, agora, em particular, dos livros didáticos de Química utilizados em nosso País, os quais eram, até a década de 1930, meramente compêndios de Química Geral. Não havia divisão por séries, já que não havia, também, um sistema de ensino com estrutura padrão, oficial. O Secundário era, em muitos casos, apenas um curso preparatório para ingresso no nível Superior. Por outro lado, tais obras encontravam-se, freqüentemente, atualizadas em relação ao conhecimento científico que estava sendo produzido naquela época; algo que, talvez pelo crescimento vertiginoso da produção de conhecimento científico no século XX, não mais se verifica nos livros (MORTIMER, 1988).

Depois de 1930, com a Reforma Francisco Campos, os livros de Química passaram a ser seriados, de acordo com o programa oficial. Foi nesta época que os livros passaram a trazer um número maior de ilustrações e esquemas, como modelos de estrutura atômica e instrumentos de laboratório, assim como incorporaram exercícios e problemas ao final da obra ou de cada capítulo (MORTIMER, 1988).

Em 1942, a Reforma Gustavo Capanema estabeleceu novos parâmetros para os programas dos livros didáticos. Os livros, nas décadas de 1940 e 1950, passaram a ser extremamente

homogêneos, muitas vezes retrocedendo, em termos de modernidade, na explicação e abordagem de certos conceitos. A atualização dos textos nesse período passou a ser vagarosa. Assim, ao fim da década de 1950, os livros didáticos de Química em nosso País estavam bastante desatualizados (MORTIMER, 1988). A situação, no entanto, também se verificava nos Estados Unidos, na mesma época (SUMMERS, 1960).

Após a implantação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), em 1961, a heterogeneidade dos livros de Química passou a predominar. Mortimer (1988) constatou que a variedade de abordagens entre os livros da década de 1960 é maior que a de qualquer outra época. Isto se deveria ao fato de a LDB não incorporar programas detalhados para cada disciplina. Sobre a apresentação gráfica, constata-se que os livros daquela década ainda tinham predominância de textos, enquanto ilustrações e títulos ocupavam espaço reduzido.

Mortimer (1988) ainda marca um último período, iniciado após 1970, com a lei 5692/71, e que pode ser considerado encerrado em 1996, com a implantação de uma nova LDB. Neste período, os livros tiveram o seu conteúdo simplificado, como resultado da redução da carga horária da disciplina de Química. Foi nessa época que surgiram as versões reduzidas dos livros didáticos para o Secundário – os “volumes únicos” –, com menos exemplos, explicações mais curtas, menos textos complementares, entre outras reduções. É também nesse período que algumas técnicas de apresentação gráfica, como títulos e conceitos em destaque e uma profusão de ilustrações, tabelas e outras formas de representações visuais ganharam força. Para Mortimer, tais induções gráficas dirigem a leitura do aluno. Este não precisa mais grifar as partes do texto que lhe são mais importantes: tudo já vem pronto, o que levaria a uma aprendizagem memorística.

Mortimer (1988) ainda destaca o crescimento brutal na quantidade de exercícios. Segundo ele, a década de 1970 foi marcada, para o ensino em geral, por uma mentalidade tecnicista,

segundo a qual a Educação poderia seguir um esquema comportamentalista, do tipo estímulo-resposta. Os concursos vestibulares da época eram baseados em questões objetivas, e isto acabou por “contaminar”, também, os livros didáticos de Química na época. Mesmo com a introdução de questões abertas nos vestibulares, durante a década de 1980, os livros permaneceram com o mesmo perfil da década anterior, exibindo um conteúdo voltado àqueles que pretendiam o ingresso no Ensino Superior e abandonando a visão de uma “Química para o cidadão”.

Os livros mantiveram o mesmo perfil no início da década de 1990, mas um novo período vem sendo delineado atualmente. Para Belmiro (2000), desde o fim da década de 1990, observam-se mudanças nas propostas de construção de projetos pedagógicos. Essas propostas seriam mais abrangentes, interdisciplinares, integradoras, holísticas, mas, certamente, é possível constatar que o paradigma mudou. O início do período atual pode ser situado em 1996, com a vigência da nova LDB e a publicação do Guia e do Catálogo de Livros Didáticos como etapa do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (Pnlem).

Como veremos nas seções posteriores, o Guia de Livros Didáticos representa o resultado da avaliação pedagógica dos livros didáticos, sendo elaborado pelo Ministério da Educação (MEC), inicialmente através do Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária (Cenpec) e, desde 2003, pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) em parceria com universidades públicas e com a Secretaria de Educação Média e Tecnológica (CENPEC, 2007). Livros que contêm erros conceituais ou indução a tais erros, preconceitos, discriminações ou falta de atualização são excluídos do Guia, ou seja, da lista de livros disponíveis para os professores fazerem as suas escolhas (FNDE, 2007a; BATISTA, 1997). Com isto, a questão ideológica, que, segundo Gatti (1998), era um componente significativo

sobre a produção do livro didático, já não prevalece. Alguns editores chegariam a afirmar que “os lucros advindos da venda deste tipo de livro sobrepõem-se a quaisquer questões ideológicas”.

Gatti (1998) também remete à idéia de Bourdieu, sobre a existência de uma diferença entre o capital financeiro e o capital simbólico. O primeiro visa ao retorno rápido, com o mínimo de riscos. O segundo, ao introduzir inovações e, portanto, correr riscos, visa a um retorno no médio ou longo prazo. Editoras também seriam, para Gatti, classificadas nestas duas categorias: na primeira, as grandes editoras e, na segunda, muitas das editoras de menor produção. Neste sentido, a consolidação de grupos de pesquisas em Ensino de Química pelo Brasil contribuiu significativamente com a composição de materiais didáticos que são publicados por editoras do segundo tipo. Um exemplo é o livro *Química e Sociedade*, do Projeto de Ensino de Química e Sociedade (Pequis), do Laboratório de Pesquisas em Ensino de Química (LPEQ), da Universidade de Brasília (UnB). O livro nasceu em 1998, com a criação do Programa de Avaliação Seriada (PAS) como forma de acesso a uma vaga na UnB. As mudanças no formato de avaliação dos alunos levaram o LPEQ a criar um material inovador. A princípio, o livro foi publicado pela Editora da UnB e, desde 2001, é publicado pela Editora Nova Geração (ACS-UnB, 2005). *Química e Sociedade* é considerado um livro inovador, que foge da organização tradicional de conteúdos, mas sem utilização freqüente nas escolas de nível Médio do País (DIB; MENDES; CARNEIRO, 2003; SEBATA; SANTOS; CARNEIRO, 2005). Para Taveira *et al.* (2005), o que dificulta a ampliação de uso de livros como este é a “postura dos professores, que, por estarem muito familiarizados com as práticas e livros tradicionais, se sentem inseguros com novas propostas.”

Além dos professores, muitas outras partes agem no processo de composição, distribuição e escolha dos livros didáticos. A menção destes agentes e os seus papéis neste processo são abordados na seção que segue.

1.5. Livro didático brasileiro: o peso do Estado e dos demais agentes

Em nosso sistema educacional, o livro didático ainda ocupa posição central no ensino de Ciências. Seja por causa ou por consequência disso, o poder público investe quantias significativas na avaliação, na aquisição e na distribuição de livros didáticos às escolas públicas (CARNEIRO, 1997; GATTI, 1998).

O livro didático está comumente associado ao poder instituído. Igreja e Estado brasileiro produziram e efetivaram diversos projetos educacionais ao longo do século XIX (BITTENCOURT, 1993). No entanto, foi apenas em 1931, ao organizar o sistema de ensino com programas e diretrizes comuns a todo o País, que o Estado passou também a estabelecer, de forma inequívoca, o programa oficial que deveria nortear a escolha de conteúdos dos livros didáticos aqui utilizados. Há exceções, como nos últimos anos e por um breve período na década de 1960 (MORTIMER, 1988), em que o controle se fez menos rígido e os conteúdos puderam variar.

Assim, sendo o Estado, hoje, o maior comprador da produção das editoras, ele interfere na produção didática (BITTENCOURT, 1996). No Brasil, a produção de livros didáticos equivalia a dois terços de toda a produção bibliográfica nacional do início do século XX, representando, ainda em 1993, cerca de 60% da produção brasileira de livros, entre didáticos e paradidáticos (GATTI, 1998; CHOPPIN, 2004). Nos Estados Unidos, por exemplo, tal proporção é de “apenas” 25%, em termos da movimentação financeira (GATTI, 1998). Esta diferença talvez possa ser atribuída à realidade de o livro custar muito mais no Brasil que nos Estados Unidos, em comparação com a renda média da população, além, é claro, do fato de que o Estado brasileiro

tem presença muito mais marcante como comprador de livros que o seu congênere norte-americano.

O ano de 1929 marca o início dessa forte presença. Foi nesse ano que o Governo Federal criou um órgão específico para elaborar políticas para o livro didático: o Instituto Nacional do Livro (INL) (FNDE, 2007a). Em fins da década de 1930, durante o Estado Novo de Getúlio Vargas, uma Comissão Nacional de Livros Didáticos foi criada com o intuito de analisar e selecionar os livros didáticos, colocando-se o Estado como censor e restringindo-se as escolhas dos professores (CARNEIRO, 1997; MIRANDA; de LUCA, 2004). Em 1945, com o Decreto-Lei 8460, o Estado consolidou a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático (CARNEIRO, 1997; FNDE, 2007a).

Durante o regime militar, a política do Estado em relação ao livro didático foi alterada em três momentos – em 1966, com a criação da Comissão do Livro Técnico e Livro Didático (Colted) e a primeira iniciativa de distribuição gratuita de livros didáticos; em 1971, com a co-edição de livros com as editoras nacionais e com o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef) substituindo o Colted; e, em 1976, com a assunção, pelo governo federal, da compra de grande parcela dos livros, a extinção do INL e a criação da Fundação Nacional do Material Escolar (Fename) em seu lugar. No entanto, todas as alterações foram marcadas pela censura e pela inexistência de liberdades democráticas (FNDE, 2007a; MIRANDA; de LUCA, 2004).

Por outro lado, este período foi marcado por uma ampliação crescente do número de alunos nas escolas. Esta universalização da educação levou a uma alteração significativa na qualidade do ensino nas escolas públicas, algo que persiste como o maior desafio do gestor público da Educação no Brasil (MIRANDA; de LUCA, 2004; GATTI, 1998). Foi também esta universalização que, por meio de incentivos fiscais concedidos a editoras e gráficas para que

conseguissem atender à demanda por estas obras, levou a uma associação entre os agentes culturais privados e o Estado autoritário que transcendeu os interesses econômicos e passou à esfera político-ideológica. Esta associação deixou marcas no conteúdo dos livros didáticos, “sobretudo pela perspectiva de civismo presente na grande maioria das obras, bem como pelo estímulo a uma determinada forma de conduta do indivíduo na esfera coletiva.” (MIRANDA; de LUCA, 2004) Já para Gatti, a distribuição de livros “tornou-se um paliativo extremamente útil para os problemas da Educação nacional”, uma vez que agrada às editoras, garante divulgação positiva na imprensa, facilita negociações e promove políticos, simultaneamente.

No início da década de 1980, com a perspectiva da retomada da democracia, extinguiu-se a Fename e criou-se a Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), órgão que incorporou também o Plidef. Embora sem muito empenho, a FAE iniciou discussões para solucionar problemas presentes nos livros distribuídos por ela, para ampliar o programa a todas as séries do atual Ensino Fundamental e para incluir os professores como agentes na escolha dos livros (FNDE, 2007a; MIRANDA; de LUCA, 2004).

Em 1985, o Plidef foi substituído pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o que é considerado um marco na política do livro didático. O PNLD introduziu mudanças significativas, como a participação dos professores na escolha dos livros, a reutilização dos livros e a adoção progressiva pelas distintas disciplinas que compunham o currículo escolar da época. Em 1997, a FAE foi extinta e o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) assumiu as tarefas de execução do PNLD. Miranda e de Luca (2004) destacam que “a segmentação formal entre o MEC [Ministério da Educação] – instância de planejamento e normatização do programa – e o FNDE – braço administrativo e executor das ações que envolvem o processo de escolha, compra e distribuição das obras” leva, ainda hoje, a problemas

envolvendo atrasos e incongruências nas diversas etapas desse processo, sobre o qual trataremos a seguir.

No início da década de 1990, restrições orçamentárias comprometeram a universalização da distribuição dos livros, limitando o atendimento apenas até a 4ª série do Ensino Fundamental. Em 1996, com o início do PNLD de 1997, o programa tomou a forma que mantém, com poucas alterações, até hoje. Foi no PNLD/1997 que se deu início à avaliação pedagógica dos livros didáticos. Pela primeira vez, os livros que continham erros conceituais graves ou indução a tais erros, preconceitos, discriminações, ou que estivessem desatualizados eram excluídos do Catálogo do Livro Didático, e, portanto, da possível seleção destes livros pelos professores. Este processo de exclusão foi marcado por críticas e tensões, por conta do conflito de interesses entre as partes (FNDE, 2007a; MIRANDA; de LUCA, 2004; BATISTA, 1997).

Em 2004, iniciou-se a implantação do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (Pnlem), que pretende distribuir livros didáticos para alunos do Ensino Médio público de todo o Brasil. Experimentalmente, o Pnlem atendeu a 1,3 milhão de alunos da primeira série do Ensino Médio nas escolas das regiões Norte e Nordeste, que receberam livros das disciplinas de português e de matemática (FNDE, 2007b). O processo de inscrição, avaliação, escolha, aquisição e entrega do livro do Pnlem é detalhado no Anexo A (BRASIL, 2003).

Há, no entanto, críticas a esta política distributiva. A principal delas é a de que o Estado se limita à entrega gratuita do material didático sem, no entanto, se preocupar com os problemas centrais do sistema educacional de nosso País (GATTI, 1998).

Além do governo, há outros atores no processo de composição do livro didático. Não podemos ignorar o grande mercado de livros didáticos vendidos para uso nas escolas particulares (CARNEIRO, 1997), mas que, em linhas gerais, não difere significativamente da demanda governamental.

Macedo (2004), remetendo à função ideológica do livro didático, afirma que “[os] livros didáticos não são objetivos ou factuais, mas produtos culturais que devem ser entendidos como o resultado complexo de interações mediadas por questões econômicas, sociais e culturais.” Ou seja, os livros didáticos expressam, materialmente, conflitos entre grupos sociais para tornar hegemônicas e/ou permanentes suas posições. Esta existência do livro como produto cultural é resultado de uma série de pressões, das mais diversas frequências e intensidades.

Uma das mais fortes pressões sobre o livro didático é, sem dúvida, a questão econômica. O livro didático é mercadoria e, portanto, visa ao lucro (BITTENCOURT, 1996). Neste sentido, o livro didático muda rapidamente, de acordo com a “moda” didática ou com as mudanças curriculares, para que este recurso pedagógico, entendido pelas editoras como um produto, continue a ser aceito pelo mercado.

O editor tem importância destacada na composição do livro, dado que é ele, ou através dele, que se definem as características do livro didático (BITTENCOURT, 1996). O editor, por melhores que sejam as suas intenções, não pode deixar de visar ao mercado (GATTI, 1998). Já o autor tem um papel ambíguo em relação a seus direitos e responsabilidades. O livro oferece retornos financeiros consideráveis para editores e autores, o que implica envolvimento complexo e tenso (BITTENCOURT, 2004b; GATTI, 1998). Para Höfling (2000), é impossível supor que os editores não influenciem nos rumos dos programas de distribuição de livros do Estado, já que o Ministério da Educação não produz obras didáticas, e o número de editores que participam desse processo de seleção com peso significativo é reduzidíssimo. Em 1994, por exemplo, cerca de 90% do total de recursos públicos para compra e distribuição de livros didáticos foi alocado para um grupo de menos de 20% do total de editoras inscritas no programa.

Os livros didáticos são obras que também visam a satisfazer os desejos dos professores. Bittencourt (1996) sugere que livros didáticos que pensam mais no aluno que no professor podem

não favorecer as vendas e, por isso, não seriam escritos e/ou publicados. Neste contexto, o professor seria o referencial das editoras na confecção do livro didático, uma vez que, seja nas escolhas do PNLD/Pnlem, seja na escola particular, é ele quem dá a palavra final sobre o livro a ser adotado. Assim, os alunos seriam a parte mais frágil do processo de escolha de livros. Gatti (1998) ainda acrescenta que os alunos “convivem com professores limitados em sua capacidade profissional e pagam caro por um material didático que tem sua qualidade constantemente questionada”.

Na próxima seção, abordaremos os focos temáticos e algumas direções de investigação presentes em pesquisas que se propõem a analisar o livro didático, com o objetivo de situar a nossa própria pesquisa dentro deste universo.

1.6. Análises do livro didático

Nas últimas décadas, o livro didático brasileiro vem se tornando objeto de vários estudos, sendo, atualmente, área de pesquisa de produção considerável (CARNEIRO, 1997; BITTENCOURT, 2004a; LOPES, 1993). Levantamentos bibliográficos indicam uma predominância de estudos de análise científica dos conteúdos dos livros escolares, marcada por duas grandes tendências. Se, nos trabalhos sobre livros didáticos das disciplinas de Humanidades, o privilégio é para a denúncia do caráter ideológico e cultural dos textos, sobre os livros de Ciências, são expressivos os trabalhos que destacam problemas metodológicos e erros conceituais, ou seja, que analisam o conteúdo dos livros didáticos segundo uma perspectiva epistemológica ou propriamente didática (BITTENCOURT, 2004a; CHOPPIN, 2004; LOPES, 1993). Nos últimos anos, verifica-se uma maior diversidade de abordagens. Juntamente com as

análises de conteúdo, há estudos que tratam das relações entre as políticas públicas e a produção didática, ou das formas de uso do livro didático na sala de aula, ou do grau de dificuldade dos métodos de comunicação utilizados nesses livros, embora ainda sejam pouco numerosos estes estudos (CARNEIRO, 1997).

A análise do livro didático é representativa e pode apontar muitas informações sobre todo o sistema de educação, já que este instrumento pedagógico tem papel central na cultura escolar. Mortimer (1988) identificou que, entre 57 professores de Química do Ensino Médio consultados por amostragem, 55 faziam uso de livros didáticos. Lopes (1993) e Gatti (1998) destacam que, mesmo que alguns professores não utilizem livros didáticos em sala de aula, eles os consultam para se orientar sobre o que ensinar e como ensinar, ou seja, o livro didático molda o conteúdo escolar. Desta forma, para Lopes, “a análise dos livros didáticos brasileiros tende a ser a própria análise do conteúdo de Química ensinado no País.” Macedo (2004) lembra que a associação entre currículo e livro didático é comum na literatura, além de contar com estudos empíricos que lhe fundamentam. Este vínculo é tão forte que justifica que políticas públicas dêem atenção exclusiva a este instrumento educacional e cultural. Para Albuquerque⁴ (2003, *apud* LEMOS, 2006), questionar os livros didáticos é questionar o próprio ensino que neles está cristalizado. Gatti (1998) lembra que, nos Estados Unidos, estudos apontam que 75% do tempo de trabalho em sala de aula e 90% do tempo dedicado às atividades de estudo em casa são ancorados no livro didático, taxas que, supõe-se, não devam ser muito diferentes no Brasil.

Outros autores que já tiveram como objeto de pesquisa o livro didático indicam direções inevitáveis para essa investigação. Para Guedes (1993), o livro didático tem o papel de facilitar o

⁴ ALBUQUERQUE, Eliana Borges Correia de. O discurso dos professores sobre a utilização do livro didático: o que eles afirmam/negam em relação a este material? In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 26., 2003, Poços de Caldas. *Anais...*, Poços de Caldas, MG: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 2003.

desenvolvimento do raciocínio e, por esta razão, pesquisas que se proponham a analisar o seu conteúdo devem fazê-lo em termos das representações – em nosso caso, das representações do discurso científico – que o autor da obra reproduz. O mesmo autor destaca que, na análise de livros didáticos, faz-se mister conhecer sua abordagem, seu enfoque característico e, desta forma, avaliar qual é sua contribuição na constituição de um pensamento crítico em relação às funções da Ciência na sociedade contemporânea.

São variadas as conclusões de autores acerca do conteúdo do livro didático. Para Babikian⁵ (1975 *apud* GUEDES, 1993), um livro didático não respeita a forma como o conhecimento científico é produzido ao permitir que um pupilo desenvolva a crença de que a Ciência tem resposta para tudo, ou de que pode vir a ter estas respostas. Loguercio, Samrsla e Del Pino (2001) verificaram que o principal interesse dos professores é ver se os livros possuem bastantes exercícios que visem ao vestibular e referências ao cotidiano, o que leva à conclusão de que “o conhecimento químico presente nesses livros é tido como certo, definitivo e inquestionável”, o que é preocupante. Guedes (1993) cita diversos autores que chegaram à conclusão de que o professor é o agente responsável por estabelecer condições de uso adequado e eficaz do material didático, para que este realmente cumpra a sua função didática. De Silveira (2003), extraímos mais um ponto de vista:

Chamamos de “conteudista” o fato de os livros ou apostilas se prenderem a uma enorme quantidade de conteúdos e detalhes que mereceriam uma discussão mais profunda sobre sua real necessidade para a formação básica em química. O ensino de química nesses moldes acaba por tornar-se repleto de memorizações de fórmulas, equações, cálculos, regras, classificações, nomenclaturas e conceitos. Não estamos afirmando ser desnecessária a aprendizagem destes, mas que é preciso promover uma discussão mais racional e menos comercial envolvendo as tomadas de decisões em relação a estas escolhas (p. 14).

⁵ BABIKIAN, Elijah. An aberrated image of science in elementary school science textbooks. **School Science and Mathematics**, v. 74, n. 4, p. 309-314, 1975.

Sobre as representações visuais em livros didáticos, muitos autores também dão a sua opinião. Para Giordan (1990), atualmente, com as histórias em quadrinhos, o desenvolvimento de recursos audiovisuais e de novas formas de representações visuais, estas representações ocupam entre um terço e a metade das páginas dos livros didáticos. Gatti (1998) concorda, acrescentando que, também nas revistas não-acadêmicas, “o texto escrito quase desapareceu, dando lugar a uma enxurrada de fotografias e ilustrações que apontam para a formação de uma ‘civilização da imagem’, pobre em capacidade de verbalização e com conseqüências ainda difíceis de serem medidas”.

Giordan (1990) aponta ainda que materiais de divulgação para crianças e livros ligados a movimentos de inovações pedagógicas também seguem esta tendência, transformando os manuais escolares em uma sucessão de imagens. Lins⁶ (1977 *apud* LAURIA, 2004) chama de “Disney pedagógica” a profusão de gráficos. Nos livros didáticos brasileiros de Química para o Ensino Médio, não é diferente. Mortimer (1988) calculou que as ilustrações tomam entre 31% e 44% do espaço impresso desses livros.

Este excesso de ilustrações pode ter relação com uma supervalorização dessas ilustrações, por parte dos professores, no momento da seleção dos livros didáticos. Pesquisa de Loguercio, Samrsl e Del Pino (2001) aponta que 100% dos professores instados a opinar sobre aspectos gráficos responderam às questões propostas, enquanto o mesmo não aconteceu quando os mesmos professores foram solicitados a avaliar a existência de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996) nas mesmas obras. Em média, um terço dos professores simplesmente não respondeu a essas questões, enquanto os demais se dividiram a respeito da presença ou não de tais obstáculos. Giordan (1990) sugere haver uma idéia intuitiva de que as imagens facilitam a

⁶ LINS, Osman. **Do ideal e da glória**: problemas inculturais brasileiros. São Paulo: Summus, 1977.

compreensão e a aprendizagem de conceitos, sintetizada no dito popular de que “uma imagem vale mais que mil palavras”.

Por outro lado, estes professores que sobrevaloram as representações visuais raramente fazem uso das imagens contidas nesses livros. Isto sugere haver uma incoerência entre discurso e prática (CARNEIRO, 1997). Outras interpretações possíveis para o fato são as de que boa parte dos professores considera que as imagens falem por si, ou que não sejam polissêmicas – que tenham apenas uma única interpretação possível (SILVA *et al.*, 2006). De acordo com as conclusões desta última pesquisa, estes professores se surpreendem ao perceber que a interpretação que fizeram de uma certa imagem era diferente da interpretação dos demais professores que também foram solicitados a apresentá-la.

Para Mortimer (1988), como já citado anteriormente, o uso de certos recursos gráficos dirige a leitura do aluno. Este não precisa mais fazer anotações ou grifar as partes do texto que lhe são mais importantes, pois as partes principais, títulos e definições conceituais já vêm em destaque, o que leva a uma aprendizagem memorística. Lauria (2004) complementa, lembrando que, com a implantação do PNLD e do Pnlem, o aluno da rede pública não pode fazer marcas ou escrever no livro didático, já que este deve ser reutilizado por outros alunos. Desta forma, a diagramação padrão sempre prevalece.

Belmiro (2000), sem tomar como negativo o excesso de ilustrações, destaca ser recorrentes certas situações de uso das imagens em livros didáticos, o que evidenciaria alguns pontos de sua contextualização sócio-histórica, em meio às políticas educacionais. São exemplos os usos:

- como indicador do processo de “modernização” pelo qual passa esse suporte didático;
- como meio de levar para a sala de aula linguagens renovadas que são comuns ao cotidiano das populações;

- como reflexo didático-metodológico de um ponto de vista sobre como devem ser as relações ensino-aprendizagem.

Nas próximas seções, trataremos com mais detalhes sobre as representações visuais, entre as quais as imagens e os gráficos estão incluídos.

1.7. Representações visuais

O uso de imagens como meio para facilitar a comunicação não é um fenômeno recente. Desde a Antigüidade, egípcios e babilônios já ilustravam os seus manuscritos com a intenção de tornar mais imediata a transmissão e a conceituação de suas idéias. A partir do Renascimento, o emprego de imagens ao lado de textos escritos foi ampliado (GIORDAN, 1990).

Tais representações visuais não apenas servem para ilustrar: estão integradas à própria produção literária. A partir do século XVII, com o crescimento da Ciência e o surgimento de uma literatura escolar, a iconicidade surge como solução apropriada para reapresentar, ou para traduzir, o discurso de especialistas e torná-lo acessível ao grande público. A maior parte do que se apresenta nessa literatura parece mais voltado a ser visto que a ser lido (GIORDAN, 1990). Atualmente, a relação entre as representações visuais e as representações verbais na Ciência é vista de modo mais amplo, sendo entendida não apenas como facilitadora mas, principalmente, como multiplicadora de significados (LEMKE, 1998).

Aqui se nota com intensidade o conceito de recontextualização, apresentado na seção 1.2. Por um longo tempo, as representações visuais foram tidas apenas como uma outra forma de apresentar o conhecimento científico. No entanto, pesquisadores como Lemke, baseados nos trabalhos da Semiótica Social (KRESS; van LEEUWEN, 1996) sugerem haver um campo quase

inexplorado: o campo que estuda os significados criados não pelas representações verbais ou pelas representações visuais *per se*, mas pelos significados criados pela combinação destas representações, assim como pela recontextualização destas representações em um ambiente social e dinâmico.

Um obstáculo epistemológico pode vir ao cabo de uma recontextualização. Da mesma forma que uma palavra, em uma mesma época, pode expressar conceitos diferentes (BACHELARD, 1996), representação visual e representação verbal, que, para o grupo que domina a linguagem da Ciência, concordam, podem, pelo ponto de vista dos alunos que ainda não dominam o discurso científico, ser consideradas opostas.

Lemke (1998) relaciona os tipos de representações pelas quais a Natureza é apresentada com dois grupos de dimensões do significado: as dimensões *tipológicas* e as dimensões *topológicas*. As primeiras estariam relacionadas à linguagem, sendo adequadamente representadas verbalmente. As segundas, das quais são exemplos as expressões de graus, quantidades, mudanças contínuas, razões não-inteiras, proporções variáveis, relações não-lineares, relações de conexão ou proximidade, seriam mais bem expressas pelas demais representações, embora, ainda que pobremente, possam ser expressas por representações verbais.

As representações visuais constituem a forma de representação dos fenômenos naturais mais comumente utilizadas em meios escritos ou impressos, como artigos científicos, anais de congressos científicos, livros didáticos ou tratados avançados em geral (LEMKE, 1998). Exemplos de representações visuais são: fotografias, gráficos, tabelas, ilustrações, figuras esquemáticas, mapas, reproduções artísticas, diagramas (LEMKE, 1998; POZZER; ROTH, 2003). Destas diversas formas de representações visuais, optamos por examinar mais detalhadamente, neste trabalho, os gráficos cartesianos, os quais serão abordados na seção a seguir.

1.8. Gráficos: definições

Os gráficos desempenham um papel fundamental na Ciência. Frequentemente, as inscrições são registradas em gráficos e, posteriormente, são analisadas; neste trabalho, de forma metonímica⁷, algumas vezes usamos a palavra *inscrição* no lugar de *gráfico*. Este uso tão arraigado de tais representações visuais em nossa sociedade de alta tecnologia é perceptível quando vemos as análises de dados tão fortemente associadas a uma grande confiança nos gráficos (FRIEL; CURCIO; BRIGHT, 2001) como recursos indispensáveis para essa análise. Os gráficos também fazem parte do ensino de Ciências. Assim sendo, a instrução de estudantes de Ciências para uma adequada compreensão e interpretação de gráficos não pode inexistir.

As definições sobre o que é um gráfico são muito diversas. Uma definição genérica, sugerida por Fry⁸ (1984 *apud* FRIEL; CURCIO; BRIGHT, 2001), é a de que um gráfico é uma forma de informação transmitida por meio da localização de pontos, linhas ou áreas em uma superfície bidimensional. Esta definição exclui, portanto, a possibilidade de a informação ser transmitida por palavras ou por números, como em uma tabela.

Componentes comuns à grande maioria dos gráficos são: a *estrutura*, o que inclui os eixos, as escalas, as grades, as marcas referenciais, entre outros elementos; os *especificadores*, como as barras de um gráfico de barras, ou as linhas de um gráfico de linhas; as *legendas*; e o *fundo*, que pode ser colorido, ou trazer alguma fotografia (FRIEL; CURCIO; BRIGHT, 2001).

Os gráficos têm um nível de abstração relativamente elevado, sendo considerados mais abstratos que as fotografias, os desenhos naturalísticos, os mapas e os diagramas, mas menos

⁷ A metonímia, segundo a Retórica, é a alteração do sentido natural das palavras, tomando-lhe-as no lugar de outras que estão relacionadas a elas no contexto.

⁸ FRY, Edward. **A theory of graphs for reading comprehension and writing communication**. New Brunswick, NJ: Rutgers University, 1984.

abstratos que as equações (POZZER; ROTH, 2003). Os gráficos são, no entanto, representações mais próximas das figuras que dos textos, por serem, tanto gráficos quanto figuras, representações do mesmo tipo: visuais. Notadamente, gráficos que não representam diretamente dados, mas apenas relações conceituais – como curvas de funções matemáticas, por exemplo –, chamados *gráficos abstratos* por Lemke (1998), seriam ainda mais próximos a figuras, ante *gráficos de dados* ou inscrições – como gráficos de dispersão, por exemplo.

Alguns tipos de dispositivos gráficos são mais comumente encontrados que outros. Segue uma lista das principais categorias de representações gráficas (GILLESPIE, 1993):

a) Dispositivos gráficos sequenciais: representações visuais que pressupõem uma seqüência, seja esta cronológica ou ordinal. Fluxogramas (Figura 1), linhas de tempo, diagramas de processos e diagramas organizacionais são alguns exemplos.

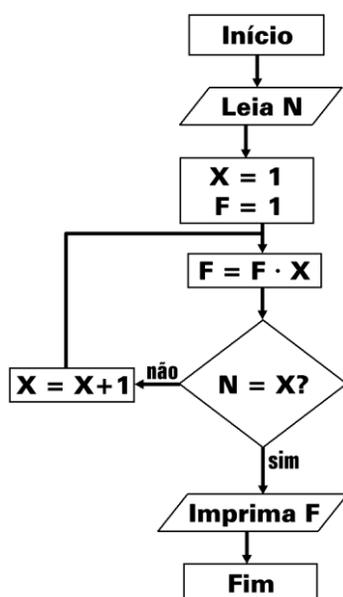


Figura 1 – Exemplo fictício de fluxograma

b) Dispositivos gráficos quantitativos: representam, como o próprio nome diz, quantidades. Exemplos são: gráficos de linhas e números, gráficos de barras, pictogramas, histogramas e gráficos circulares. Por ser esta a categoria que abriga as representações gráficas

que constituem nosso objeto de estudo, os exemplos destes dispositivos serão ilustrados mais adiante.

c) Mapas: representam localizações espaciais, incluindo ou não outras informações sequenciais, quantitativas ou qualitativas. São exemplos: mapas políticos, mapas físicos, mapas com fins especiais (Figura 2).

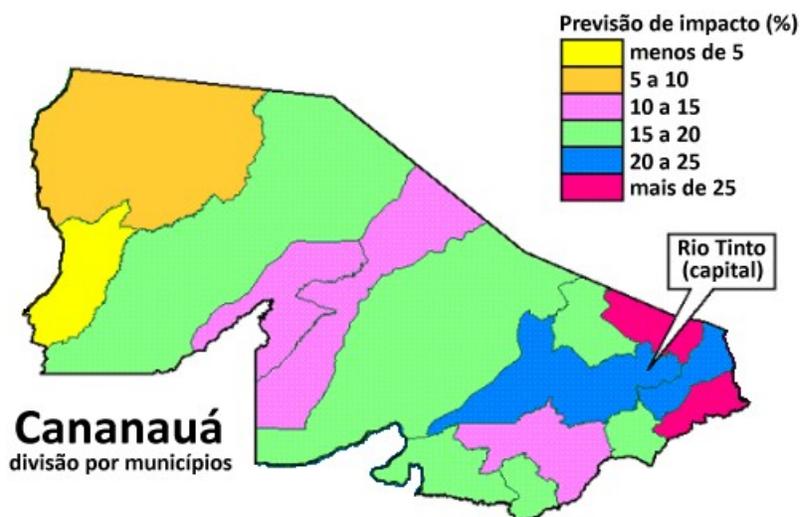


Figura 2 – Exemplo fictício de mapa

d) Diagramas: representam objetos e relações dimensionais entre eles. Desenhos em corte (Figura 3), desenhos técnicos e industriais são alguns exemplos.

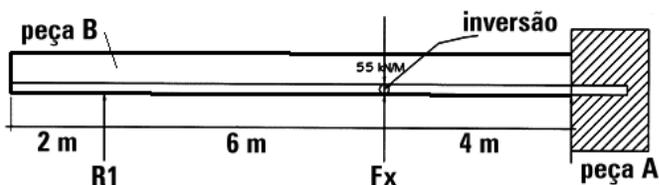


Figura 3 – Exemplo fictício de diagrama

e) Tabelas e quadros: matrizes de linhas por colunas.

As categorias *b*, *c* e *e* constituem os tipos de dispositivos gráficos mais encontrados em livros didáticos (GILLESPIE, 1993). Em nossa análise, e de acordo com outros autores já citados,

não consideramos tabelas, quadros, diagramas, mapas e fluxogramas, ou seja, as categorias *a*, *c*, *d* e *e* descritas anteriormente, como tipos de gráficos, mas como categorias distintas de representações visuais. Entre os dispositivos gráficos quantitativos considerados, estão (DECOKER; ERICKSON, 2001):

a) Gráficos de barras: as barras dos gráficos de barras são encontradas em duas formas principais: na representação simbólica de uma certa grandeza ou na correspondência numérica explícita. Exemplo é o Gráfico 1 a seguir. Gráficos de barras podem ser ligeiramente mais complexos, usando símbolos para representar unidades diferentes, ou mostrando pilhas de barras, as quais, somadas, totalizam 100%, em uma variante do gráfico circular.

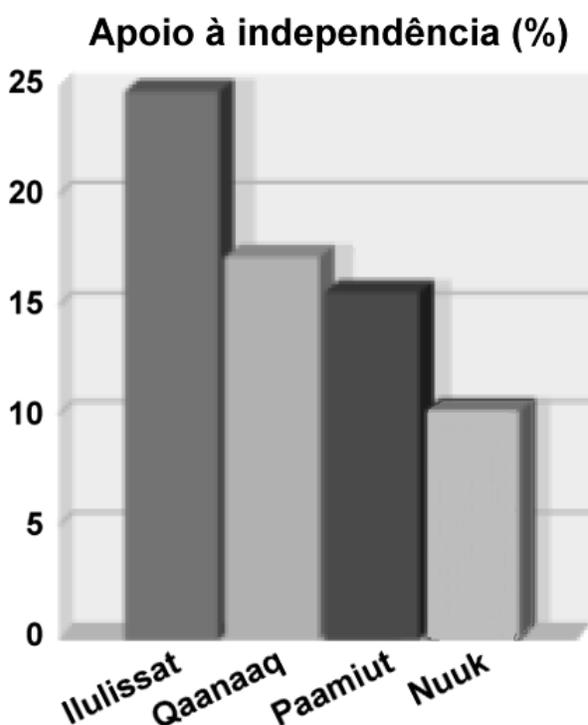


Gráfico 1 – Exemplo fictício de gráfico de barras

b) Gráficos de linhas: gráficos de linhas são mais abstratos, por natureza. Representam dados por meio de pontos, os quais são ligados por linhas, freqüentemente linhas retas. São mais usados para representar séries temporais, como o Gráfico 2, ou para representar distâncias.

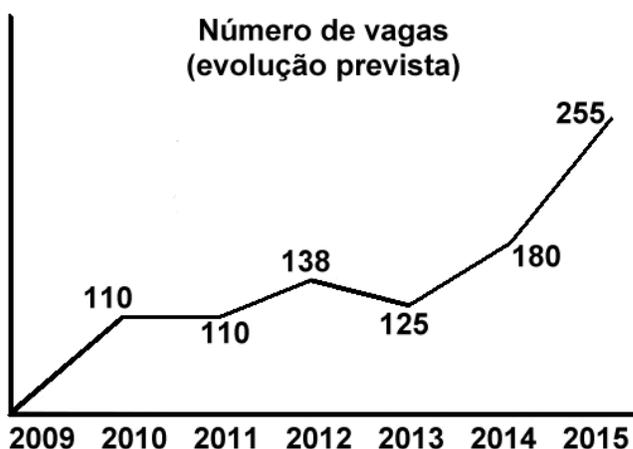


Gráfico 2 – Exemplo fictício de gráfico de linhas

c) Gráficos circulares: Estes gráficos, também conhecidos como *gráficos de pizzas*, pretendem mostrar claramente a proporção da parte em relação ao todo, como o Gráfico 3. Não costumam ter graus de complexidade elevados, sendo um exemplo de gráfico circular que exige raciocínio mais elaborado, abstrato, aquele que traz, em seu centro oco, a quantidade total em valores absolutos, enquanto as fatias apontam apenas as taxas percentuais. Logo, os valores absolutos das frações, se desejados, devem ser calculados por multiplicação da porcentagem pelo total.

Estratificação das linhas



Gráfico 3 – Exemplo fictício de gráfico circular

De todos os dispositivos gráficos mais usados na exposição de informação quantitativa, os tipos mais conhecidos são, de fato, os gráficos circulares, os de linha e os de barras.

Os gráficos 1 e 3 apresentados anteriormente são considerados, essencialmente, unidimensionais (1D), ou, pelo menos, equivalentes à forma 1D. O gráfico de linhas, como o Gráfico 2, Friendly e Denis (2005) sugerem chamar de “gráfico 1,5D”, onde o 0,5 adicional é uma dimensão temporal, ou de categoria, ou é uma segunda dimensão diferente, mas relacionada diretamente – talvez por uma função matemática – à outra dimensão.

São gráficos tidos como bidimensionais verdadeiros (2D) os gráficos cujas dimensões são, *a priori*, independentes entre si. Este tipo de gráfico é considerado mais sofisticado, embora, por outro lado, contenha, potencialmente e proporcionalmente, mais informações que um gráfico 1D. Gráficos que possuem uma dimensão temporal não são considerados 2D porque a simples passagem do tempo, em geral, não é uma boa variável explicativa (TUFTE, 2001). Há exceções ocasionais, especialmente quando há um mecanismo claro que faz variar as quantidades no eixo dependente, o eixo vertical. Um exemplo é a análise da quantidade mensal de correspondência enviada por deputados e senadores ao longo do tempo, como pode ser visto no Gráfico 4. É a aproximação da data de eleições, um aspecto efetivamente temporal, sazonal, que faz com que essa quantidade aumente. Desta forma, o Gráfico 4 é um exemplo de gráfico 2D com dimensão temporal.

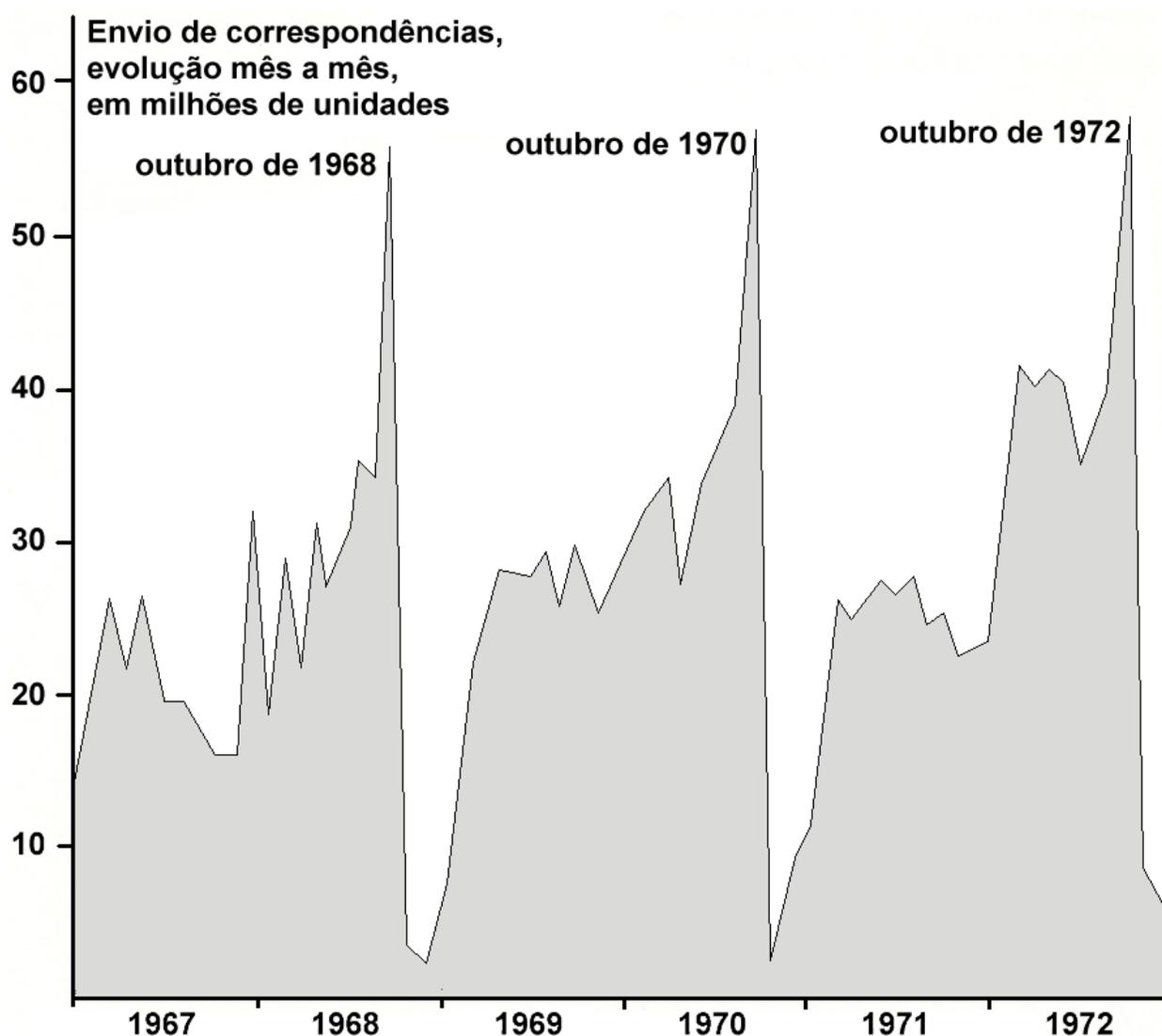


Gráfico 4 – Exemplo de gráfico 2D temporal. Reprodução traduzida de Tufte (2001)

A apresentação de dados experimentais sob a forma de gráficos tem diversas vantagens em relação a outras formas de apresentação. Os gráficos modernos fazem mais que simplesmente substituir pequenas tabelas de dados. Quando utilizados corretamente, e com todo o seu potencial, os gráficos são instrumentos para a tomada de decisões sobre informações quantitativas. Frequentemente, o modo mais eficaz de descrever, sintetizar e explorar um certo conjunto de números é dispô-los sob a forma gráfica (TUFTE, 2001). Esta eficácia pode ser interpretada como “capacidade de análise e divulgação” de tais dados.

Existem situações em que apenas a análise de gráficos nos permite chegar a uma certa conclusão desejada. O maior trunfo dos gráficos reside na clareza e na concisão com que expressa a informação contida em tabelas. Para um cientista, um gráfico provê uma confirmação aproximada e rápida da exatidão ou da conveniência dos processos utilizados em um experimento. Para um leitor de artigos científicos, a leitura de gráficos impressos permite chegar a conclusões quase imediatamente, em lugar de perder vários minutos ou horas de estudo cuidadoso para obter as mesmas conclusões a partir de uma tabela de medidas associada àquele gráfico (TILLING, 1975).

No entanto, uma opinião muito disseminada é a de que os gráficos são criados apenas para o deleite dos leitores menos sofisticados, ou seja, a de que os gráficos servem para entreter àqueles que acham a leitura muito aborrecida ou difícil (TUFTE, 2001). Isto faz com que certos profissionais, como jornalistas ou especialistas em infográficos de órgãos de imprensa, forcem gráficos 2D, como os gráficos de dispersão (*scatterplots*), a variar em uma única direção, como os gráficos 5 e 6 ilustrados a seguir. No Gráfico 5, em lugar de um gráfico de dispersão 2D que correlacione as grandezas ‘Impostos como percentual do Produto Interno Bruto’ e ‘Taxa de crescimento econômico’ em seus eixos O_x e O_y , temos um gráfico “forçado” a ser de barras. No Gráfico 6, as porcentagens deveriam, de forma mais apropriada, ser dispostas como eixos de um gráfico de dispersão 2D, para que se pudesse fazer inferências sobre relações entre as grandezas de modo imediato; em outras palavras, para que se pudesse saber qual a relação, aparentemente inversamente proporcional, entre ‘Porcentagem de eleitores democratas que dizem que sua situação financeira é pior que há um ano’ e ‘Porcentagem dos votos nas primárias democratas recebidos por Carter’. Os gráficos 7 e 8 reproduzem os dados dos gráficos 5 e 6, mas os dispõem sob a forma de gráficos de dispersão.

COMPARATIVO ENTRE CARGA TRIBUTÁRIA E CRESCIMENTO ECONÔMICO NOS QUINZE MAIORES PAÍSES DA OCDE

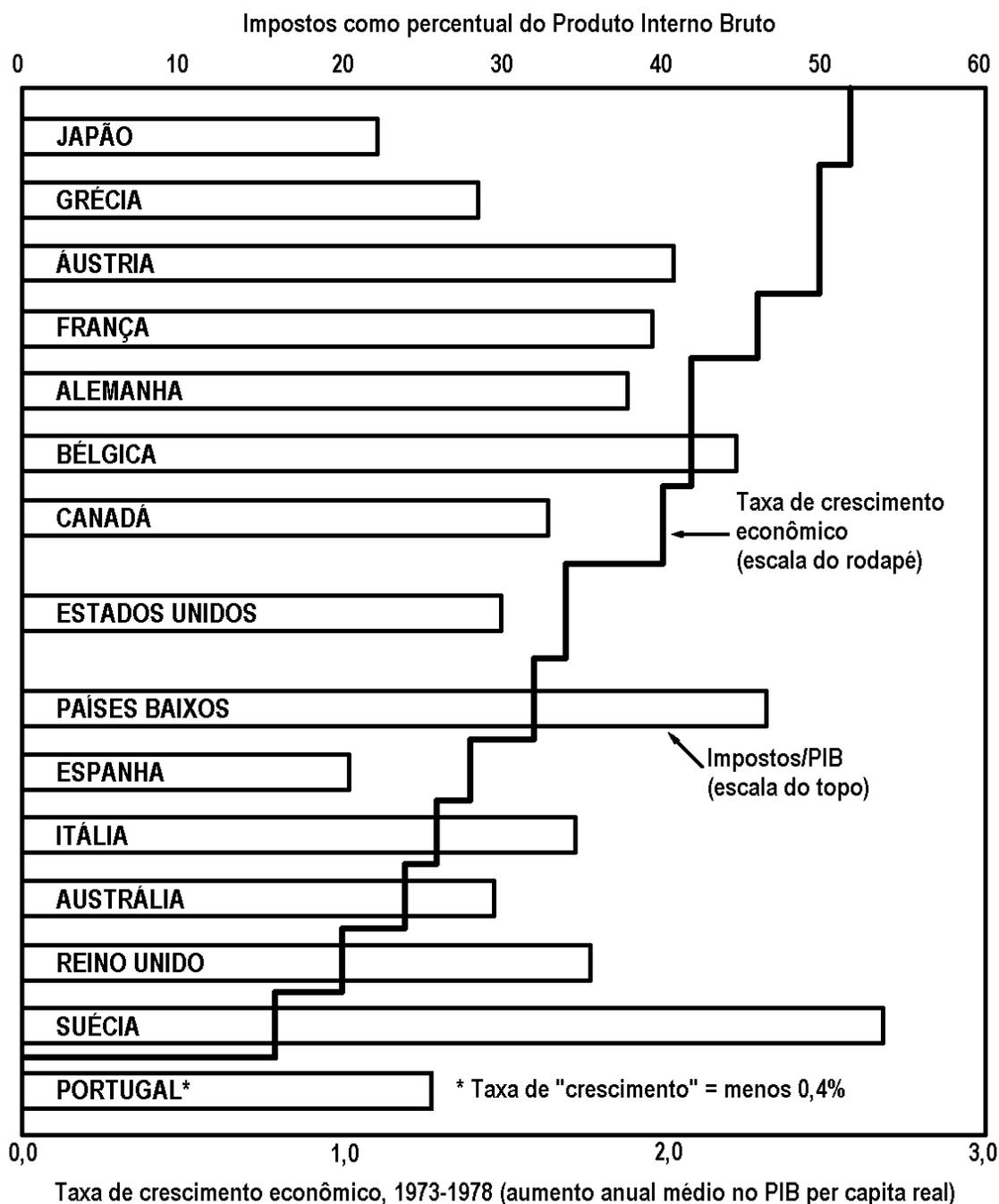


Gráfico 5 – Exemplo de gráfico 2D “forçado” a ser 1D. Reprodução traduzida de Tufte (2001)

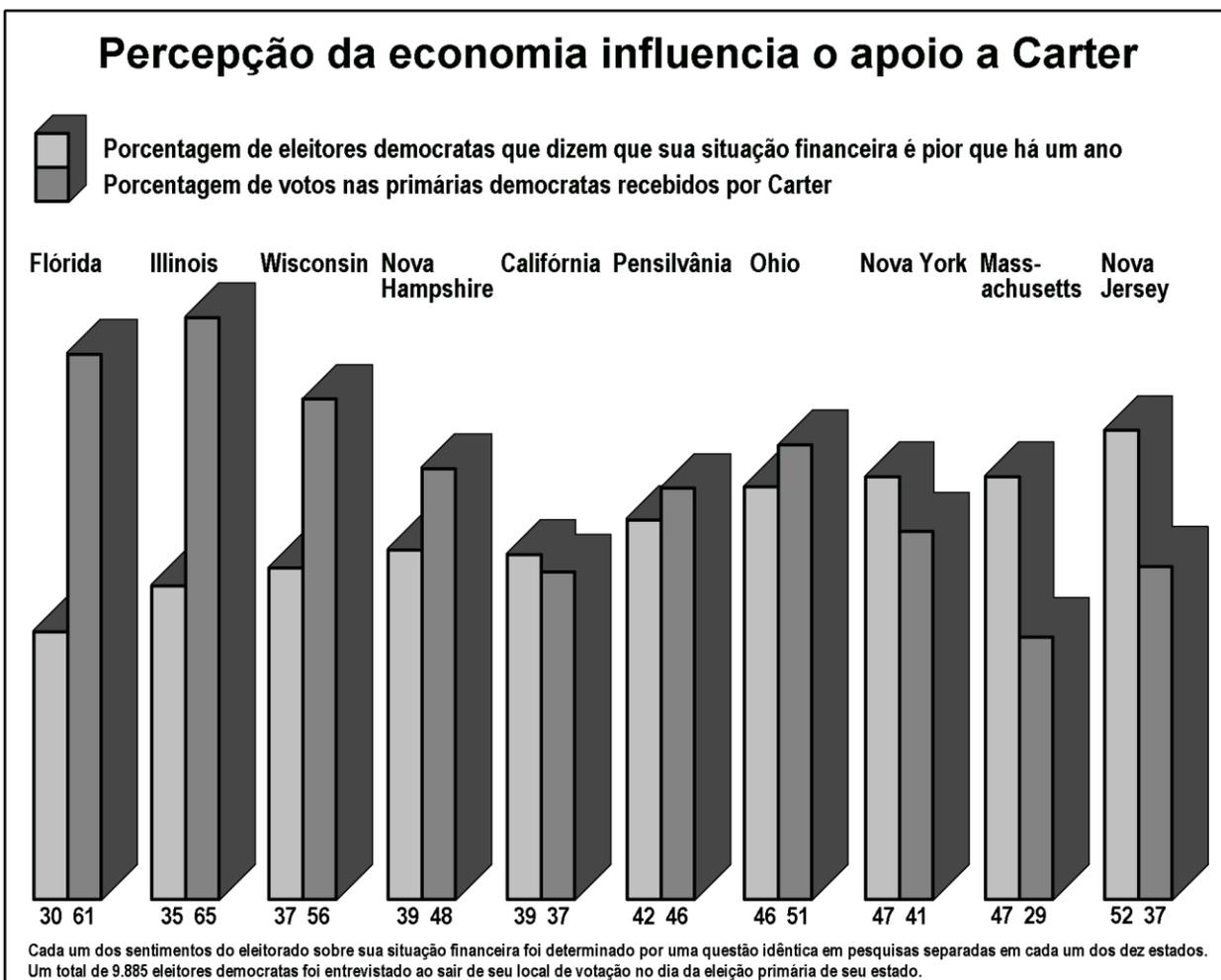


Gráfico 6 – Exemplo de gráfico 2D “forçado” a ser 1D. Reprodução traduzida de Tufte (2001)

COMPARATIVO ENTRE CARGA TRIBUTÁRIA E CRESCIMENTO ECONÔMICO NOS QUINZE MAIORES PAÍSES DA OCDE

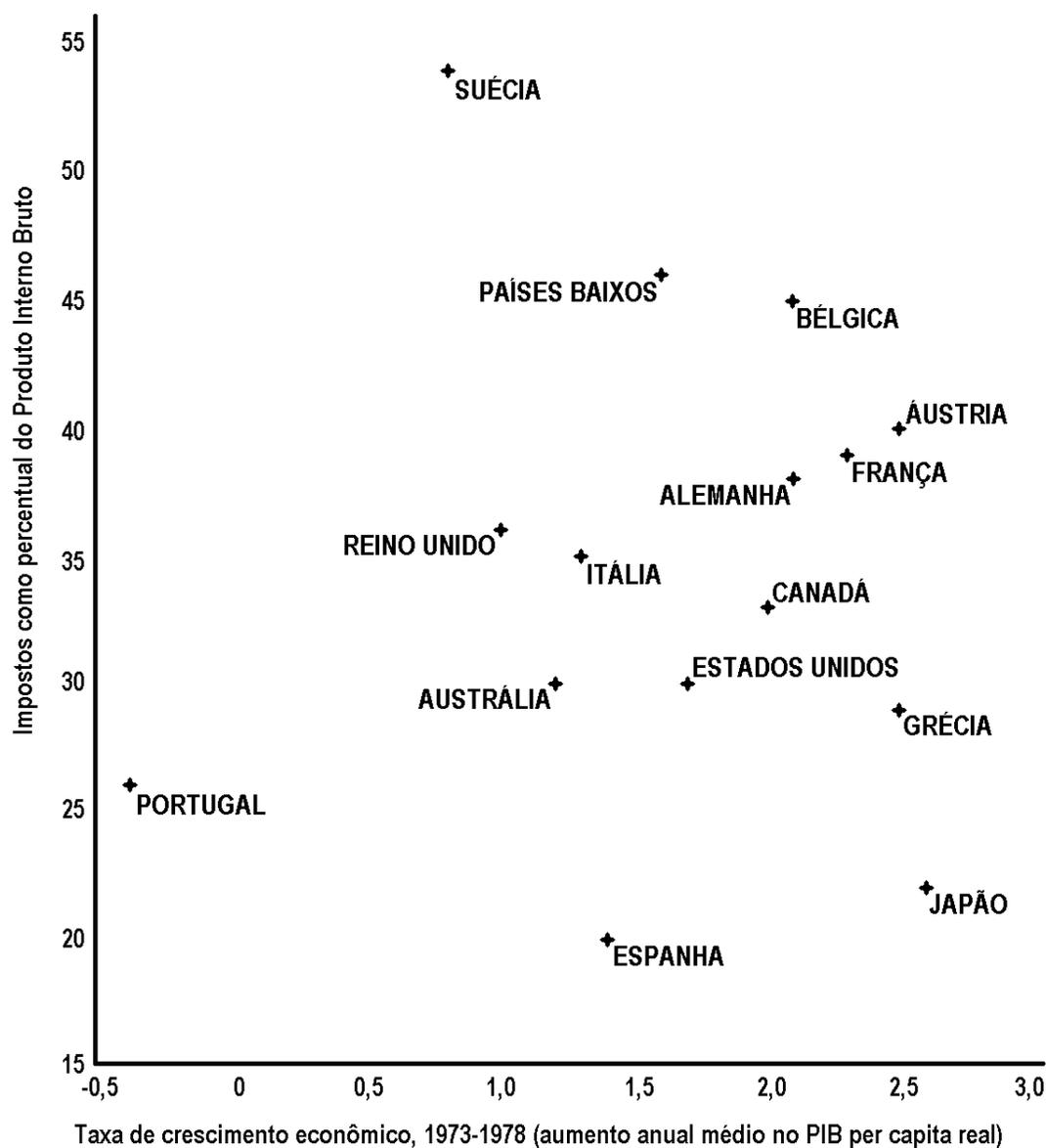
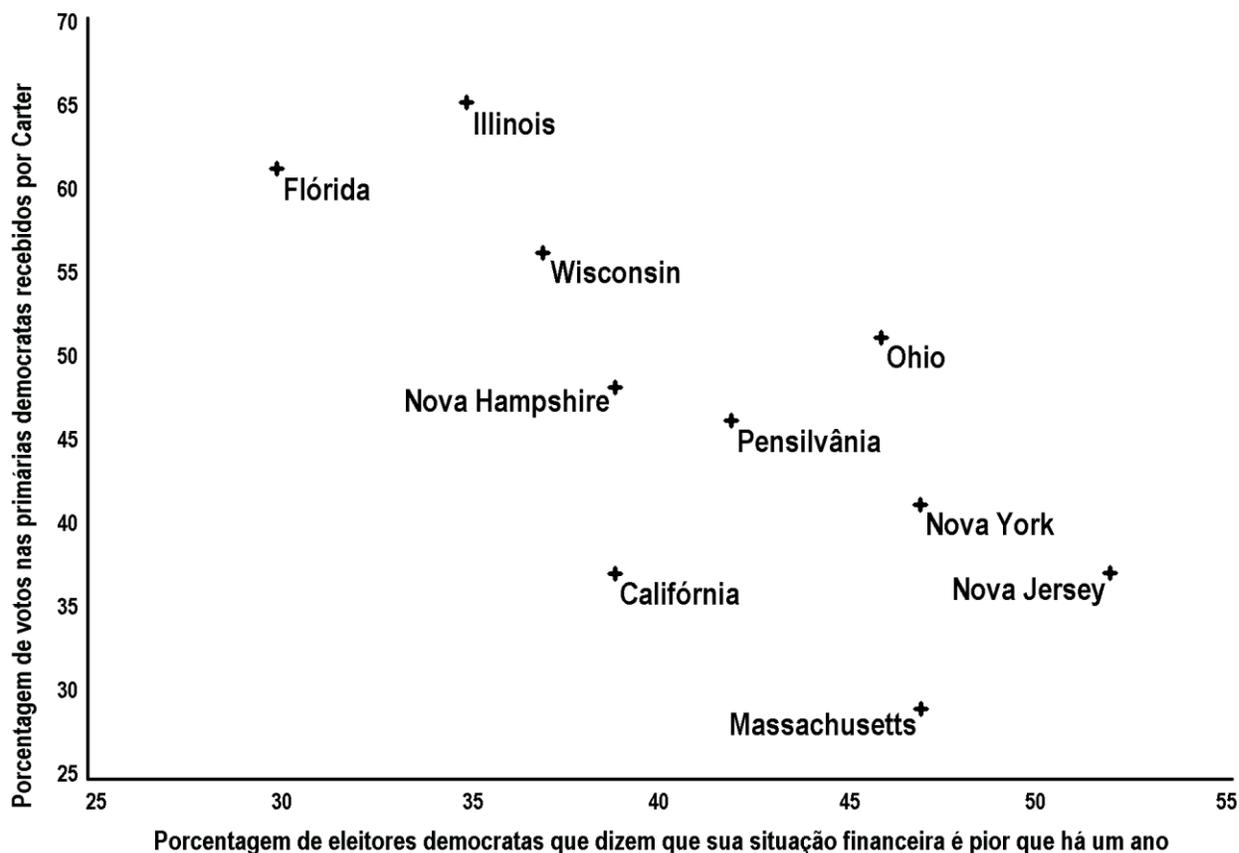


Gráfico 7 – Gráfico 5 disposto sob a forma de gráfico 2D ou dispersão

Percepção da economia influencia o apoio a Carter



Cada um dos sentimentos do eleitorado sobre sua situação financeira foi determinado por uma questão idêntica em pesquisas separadas em cada um dos dez estados. Um total de 9.885 eleitores democratas foi entrevistado ao sair de seu local de votação no dia da eleição primária de seu estado.

Gráfico 8 – Gráfico 6 disposto sob a forma de um gráfico 2D ou dispersão

Tufte (2001) aponta que, em jornais de todo o mundo, gráficos 2D são raros, dificilmente perfazendo mais de 5% do total de gráficos publicados, dependendo do público-alvo da publicação. Em livros didáticos da área de exatas, por outro lado, sejam eles de Ensino Médio ou de Ensino Superior, a taxa sobe para perto de 50%, proporção semelhante à dos gráficos encontrados em exames educacionais dos Estados Unidos. Tufte sugere que uma comparação entre estes dados faz supor que a maior parte dos jornais de notícias opera, em termos do grau da construção de gráficos, em um nível de inteligência pré-adulto. Neste trabalho, não apenas os gráficos de dispersão foram considerados, mas quaisquer gráficos em que houvesse variação

simultânea de duas variáveis em um plano cartesiano, e onde nenhuma delas fosse variável temporal não-explicativa, como definido anteriormente, estendendo, assim, a noção de gráfico 2D.

1.9. Gráficos: história

A idéia de uma tábua de barras para representar uma função matemática, no lugar de dados, remonta a Nicolau Oresma, por volta de 1480. Sistemas de coordenadas matemáticas e relações entre gráficos e funções matemáticas do tipo $y = f(x)$ foram introduzidas nos anos 1630 por Descartes e Fermat, embora coordenadas de mapas já fossem usadas desde a Antigüidade e já tivessem sido sistematizadas por Mercator. Nos anos 1660, foram produzidos os primeiros gráficos de linhas, mostrando séries temporais de dados meteorológicos, bem como o primeiro gráfico, empírico, de uma função de distribuição normal, por Huygens. Há registros de gráficos de linhas elaborados por Robert Plot em 1685. Em 1686, Edmund Halley⁹ (*apud* FRIENDLY; DENIS, 2005) preparou o primeiro gráfico de duas variáveis derivado de dados experimentais (Gráfico 9) – embora não reproduzisse os dados diretamente –; trata-se de uma curva teórica relacionando a pressão barométrica com a altitude. As linhas horizontais e verticais foram legendadas, o que pode indicar que Halley pretendia explicar visualmente como a grandeza pressão diminui com a altitude (FRIENDLY; DENIS, 2005).

⁹ HALLEY, Edmund. On the height of the mercury in the barometer at different elevations above the surface of the earth, and on the rising and falling of the mercury on the change of weather. **Philosophical Transactions**, p. 104-115, 1686.

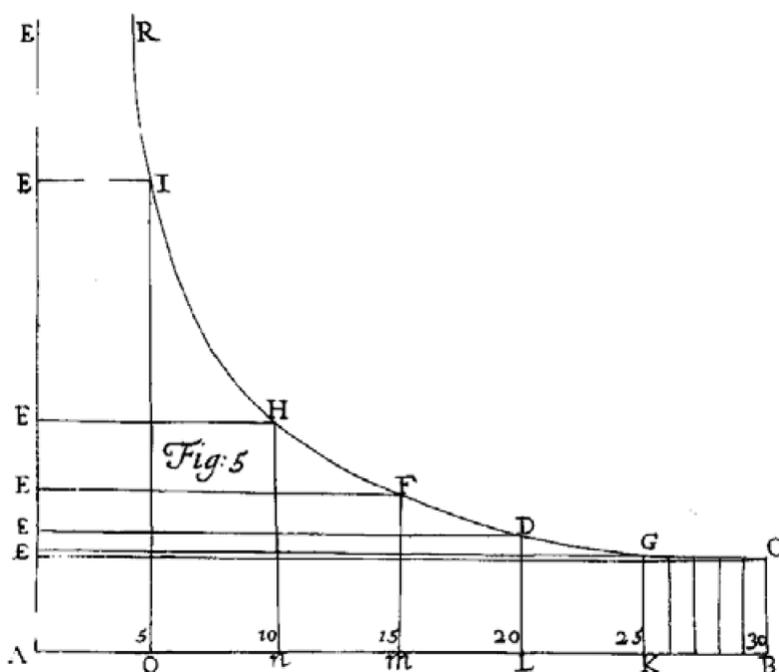


Gráfico 9 – Gráfico de Halley, considerado o primeiro a relacionar duas variáveis a partir de dados experimentais. Relação teórica entre pressão barométrica (y) e altitude (x). Reprodução de Halley¹⁰ (1686) apud Friendly e Denis (2005)

A primeira invenção que poderia resultar na produção automática de um gráfico foi um “relógio do tempo”, projetado por Christopher Wren, em alguma data anterior a 1663. Não se sabe se o projeto chegou a ser concretizado. Outras iniciativas similares, inclusive algumas que foram comprovadamente executadas, foram observadas ao longo do século XVIII (TILLING, 1975). Entre o fim do século XVIII e o início do século XIX, podemos situar o desenvolvimento e uso do papel milimetrado, por Buxton e Luke Howard, e a criação do primeiro equipamento que registra automaticamente a variação de duas grandezas relacionadas – pressão *versus* temperatura –, provavelmente por John Southern em 1796 (TILLING, 1975; FRIENDLY; DENIS, 2005).

¹⁰ HALLEY, Edmund. On the height of the mercury in the barometer at different elevations above the surface of the earth, and on the rising and falling of the mercury on the change of weather. **Philosophical Transactions**, p. 104-115, 1686.

Entre 1760 e 1780, Johann Heinrich Lambert, que produziu documentos em várias áreas do conhecimento – filosofia, física experimental, astronomia, matemática – traçou curvas de ajuste de dados experimentais e interpolação a partir de dados empíricos, assim como preparou quadros com séries temporais da variação da temperatura do solo (TILLING, 1975; FRIENDLY; DENIS, 2005). O trabalho de Lambert, embora muito bem elaborado, não teve continuidade durante quase um século. Playfair, que desenvolveu grande parte dos gráficos estatísticos 1D mais comuns – gráficos de linhas e gráficos de barras foram vistos em livro de 1786; gráfico circular ou gráfico de pizza em livro de 1801 – possivelmente não chegou a elaborar os gráficos 2D por falta de necessidade, uma vez que seus livros versavam sobre economia e nenhum dos seus conjuntos de dados requeria duas dimensões verdadeiras (FRIENDLY; DENIS, 2005), por ser freqüente, nessa área do conhecimento, a variação temporal dos dados.

Podemos perceber que, no início do século XIX, todos os elementos necessários para a disposição de dados experimentais em gráficos 2D já estava à disposição. Mesmo assim, o que se via era a ausência de gráficos de qualquer tipo na literatura científica daquela época. Foi na Grã-Bretanha que os gráficos começaram a aparecer novamente nos artigos, embora não fossem tão bem elaborados como os de Lambert. Inicialmente, os gráficos não tinham a pretensão de explicar fenômenos, ou seja, os gráficos somente expressavam dados experimentais, mas não eram sujeitos a qualquer tipo de análise. Foi somente em 1833 que Lubbock publicou um gráfico no qual comparava suas observações com uma teoria sugerida por Bernoulli, notando *graficamente* uma concordância entre ambos (TILLING, 1975).

A partir daquela década de 1830, os gráficos passaram, cada vez mais, a ser associados com a análise de experimentos. Os trabalhos de J. D. Forbes, publicados principalmente nos periódicos *Philosophical Transactions* e *Transactions of the Royal Society of Edimburgh*, contribuíram para incentivar um uso maior de gráficos em artigos científicos. Entretanto, é difícil

explicar por que os gráficos de Forbes se tornaram comuns, enquanto os de Lambert, não. Ainda mais, sabendo-se que a inspiração de Forbes veio do trabalho de Lambert (TILLING, 1975).

Também é essencial citar o trabalho de Florence Nightingale, a fundadora da Enfermagem moderna, mas também uma excelente estatística. Entre suas inovações em gráficos está o diagrama de rosa (Gráfico 10). No entanto, mais significativamente, Florence introduziu o uso de gráficos estatísticos para revolucionar a política de enfermagem no exército britânico, durante a Guerra da Criméia, na década de 1850. Florence também sugeriu que grande parte do trabalho estatístico produzido pelo governo britânico não estava suficientemente acessível por estar sob a forma de tabelas (BRASSEUR, 2005). A “Dama da Lâmpada”, epíteto dado a Florence por circular entre os feridos de guerra com uma lâmpada na mão, poderia, na opinião de Friendly e Denis (2005), ser alcunhada “Dama do Gráfico”.

ABRIL 1854 a MARÇO 1855

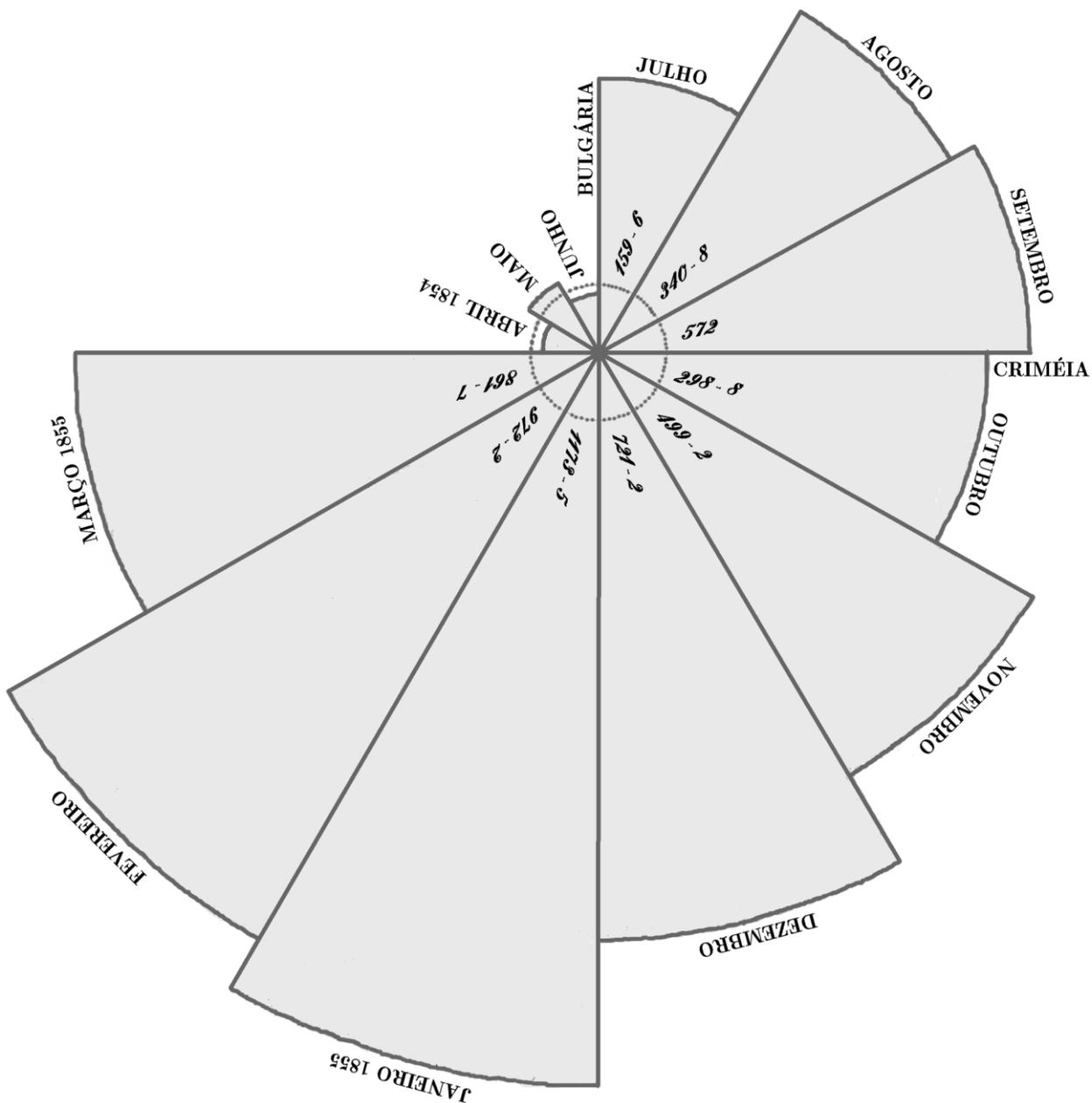


Gráfico 10 – Exemplo de gráfico de rosa produzido por Florence Nightingale. Reprodução traduzida de Nightingale¹¹ (1859) apud Basseur (2005)

¹¹ NIGHTINGALE, Florence. **A contribution to the sanitary history of the British Army during the Late War with Russia**. Londres: John W. Parker, 1859.

O adjetivo *gráfico* tem origem na Antigüidade, vindo do grego γραφικός. Modernamente, seu uso parece ter sido iniciado por Herschel e Galton. Já o substantivo *gráfico*, referente à representação visual de dados numéricos, teria surgido mais proximamente do fim do século XIX, inicialmente como referência a diagramas de ligações químicas. Em 1878, Sylvester apropriou-se do termo, por analogia, ao descrever estruturas matemáticas abstratas que podiam ser representadas por pontos e linhas. Por volta de 1890, este substantivo passou a ser usado para se referir à curva associada a uma função $y = f(x)$, e apenas na década de 1910 passou a ser usada no sentido atual, mais geral. Assim, embora as principais inovações na área de confecção de gráficos estatísticos tenham sido elaboradas no século XIX, as nomenclaturas destas inovações surgiram e se firmaram durante a popularização destes métodos, em sua incorporação em cursos e livros didáticos (FRIENDLY; DENIS, 2005).

1.10. Gráficoismo

Antes de continuarmos tratando dos aspectos educacionais relacionados a gráficos, definiremos um neologismo simples e adequado para descrever a capacidade ou habilidade de construção e/ou interpretação de gráficos: *gráficoismo*. Esta palavra tentará substituir as expressões *graphical literacy* (alfabetismo gráfico), *graphicacy* (corruptela de *graphical literacy*), *graph sense* (compreensão de gráficos), entre outras, usadas por autores em artigos escritos em língua inglesa.

Para diversos pesquisadores enumerados por Passini (1996), o gráficoismo é “um exercício didático importante para desenvolver o pensamento lógico”. Para Bertin (1986, 1998), enquanto o sujeito não é capaz de organizar os dados de uma informação fazendo uso das duas dimensões do

plano, não compreende, de fato, o conteúdo implícito destes dados. Passini acrescenta que, por ser um tipo de linguagem, a representação gráfica precisa ser ensinada. Somente desta forma, os gráficos deixarão de ser considerados apenas como ilustrações, ou seja, apenas em sua função estética, passando a ser ferramentas de transmissão de conceitos e informações, especialmente no ensino de Ciências.

Os gráficos já fazem parte da Educação científica. Nos Estados Unidos, por exemplo, professores introduzem gráficos e outras representações visuais semelhantes no jardim de infância ou na primeira série. Eles podem pedir aos alunos para que indiquem qual é a sua fruta favorita, fazendo com que desenhem a fruta e a relacionem em um gráfico de barras. Ou podem levar os estudantes a se colocar em fila de acordo com a sua altura, ou com o comprimento de seus cabelos, formando, assim, um “gráfico de barras humano”. É assim que os estudantes se preparam para níveis e habilidades mais elaborados e complexos, nas séries subsequentes. Obviamente, a partir dali, os gráficos se tornam mais abstratos, e a informação neles contida, mais complexa. Nestes níveis de ensino mais avançados, os estudantes precisam fazer mais que criar seus próprios gráficos: eles precisam aprender a interpretá-los. A habilidade de interpretação, no entanto, não é alvo de suficiente preocupação por parte dos professores na maioria das escolas dos Estados Unidos (DECOKER; ERICKSON, 2001). Isto pode ser consequência da constatação de Gillespie (1993), de que professores não têm o graficismo adequadamente desenvolvido a ponto de ensiná-lo aos alunos. Acreditamos que uma situação semelhante seja encontrada no Brasil.

Um indício de que o graficismo não é comum aos profissionais especializados, ou seja, que o domínio das ferramentas gráficas não foi bem aprendido na fase escolar por esses profissionais, é a percepção, encontrada por diversas pesquisas, de que tais profissionais não sabem interpretar gráficos que não sejam diretamente ligados a suas áreas. Roth, Pozzer-

Ardenghi e Han (2005) citam caso em que um professor reputado faz uma analogia incoerente entre os gráficos temporais de posição, velocidade e aceleração – estudo de Cinemática – com salários e suas variações. Os mesmos autores apontam que 92% dos biólogos e ecologistas não foram capazes de interpretar corretamente um gráfico típico de um livro universitário de introdução à ecologia. Roth, Bowen e Masciotra (2002) concluem que não é fácil a leitura de gráficos que não são familiares a esses cientistas, ainda que tais gráficos façam parte da sua área de estudo. Kolata (1984) cita o trabalho de William Cleveland e Marylyn McGill, que constataram que cientistas têm dificuldades de lidar com qualquer tipo de gráfico.

Desde a década de 1800, graças ao trabalho de Lambert e Playfair, o desenho de gráficos não depende de analogias com o mundo físico (TUFTE, 2001), isto é, a partir do trabalho destes estudiosos, o uso e a interpretação de gráficos ficaram mais abstratas. Isto pode ter relação com as conclusões que apontamos: os profissionais têm dificuldade em dominar as ferramentas abstratas, mas, quando estas se tornam mais concretas – ao menos, em seu domínio –, o graficismo parece ser alcançado. Para Roth (2004), há uma relação metonímica entre o gráfico e a situação e os processos pelos quais estes gráficos são produzidos. Ou seja, o gráfico ocupa o lugar das respectivas situações. Isto explicaria as conclusões de que as pessoas têm níveis relativos de graficismo, dependendo de sua familiaridade com o tema sobre o qual versa o gráfico.

Diversos estudos isolados sugeriram formas de ensinar o graficismo. Bright e Friel¹² (1996, 1998 *apud* FRIEL; CURCIO; BRIGHT, 2001) apontaram que o graficismo pode ser

¹² BRIGHT, George W.; FRIEL, Susan N. Connecting stem plots to histograms. In: JAKUBOWSKI, E.; WATKINS, D.; BISKE, H. (Eds.) **Proceedings of the eighteenth annual meeting**, North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, volume 1. Columbus, OH: Eric Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, 1996.

promovido pelo uso de estruturas relacionadas a gráficos, como tabelas e outros gráficos. Desta forma, o aluno poderia, por exemplo, aprender a tabular dados antes de colocá-los sob a forma de gráfico, ou transformar um gráfico de barras em um gráfico de linhas. Gillespie (1993) sugere que os professores destaquem sempre os gráficos que surgem nos livros didáticos, que provejam instrução na sua leitura e interpretação, e que ofereçam oportunidades adicionais para que os estudantes tenham contato com gráficos. Roth (2004), de forma menos pretensiosa, apenas cita algumas implicações da relação graficismo-contexto para o ensino de interpretação e construção de gráficos em sala de aula.

Mais recentemente, percebe-se, pelo número e profundidade dos artigos produzidos, a formalização de uma área de estudos sobre os gráficos cartesianos. Com isto, as linhas de estudo sobre o uso e a interpretação de gráficos se tornaram mais bem definidas. Roth, Bowen e Masciotra (2002) citam as três principais: a Psicologia Cognitiva, a Semiótica e a Sociologia do Conhecimento Científico. Os psicólogos voltam seus estudos para a forma como o indivíduo lê e os processos de percepção ocorridos quando este indivíduo olha para um gráfico. Os semióticos entendem os gráficos como símbolos e os submetem a um aparato analítico crítico. Por fim, os sociólogos da epistemologia interessam-se por desdobrar os contextos sociais e as interações nas quais os gráficos são o foco da atividade. Cada uma destas tradições torna mais relevantes determinados aspectos das atividades relacionadas a gráficos. Latour (2000) sugere examinarmos “os muitos modos como as inscrições são coligadas, combinadas, interligadas e devolvidas.” Somente se algo ainda ficar sem explicação é que deveríamos recorrer a fatores cognitivos. Roth, Bowen e Masciotra sugerem, então, que se tome um caminho que combine as abordagens da Semiótica e da Sociologia do Conhecimento Científico, tomando o indivíduo como um

BRIGHT, George W.; FRIEL, Susan N. Graphical representations: helping students interpret data. In: LAJOIE, S. P. **Reflections on statistics**: agendas for learning, teaching, and assessment in K-12. Mahwah, NJ: Erlbaum, 1998.

“calandreiro [operador de prensa industrial] da prática social” (PICKERING, 1993). Esta combinação entre a Semiótica e os aspectos sociais não é nova, sendo chamada Semiótica Social.

No presente estudo, também optamos por não privilegiar a linha da Psicologia Cognitiva. Mesmo assim, este referencial teórico é apresentado no capítulo *Referenciais Teóricos* desta dissertação, juntamente com os referenciais utilizados em nossa análise, a Semiótica Social e a Ciência como Prática Social.

1.11. Estudos sobre representações visuais em livros de Ciências

Como já tratamos na seção 1.2 deste capítulo, existem poucos trabalhos de nível internacional que, ao analisar as formas como o discurso científico é apresentado, dão foco principal às representações não-verbais. Ou seja, as representações verbais vêm sendo tratadas por um número considerável de pesquisas; algo que não se registra com relação às demais representações (MARTINS, 1997; JIMENEZ; PERALES, 2002; MARTIN, 1998).

No Brasil, a situação não é diferente. Analisamos os trabalhos apresentados nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPECs) entre 1997 e 2007, e verificamos ser reduzido o número de investigações sobre o papel das representações matemáticas e visuais no ensino-aprendizagem de Ciências: apenas 27, entre os 2383 trabalhos apresentados (MORTIMER, 2007).

Realizamos, também, um levantamento bibliográfico de artigos em periódicos e de publicações em atas de eventos da área de Ensino de Ciências que versassem sobre as relações entre as representações visuais, o conhecimento científico e o ensino de Ciências. O tema em foco foi encontrado em diversos documentos. Em comum, os artigos têm como principal

interesse uma melhor compreensão do papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de Ciências. Verificamos os marcos teóricos utilizados na análise das questões a eles vinculadas são diversos, sendo mais relevantes a Semiótica Social integrada à Educação em Ciências (ROTH; BOWEN; MCGINN, 1999; STYLIANIDOU; ORMEROD; OGBORN, 2002) e a Psicologia Cognitiva (OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; OTERO, 2003).

Voltando nosso olhar aos estudos relacionados às representações visuais no ensino de Ciências, encontramos cinco abordagens predominantes, sendo que, em muitos artigos, estão presentes duas ou mais destas abordagens. A apresentação destas abordagens não distinguiu as correntes teóricas que ancoram os respectivos artigos. As abordagens são:

Elaboração de modelos e/ou taxonomias que permitam a análise das representações visuais presentes em materiais didáticos e de suas relações com os textos aos quais se associam

Diversos modelos e/ou taxonomias que permitem a análise das representações visuais presentes no processo ensino-aprendizagem foram elaboradas nos últimos anos (DUCASTEL; FLEURY; PROVOST, 1990; GILLESPIE, 1993; ROTH; BOWEN; MCGINN, 1999; OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; CASSIANO, 2002). Em geral, as categorias de análise estabelecidas pelos pesquisadores se basearam nos problemas por eles investigados. Uma das categorias mais comuns de classificação refere-se à *função* que as representações visuais desempenham nos livros didáticos. Dentro desta categoria, são sugeridas, entre outras, as seguintes classificações:

- Decoração dos livros, tornando-os mais atrativos;
- Descrição de processos ou fenômenos, tomando como base a capacidade humana de processamento da informação visual;
- Explicação de situações descritas nos textos que acompanham a representação visual.

Perales e Jiménez (2002) sugerem outras categorias de análise, específicas para ilustrações e em concordância com a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983):

- Iconicidade, que identifica o grau de complexidade da ilustração;
 - Funcionalidade, que identifica o que se pode fazer com a ilustração;
 - Relação com o texto, que identifica o grau de integração entre a ilustração e o texto;
 - Etiquetas verbais, que identifica e classifica o grau de integração entre a ilustração e sua legenda;
- Conteúdo científico, que identifica a existência de ilustrações em quantidade suficiente para que abordem todas as situações que mais geram dificuldades no aprendizado de um certo conteúdo científico.

García e Cervantes (2004), autores que se voltam ao propósito de analisar gráficos cartesianos, sugerem haver três aspectos claramente diferenciados para esta avaliação:

- Estruturação do gráfico; ou seja, os elementos necessários para construir uma representação gráfica completa;
- Inclusão de elementos informativos no gráfico; ou seja, a riqueza de informações na região destinada ao gráfico;
- Informação incluída no contexto gráfico; ou seja, a riqueza de informações no contexto do gráfico.

Han e Roth (2006) desenvolveram o conceito de “Quimissemiótica” para desvendar o trabalho de leitura necessário para a interpretação de inscrições químicas em livros didáticos. Dimopoulos, Koulaidis e Sklaveniti (2003) combinaram perspectivas pedagógicas e sócio-semióticas para criar seu referencial de análise e estudar representações não-verbais em livros didáticos e artigos de jornais e revistas não-acadêmicos gregos em suas seções sobre Ciência.

Análise propriamente dita do uso das representações visuais em materiais didáticos e em salas de aula

A elaboração de modelos e/ou taxonomias que permitam a análise de representações visuais serve como base para os trabalhos de pesquisadores que pretendem efetivamente analisar o uso de tais representações visuais em materiais didáticos (CARNEIRO, 1997; DIB; MENDES; CARNEIRO, 2003; POZZER; ROTH, 2003; LOMBARDI; CABALLERO; MOREIRA, 2005). A relevância de pesquisas desta natureza reside no papel fundamental do livro-texto no processo ensino-aprendizagem, bem como na supervalorização das representações visuais na seleção de livros didáticos pelos professores (CARNEIRO, 1997). Estes docentes passam a ter critérios objetivos que os auxiliam na adoção de um livro didático ou no uso de uma representação visual durante uma aula, adquirindo, assim, uma visão crítica sobre tais representações. O mesmo se dá com os autores dos livros didáticos.

Alguns outros exemplos de artigos nesta linha de estudos são: Roth e Bowen (2000), que analisam o uso de gráficos em aulas expositivas de Ecologia de nível Superior, bem como a influência de palavras e gestos neste contexto; García e Cervantes (2004), que analisam gráficos cartesianos em livros didáticos espanhóis de Ciências, em nível equivalente ao Ensino Médio, de acordo com o referencial teórico da Semiótica Social; e Perales e Jiménez (2002), que realizam estudo semelhante, mas com foco nas ilustrações e com marco teórico diferente, voltado para a Psicologia Cognitiva.

Identificação de estratégias de leitura das representações visuais realizadas por alunos e as relações que estes alunos estabelecem com os gráficos em determinados contextos

Estudos que se dedicam a identificar as estratégias de leitura das representações visuais são freqüentes (MARTINS, 1997; POZZER-ARDENGHI; ROTH, 2005), especialmente se

compararmos com a quantidade de trabalhos associados às primeiras duas linhas de pesquisa anteriormente citadas.

O uso de representações visuais no ensino de Ciências não é apenas amplamente difundido, mas essencial: certos conteúdos da matéria não podem ser abordados, ou são abordados com muita dificuldade, sem o uso intensivo de gráficos e outras imagens. Desta forma, as pesquisas sobre as dificuldades encontradas pelos alunos e professores na leitura e na interpretação de representações visuais são significativas, pois os resultados delas provenientes podem ser úteis no desenvolvimento e na inovação dos processos educacionais (TESTA; MONROY; SASSI, 2002), sugerindo caminhos para uma utilização mais adequada das representações visuais no ensino de Ciências.

Os artigos encontrados versam sobre assuntos variados, como o ensino do uso e construção de gráficos 1D com o auxílio de um computador (ÅBERG-BENGTSSON, 2006; PHILLIPS, 1982); a influência da contextualização na resolução de problemas com o auxílio de gráficos (De BOCK *et al.*, 2003); os conceitos inadequados dos alunos sobre a construção de gráficos (MEVARECH; KRAMARSKY, 1997); fontes de erros na interpretação dos gráficos presentes em exames vestibulares da Austrália (FORSTER, 2004); a presença de estratégias intuitivas e concepções prévias na interpretação de gráficos por alunos do Ensino Médio fijiano (SHARMA, 2006); leitura de gráficos de Cinemática em tempo real por alunos do Ensino Médio italiano (TESTA; MONROY; SASSI, 2002); a influência da metacognição no graficismo (KRAMARSKI, 2004), entre muitos outros.

Estudo das concepções e/ou expectativas dos professores sobre as representações visuais e como estas se refletem na prática didática

Trabalhos que investigam as concepções de professores ou estudantes em cursos de formação de professores sobre representações visuais e/ou tentam identificar as conseqüências destas concepções no trabalho docente, ao contrário de trabalhos da linha de pesquisa anteriormente tratada, não são muito freqüentes. Exemplos de trabalhos nesta linha são os de Colin, Chauvet e Viennot (2002), sobre a visão dos professores acerca das dificuldades que os alunos têm em interpretar esquemas de Óptica Geométrica; de Bowen e Roth (2005), sobre a interpretação de gráficos entre professores em formação; e de Fanaro, Otero e Greca (2005), sobre os conceitos dos professores acerca da existência de gráficos em materiais didáticos. No Brasil, podemos citar o trabalho de Silva *et al.* (2006), que descreve e analisa a reação de professores do Distrito Federal e entorno em um curso de formação continuada especialmente voltado a tratar dos aspectos didáticos associados às representações visuais no Ensino de Ciências.

Conclusão comum a alguns destes trabalhos é a de que a leitura das representações visuais deve ser ensinada aos estudantes de Ciências. Ou seja, o professor tem responsabilidade sobre a maneira como os alunos realizam leituras de representações visuais. Desta forma, é importante conhecer as concepções e práticas docentes relacionadas à utilização e às estratégias de leitura dessas representações. Conclusões de tais pesquisas podem levar à adoção de novas atividades dirigidas, em cursos de formação inicial e continuada de professores. Estas atividades devem ser capazes de provocar reflexão sobre o uso de representações visuais em sala de aula e sobre o ensino de técnicas de leitura de tais representações.

Artigos semelhantes a estes versam sobre as concepções de cientistas sobre o uso de gráficos, como o de Roth e Middleton (2006), que analisaram as interações entre os cientistas e seus assistentes acerca da interpretação de gráficos, e de Roth e Hwang (2006), sobre a relação entre o abstrato e o concreto nas análises de gráficos realizadas por cientistas.

Modelos para a compreensão do processo de aquisição e domínio do graficismo

Os artigos relacionados a esta linha são os mais raros, possivelmente porque exigem um conhecimento muito amplo sobre os aspectos relacionados ao graficismo, de modo a basear adequadamente um modelo novo de entendimento dos processos mentais e/ou sociais relacionados ao uso e compreensão dos gráficos cartesianos. Estes artigos não somente se relacionam ao ensino de Ciências, mas a todas as áreas que exigem domínio gráfico. Mesmo assim, constituem minoria em nosso levantamento.

Alguns exemplos de artigos científicos com esta temática são: o de Carpenter e Shah (1998), que estudaram o movimento dos olhos de pessoas envolvidas na interpretação de gráficos e sugerem que há uma seqüência-padrão integrada, de processos de reconhecimento de padrões, interpretação de significados e integração entre significados e referências encontradas nas legendas e nos títulos dos gráficos; o de Shah, Mayer e Hegarty (1999), que continuam estudos na mesma linha; o de Friel, Curcio e Bright (2001) levanta os fatores críticos que influenciam a compreensão de gráficos, bem como as implicações de tais fatores ao trabalho docente.

Não podemos deixar de mencionar trabalhos que pretendem fazer uma revisão bibliográfica sobre o uso de gráficos na Ciência e no ensino de Ciências, como o livro de Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), voltado ao referencial da Semiótica Social e o extenso artigo de revisão de Leinhardt, Zaslavsky e Stein (1990), que enfoca produções da linha da Psicologia Cognitiva.

2. OBJETIVOS GERAIS

Buscamos, ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, analisar os gráficos cartesianos que estão presentes em livros didáticos de Química brasileiros. Especificamente, foram estudadas coleções de três volumes destinadas ao Ensino Médio. Esta análise buscou conhecer a prevalência, a função, a estrutura e a relação destes gráficos com os textos que os circundam. O tratamento analítico foi classificacional, quantitativo, em um primeiro momento, e, posteriormente, foi qualitativo.

Desta forma, foi realizada uma análise quantitativa inicial dos gráficos da parte teórica que, por fim, subsidiou a análise qualitativa ulterior. A partir das informações resultantes deste processo analítico, procuramos encontrar respostas para questões das seguintes naturezas:

- Os gráficos cumprem o seu papel pedagógico nos livros didáticos examinados?
- Os gráficos, tal como são apresentados nos livros, constituem um recurso válido ou um obstáculo ao processo de aprendizagem da disciplina?
- O domínio das ferramentas do graficismo é necessário ou, até mesmo, indispensável para a aprendizagem dos diversos tópicos de Química do Ensino Médio? Os livros atentam para esta necessidade, ou seja, atendem à necessidade dos alunos de dominar as ferramentas gráficas?
- Há possibilidades de comunicação didática pela representação gráfica que não estariam disponíveis apenas por representações verbais para os temas estudados?

Para tanto, os dados coletados na realização desta pesquisa foram analisados segundo princípios advindos do campo da Semiótica Social (HODGE; KRESS, 1988; KRESS; van LEEUWEN, 1996), e dos Estudos Sociais em Ciências (PICKERING, 1992a; GARFINKEL; LYNCH; LIVINGSTON, 1981), sendo utilizados, na análise classificacional, descritores

adaptados de trabalhos de pesquisadores que já realizaram análises de gráficos em livros didáticos segundo estes mesmos referenciais (DIMOPOULOS; KOULAUDIS; SKLAVENTI, 2003; POZZER; ROTH, 2003; GARCÍA; CERVANTES; 2004; ROTH; BOWEN; MCGINN, 1999; LOMBARDI; CABALLERO; MOREIRA, 2005), e, na análise qualitativa, direções de análise dadas pelos textos que servem de base aos referenciais teóricos utilizados, como Halliday (1979), Kress e van Leeuwen (1996) e Lemke (1990, 1998).

Considerando-se a natureza e a quantidade de trabalhos já publicados sobre o papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de Ciências, muitos deles discutidos ao longo da introdução desta dissertação, podemos afirmar que esta categoria de trabalho acadêmico é extremamente importante na área de Educação em Ciências. Além disso, existem poucos registros, na literatura nacional, de trabalhos dedicados ao estudo da função das representações visuais no ensino de Química. Nossa proposta de trabalho, ao optar pela análise de gráficos cartesianos presentes nos livros didáticos de Química mais freqüentemente adotados para uso no Ensino Médio, foi a de realizar pesquisa relevante e inédita no País.

Como já mencionamos, a importância deste tipo de pesquisa reside no papel fundamental do livro-texto no processo ensino-aprendizagem, sendo exatamente as representações visuais um dos aspectos mais supervalorizados na seleção de livros didáticos pelos professores.

Esperamos que, com esta nossa pesquisa, possamos proporcionar a estes docentes critérios objetivos que os auxiliem na adoção de um livro didático ou no uso de um gráfico durante uma exposição, como já foi comentado anteriormente. Da mesma forma, esperamos que os autores dos livros didáticos possam usufruir os critérios aqui mencionados para a seleção, composição e adequação dos gráficos que estarão presentes em suas obras.

3. REFERENCIAIS TEÓRICOS

A partir deste ponto, explicitaremos quais os referenciais teóricos que dão sustentação às análises realizadas por nós. Além destes, mencionamos outros referenciais, utilizados em outros trabalhos que têm objetivos semelhantes, realizando uma breve compilação de análises críticas desses marcos teóricos encontradas na literatura.

3.1. Considerações preliminares

Inicialmente, exporemos alguns dos diversos referenciais teóricos utilizados na análise de gráficos tal como realizamos neste estudo. Ao explicitar os principais marcos teóricos, tornamos possível comparar as vantagens e desvantagens dos diversos métodos de análise, bem como explicar, de forma mais natural e lógica, o que nos levou a fazer a opção pelo referencial da Semiótica Social. Dois destes referenciais se destacam por se mostrarem mais ou menos independentes de qualquer referência à Psicologia Cognitiva ou à Semiótica Social: a Neográfica e a Análise de Conteúdo.

A Neográfica (*La Graphique*) é uma área sugerida por Jacques Bertin como parte da Semiótica formal. Para Bertin (1998), os gráficos se distinguem, ao mesmo tempo, das expressões matemáticas e das ilustrações. No contexto da Neográfica, os gráficos são monossêmicos – em oposição à polissemia das ilustrações – e visuais – caráter que as expressões matemáticas não teriam. A Neográfica é um instrumento de tratamento da informação, um sistema de sinais que possibilita a exposição da informação (BERTIN, 1986). O referencial de Bertin já foi utilizado na análise de gráficos em livros didáticos brasileiros (PASSINI, 1996).

Tratamentos teóricos de gráficos, como o realizado por Bertin, não são novos. Um exemplo é o compêndio de Arkin e Colton (1946), que aborda aspectos da construção e do uso de gráficos. A Neográfica se opõe à Semiótica Social ao crer na monossemita dos gráficos: para este último referencial, os significados são construídos pelos agentes sociais e, por esta razão, os gráficos são polissêmicos.

A Análise de Conteúdo é uma área cujo nome abriga variados enfoques e intenções, entre elas: análise de estrutura sintática (conceitos, seqüência de conteúdos, entre outros); análise semântica (compreensão de textos, argumentos utilizados, etc.); simbólica (ilustrações); curricular (erros conceituais, tipos de atividades incluídas, entre outros); evolutiva (variações temporais); ou grau de dificuldade dos conteúdos (desenvolvimento cognitivo necessário). Para Jiménez e Perales (2001), a Análise de Conteúdo constitui um instrumento pedagógico de interesse indiscutível no campo da didática das Ciências experimentais. A Análise de Conteúdo, portanto, é, além de instrumento pedagógico, um referencial investigativo muito útil na análise de livros didáticos. Esta amplidão de enfoques da Análise de Conteúdo faz com que ela não se oponha, de forma significativa, aos referenciais adotados por nós.

São também usados na análise de gráficos, como já mencionamos, os referenciais da Psicologia Cognitiva e da Semiótica Social. Muitos pesquisadores da área de Educação procuram os entendimentos sobre conceitos matemáticos apenas na mente dos estudantes, em lugar de procurá-los em suas atividades coletivas no “fazer Matemática” ou no “fazer Ciência”. Esta primeira perspectiva está relacionada com a Psicologia Cognitiva, um dos referenciais teóricos abordados neste trabalho.

3.2. Psicologia Cognitiva

A Ciência Cognitiva é um campo interdisciplinar que está entre os mais importantes desenvolvimentos intelectuais das décadas de 1970 e 1980. Contribuem para o desenvolvimento da Ciência Cognitiva psicólogos, lingüistas, cientistas da computação, filósofos, neurocientistas, entre muitos outros especialistas. A Ciência Cognitiva é a ciência da mente humana, e entende a mente como um sistema complexo que recebe, armazena, recupera, transforma e transmite informações (STILLINGS *et al.*, 1987). Uma de suas principais vertentes é a Psicologia Cognitiva, considerada uma aplicação da Ciência Cognitiva.

É difícil dizer em que época se iniciaram os estudos em Psicologia Cognitiva. William James, no fim do século XIX, realizou as primeiras contribuições teóricas à atenção e à memória. Na década de 1930, Edward Tolman, por origem um comportamentalista, mostrou que o aprendizado não pode ser compreendido apenas pelas reações externas, mas que é necessário levar em consideração os processos e as estruturas internas, até mesmo em camundongos. Mas foi apenas nos anos 1950 que a Psicologia Cognitiva começou a se estabelecer. Trabalhos como o de Noam Chomsky deixaram clara a dificuldade do comportamentalismo para explicar a natureza e a aquisição da linguagem pelo ser humano. Teorias de sistemas de comunicação e o advento do computador digital tiveram, também, influência na formação da nova área (EYSENCK; KEANE, 1994).

Para a Psicologia Cognitiva, há quatro suposições básicas (STILLINGS *et al.*, 1987):

- A informação e os processos informativos podem ser estudados como padrões e manipulação de padrões. Assim, os psicólogos cognitivos se interessam pelos aspectos formais

dos processos informativos, já que, para eles, alguém entende um sistema de processamento de informações quando conhece as regras formais desse sistema.

- Os processos formais podem ser representacionais. Ao contrário do que ocorre em uma abordagem formal, na abordagem da Psicologia Cognitiva, os signos e os significados não são separados para uma compreensão científica do processamento de informações.

- Processos informativos podem, ou, em alguns casos, devem ser estudados sem referências à física ou à biologia do sistema que dá suporte a esses processos. Em nosso caso, por exemplo, os gráficos deveriam ser estudados sem nos preocuparmos com o modo como os neurônios se interconectam durante um processo de graficismo, por exemplo.

- A Ciência Cognitiva é uma ciência básica, à medida que procura descobrir princípios fundamentais e extremamente gerais sobre o processamento de informações. No entanto, esta suposição parece ir contra a imensa variabilidade percebida no pensamento e no comportamento humano. Para o psicólogo cognitivo, estes princípios fundamentais ainda obscuros precisam ser capazes de explicar tamanha variabilidade.

Eysenck e Keane (1994) consideram haver três perspectivas principais da Psicologia Cognitiva, a saber:

- Psicologia Cognitiva experimental: em geral, evita a abordagem computacional. Embora seja a abordagem mais tradicional, vem sendo abandonada em favor das outras abordagens;

- Neuropsicologia Cognitiva: pesquisa pacientes com lesão cerebral para entender mecanismos cognitivos normais da mente humana. Prevaecem estudos sobre a linguagem, muito mais que estudos sobre a atenção, a percepção e a memória;

- Ciência Cognitiva computacional: constrói modelos computacionais, apreciando a analogia com o computador. Confunde-se com a disciplina de Inteligência Artificial. Para os autores, ainda não é apropriado prever se esta abordagem é bem-sucedida, embora haja avanços.

Para os pesquisadores que usam o referencial teórico da Psicologia Cognitiva, aprender Ciências exige construir as representações mentais adequadas para compreender um sistema físico, prever sua evolução e explicar corretamente seu funcionamento com relação a uma teoria científica. Esta estrutura representacional seria adquirida principalmente pela instrução, sendo parte considerável desta instrução realizada por meio dos livros didáticos (OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002).

Tal visão é sustentada pela teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird, elaborada como resposta aos cientistas que procuravam saber se as imagens têm algum papel explicativo na teorização da Psicologia. Para Johnson-Laird (1983), categorias diferentes de representações mentais são logicamente distinguíveis em algum nível de análise e, mais que isso, elas existem como diferentes opções para codificar informações. Em particular, este pesquisador sustenta haver ao menos três tipos principais de representações mentais: modelos mentais, representações proposicionais e imagens. Os modelos mentais são análogos estruturais do mundo.

As imagens, nesta teoria, são tratadas como um tipo especial de modelos mentais: são os correlatos perceptuais dos modelos de um ponto de vista particular. As imagens mentais compartilham quase todos os atributos dos modelos, exceto dois: são visuais e não possuem capacidades de explicação. Relações não visualizáveis, como quantificadores, causalidades ou negações, podem ser representadas em um modelo mental, mas não em uma imagem mental. Desta forma, é possível atribuir o valor lógico verdadeiro ou falso a qualquer um dos outros dois tipos de representações mentais – modelos mentais e representações proposicionais –, mas não às

imagens mentais (OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; JOHNSON-LAIRD¹³, 1996 *apud* OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002).

A teoria de Johnson-Laird recupera os aspectos analógicos do pensamento, que pareceriam ter um peso muito grande em nosso modo de fazer inferências, além de permitir compreender os erros na argumentação e o pensamento racional. Assim, todo o nosso conhecimento e nossa compreensão do mundo dependeriam, segundo Johnson-Laird, de nossa capacidade de construir modelos mentais (OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002).

Greca (2006) lembra que o referencial teórico dos modelos mentais é uma das opções dos pesquisadores insatisfeitos com os referenciais cognitivos de Piaget – estratégias de mudança conceitual, por exemplo. Estes pesquisadores buscavam referenciais que explicassem mais detalhadamente o que ocorria na mente dos estudantes durante o processo de aprendizagem. No mesmo trabalho, Greca levanta algumas questões que também não são resolvidas dentro da pesquisa em modelos mentais, propondo um modelo ainda mais amplo, que inclui elementos da teoria dos campos conceituais de Vergnaud¹⁴ (1983), a qual não será comentada aqui.

Buscando referenciais mais específicos sobre gráficos, encontramos o trabalho de Leinhardt, Zaslavsky e Stein (1990), que fazem uma revisão da bibliografia sobre funções, gráficos e graficismo. À época, o referencial teórico predominante para este tipo de análise era a Psicologia Cognitiva, sendo profissionais ligados a esta área, bem como à Matemática e à Educação Matemática, os principais contribuintes destas análises.

¹³ JOHNSON-LAIRD, P. N. Images, models, and propositional representations. In: de VEGA, Manuel; INTONS-PETERSON, Margaret Joan; JOHNSON-LAIRD, Philip; DENIS, Michel; MARSCHARK, Marc. **Models of visuospatial cognition**. New York: Oxford University Press, 1996.

¹⁴ VERGNAUD, Gérard. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. **Atelier International d'Été**: recherche en didactique de la physique. La Londe les Maures, France: 1983.

Na revisão supracitada, encontramos diversas idéias correntes entre os pesquisadores. Para eles, há quatro conceitos sobrepostos nas tarefas de graficismo: a ação do estudante (de interpretação ou de construção); a situação (contextualizada ou abstrata); as variáveis (os dados ou objetos dos gráficos); e o foco (local da atenção do aluno durante uma tarefa de graficismo). Estes conceitos se encaixariam nos diferentes processos cognitivos relacionados a gráficos, como interpretação, leitura, ajustamento de curva, ajustamento de escala, entre outros. À medida que os psicólogos cognitivos compreendem, sob a sua ótica, os processos informativos envolvidos no graficismo, eles podem começar a desenvolver novas formas de diagnosticar e tratar as dificuldades de aprendizado dos pupilos. No entanto, os autores apontam três categorias principais de concepções errôneas: desejo por regularidade, foco nos pontos e dificuldade de abstração. Na primeira categoria, encaixa-se a percepção de que os alunos transformam gráficos discretos em contínuos, unindo pontos. Na segunda, a percepção contrária: a de que os alunos só dão atenção aos pontos destacados, transformando gráficos contínuos em discretos. Se não bastasse a aparente contradição, a terceira categoria parece ir contra a conclusão de pesquisa de Roth e Bowen¹⁵ (1993 *apud* ROTH; MCGINN, 1997): a de que universitários apresentaram menor capacidade de abstração que alunos da classe equivalente à 8ª série – ao menos no caso do problema apresentado a ambos, que exigia o uso do graficismo e era mais familiar e comum aos últimos –, o que, para Leinhardt, Zaslavsky e Stein (1990), significaria menor capacidade cognitiva. García e Perales (2005) chegaram a conclusões semelhantes, comparando alunos do Ensino Médio colombiano com universitários espanhóis.

Por esta razão, é considerada uma falha da Psicologia Cognitiva a ausência de referências ao aspecto social (ROTH; MCGINN, 1997). Conhecimento e pensamento não estão associados

¹⁵ ROTH, Wolff-Michael; BOWEN, G. Michael. An investigation of problem solving in the context of a Grade 8 open-inquiry science program. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 3, p. 165-204, 1993.

apenas com a forma como cada indivíduo pensa, mas são, inerentemente, fenômenos sociais e culturais, construídos por meio da atividade em grupo e pelo diálogo. É por meio destas atividades coletivas que as pessoas constroem um conhecimento comum (EDWARDS; MERCER, 1987). No entanto, o projeto da Psicologia Cognitiva é o de encontrar uma base biológica para as categorias de significados encontrados no uso social; deste modo, a Psicologia Cognitiva impede os elementos lingüísticos e discursivos de cumprir sua função (MULES, 1997). Os papéis da cultura e da sociedade foram deixados de lado pela Psicologia Cognitiva, sendo considerados áreas a estudar apenas quando se alcançasse um melhor entendimento sobre a cognição individual (GÄRDENFORS, 1999).

Mas nem todos os psicólogos cognitivos pensam assim. Uma tentativa de fazer esta integração do social pode ser vista no trabalho de Martin e Clark (1990), que buscou explorar os processos mentais envolvidos na interação social humana. Para os dois autores, o processo cognitivo influencia a interação social e vice-versa. Atividades e domínios como a percepção pessoal, a tensão e a competição pessoais e profissionais, as respostas a pesquisas de opinião, as relações atitude-comportamento, os comportamentos de grupo e as decisões políticas já foram explorados por estudos com esta abordagem, chamada pelos pesquisadores *cognição social* ou *sociocognitivismo*. Nesta abordagem, as ações são vistas como entidades fundamentais (GÄRDENFORS, 1999). No entanto, o referencial sociocognitivista é raro, se não for inexistente, na análise de representações visuais, particularmente no ensino de Ciências.

Baseados nestes entendimentos da complexa natureza sócio-comunicativa dos processos ensino-aprendizagem, Bleicher, Tobin e McRobbie (2003) acreditam que tais esforços têm o potencial de melhorar a qualidade do ensino de Ciências. Estes pesquisadores também defendem que o desenvolvimento de áreas como a Psicologia Social, a Antropologia Cognitiva, Sociologia do Conhecimento, a Sociologia Cultural, a Etnometodologia, a Análise do Discurso, a

Psicolinguística e a Sociolinguística é evidência de uma concordância cada vez maior sobre a relação entre a cognição humana e a interação social.

3.3. Ciência como prática social

No início dos anos 1970, surgiu uma nova abordagem sobre o entendimento da Ciência. Essa abordagem, a Sociologia do Conhecimento Científico (SCC), se diferenciou das posições da Sociologia da Ciência e da Filosofia de duas formas. Primeiro, como o seu nome já indica, a Sociologia do Conhecimento Científico entende que a Ciência é atraentemente e constitutivamente social, de todas as formas, em seu núcleo técnico; ou seja, o conhecimento científico *per se* deve ser entendido como um produto social. Em segundo lugar, a SCC é, de forma preestabelecida, empírica e naturalística. Assim, só faltaria determinar, por estudos da SCC sobre a Ciência real, *como* essa Ciência é socialmente construída. Nesse mesmo contexto, o conhecimento científico deveria ser visto, não como uma representação cristalina da Natureza, mas como conhecimento relativo a uma cultura particular, com esta relatividade especificada por meio de um conceito sociológico de “interesse” (PICKERING, 1992b).

Garfinkel, Lynch e Livingston (1981) apontam incongruências encontradas nos estudos da SCC durante a década de 1970. Um deles: as Ciências Sociais são ciências em que se fala – *talking sciences* –, mas, no entanto, os fenômenos estudados são investigados em textos (formas burocráticas de coleta de dados, como entrevistas dirigidas ou questionários), e não em qualquer outro lugar. Mais um: as Ciências Sociais não são ciências de descobertas, mas de estudos de fenômenos. Ao contrário das chamadas “Ciências duras”, o cientista social não pode perder os seus fenômenos de estudo; tampouco pode tomar estes fenômenos como problemas a serem

resolvidos, mostrar-se incapaz de encontrar tal solução e, então, acreditar que “perdeu seu tempo”, como, em geral, fazem entender em seus estudos. Os autores de trabalhos da SCC pareciam não saber ser indispensável a habilidade em ser um *bricoleur*, ou seja, em criar as suas próprias estratégias, a sua forma criativa e original de usar o conhecimento estabelecido, já que estas nunca aparentaram ser as condições de suas pesquisas e teorias.

Trabalhos como o de Latour e Woolgar (1986), um estudo etnográfico amplo, começaram a provocar alterações no campo da SCC desde o fim da década de 1970. Por um lado, os trabalhos destas duas linhas – a antiga, da década de 1970, e a nova, destacada por Garfinkel, Lynch e Livingston (1981) e explorada por Latour – compartilham uma sensibilidade em relação às dimensões sociais da Ciência, mas, ao mesmo tempo, discordam em diversos outros aspectos, como a recusa em acreditar nestas dimensões sociais da Ciência *a priori*. O principal diferencial destes trabalhos, que, para Pickering (1992b), constitui um avanço-chave nos estudos epistemológicos, é o de mudar o foco para o estudo da prática científica, ou seja, para o que os cientistas realmente fazem, e, de forma associada, mudar o foco para o estudo da cultura científica, dando significado ao campo de recursos *sobre* os quais e *nos* quais a prática científica opera. A representação da cultura científica como uma rede conceitual simples, e da prática como um processo aberto de modelagem, estruturado pelo interesse, não fornece o aparato conceitual necessário para entendermos a riqueza do fazer Ciência: projetar e construir experimentos, elaborar teorias, negociar com diretorias de laboratórios, periódicos, agências de fomento, etc. Hacking (1992) nos oferece uma visão desta nova imagem da Ciência: a produção de instrumentos, informações, fenômenos e interpretações no laboratório é, precisamente, o trabalho duro, incerto e criativo de unir os tipos de elementos culturais diversos, como idéias, coisas e símbolos.

Estes novos estudos, portanto, levam a crer que, na nova Sociologia do Conhecimento Científico (SCC), poderíamos desprezar o primeiro C, já que o tópico central de estudos da Ciência não é o conhecimento, mas a prática em que esse conhecimento é construído, e o S inicial, visto que parece não haver a certeza sobre a atribuição de prioridade causal ao aspecto social na compreensão da cultura e da prática científicas. A intenção, aqui, não é a de negar que a Ciência é “social”, no sentido usado no cotidiano, mas a de questionar a possibilidade de defesa de reduções disciplinares desta idéia na Sociologia, tais como reduzir meramente ao “interesse” a produção da Ciência. Uma formulação mais geral deste ponto é notar que os estudos da prática científica tendem a se opor a todas as reduções disciplinares tradicionais, não apenas às reduções sociológicas. Enquanto tais reduções se baseiam em variáveis identificáveis e duradouras – como “interesses” ou “padrões” – para explicar a produção de conhecimento, parece que estas variáveis verdadeiras são, elas próprias, calandradas, prensadas, moldadas e criadas na prática (*mangled in practice*): elas são sujeitas a transformações em um processo que não pode ser, por si, ser reduzido a variáveis disciplinares de forma análoga (PICKERING, 1992b, 1993; PICKERING¹⁶, 1995 *apud* ROTH; BOWEN; MASCIOTRA, 2002). A estrutura da prática científica é chamada por Pickering (1993) como “calandra” porque, assim como a referida máquina de prensar tecido para secá-lo, a prática científica também envolveria resistência e acomodação.

Embora a Sociologia do Conhecimento Científico seja a corrente mais conhecida dos estudos em Sociologia Epistêmica, uma segunda abordagem, chamada Estudos Etnometodológicos do Trabalho em Ciências e Matemática (EET), também nasceu na mesma época, início da década de 1970. Em comum, as duas correntes investigam tópicos epistêmicos. No entanto, para Lynch (1992), as correntes diferem ao fazer leituras diferentes dos últimos

¹⁶ PICKERING, Andrew. **The mangle of practice**: time, agency, & science. Chicago: University of Chicago Press, 1995.

trabalhos do filósofo Ludwig Wittgenstein, os quais, com sua ênfase na integração constitutiva do conhecimento na prática social – nos *jogos de linguagem*¹⁷ e nas *formas de vida*¹⁸ – figuram como uma fonte fundamental no desenvolvimento dos estudos epistemológicos desde a década de 1970.

Na introdução desta dissertação, já tratamos de diversos documentos que entendem a Ciência e a sua construção social da maneira exposta nesta seção. Assim, a partir deste ponto, trataremos da Semiótica, o referencial teórico que, integrado a esta visão social da Ciência, nos guiou nas análises realizadas e descritas nos próximos capítulos.

3.4. Semiótica formal

O campo de estudos que dá origem à Semiótica Social é a *Semiologia* ou *Semiótica*, que, grosso modo, ocupa-se de estudar os *signos*. Para Saussure¹⁹ (1974, *apud* HODGE; KRESS, 1988), Semiótica é a ciência da vida dos signos na sociedade. Um signo é, para Eco (1991a), “tudo quanto, à base de uma convenção social previamente aceita, possa ser entendido como *algo que está no lugar de outra coisa* [grifo do autor]”.

A Semiótica começou a tomar forma no século XVII. Em 1690, John Locke, em sua obra *Essay concerning human understanding*, posicionou a Semiótica, sob o nome de *Semeiotiké*, como um dos três grandes ramos dos estudos do conhecimento humano, junto da Física e da

¹⁷ Sousa (2004) os define como “um conjunto de inúmeras práticas lingüísticas que constituem uma vasta rede complicada que se cruza e entrecorta”. Tais jogos, assim chamados pela analogia com os jogos humanos, com suas regras, sua autonomia, seu compartilhamento social e cultural, sua dispensa de justificativa, “não são fixos, mas evoluem conforme as formas de vida se transformam.”

¹⁸ Os jogos de linguagem seriam partes integrantes de uma forma de vida, sendo indissociáveis; para Sousa (2004), forma de vida pode ser considerada como uma formação sócio-cultural, a totalidade das atividades comunitárias em que estão imersos nossos jogos de linguagem.

¹⁹ SAUSSURE, Ferdinand de. **Course in general linguistics**. London: Fontana, 1974.

Ética. Para Locke, a Semiótica deveria tratar principalmente das palavras, por serem os signos mais relevantes (NÖTH, 2006). Já em 1890, o filósofo e fenomenólogo Edmund Husserl publicou uma importante obra, intitulada *On the Logic of Signs (Semiotic)* (1994). No entanto, a Semiótica só começou a ser considerada seriamente como uma área de estudos no século XX. Por exemplo, Anne Hénault, em sua *História Concisa da Semiótica* (2006), nada menciona sobre o desenvolvimento desta área antes de 1900.

Os dois termos utilizados para designar o campo de estudo dos signos estão relacionados a diferentes definições. A expressão Semiologia é mais utilizada por aqueles que têm em mente os conceitos do lingüista suíço Ferdinand de Saussure; a obra de Saussure é fortemente permeada pela Lingüística, sendo chamada também Semiolingüística. Semiótica é palavra utilizada pelos que se referem à lição dos filósofos norte-americanos Charles Sanders Peirce e Charles William Morris, autores de uma teoria geral dos signos (ECO, 1971; VOGT, 2006; NÖTH, 2006; BARTHES, 1974; MORRIS, 1976). Mesmo assim, esta distinção de terminologia vem desaparecendo ao longo do tempo (NÖTH, 2006).

A Semiótica tem uma relação especial com a Ciência. Morris (1976) afirma que a Semiótica tem dupla relação com as Ciências, ao ser uma ciência entre as Ciências, ao mesmo tempo em que é um instrumento das Ciências. Por fornecer os fundamentos para qualquer ciência especial dos signos, como a Lingüística, a Lógica, a Matemática, a Retórica e, até certo ponto, à Estética, Morris crê que a Semiótica poderá ser de grande importância num programa de unificação das Ciências Biológicas e Físicas, de um lado, com as Ciências Sociais, Psicológicas e Humanas, de outro. Morris ainda afirma que a Semiótica fornece uma linguagem geral, aplicável a qualquer linguagem ou signo especial, em particular à linguagem científica, sendo, desta forma, um instrumento útil para a simplificação da linguagem científica, ou, em sua palavra, “debabelização”. A Semiótica oferece a promessa de um estudo sistemático, compreensivo e

coerente dos fenômenos de comunicação como um todo, não apenas de partes destes (HODGE; KRESS, 1988).

Os estudos da Semiótica são formais, à medida que enfatizam as estruturas e os códigos, ou seja, priorizam o sistema de sinais e o produto final. Assim, Hodge e Kress (1988), sintetizando e generalizando as idéias de outros pesquisadores, como Halliday (1979), sugerem a existência de uma disciplina semiótica que estuda as complexas inter-relações dos sistemas semióticos com o processo social, ou seja, as relações entre a Semiótica formal e os pensamentos sociais, políticos e culturais: a Semiótica Social.

3.5. Semiótica Social

Na década de 1980, pesquisadores do comportamento humano começaram a construir uma nova síntese teórica. Esta nova teoria permite um olhar radicalmente diferente sobre como os seres humanos entendem a si e aos seus. Ou seja, um novo olhar sobre como nós construímos significados (LEMKE, 1990). Michael Halliday (1979) denomina esta teoria como Semiótica Social, nome que permaneceu até hoje. Nessa obra, Halliday traça a possibilidade de uma abordagem “social-funcional” para a Lingüística, especificamente. Ao distinguir duas explicações para a linguagem, uma “intra-organística” e outra “interorganística”, ele se opõe à tendência, na época, de se considerar unicamente a primeira abordagem, nos modelos psicolingüísticos e de desenvolvimento cognitivo até então em voga (LUKE, 1993).

Lemke (1990) critica fortemente o uso das teorias da Psicologia Cognitiva em estudos como este que realizamos aqui. Alguns pontos-chave da Psicologia Cognitiva são destacados por Lemke: essa teoria assume haver um domínio autônomo entre o biológico e o social, tendo

surgido da falha do comportamentalismo em explicar como se aprende e usa a linguagem. No entanto, a Psicologia Cognitiva ignora tanto o biológico quanto o social, em particular o social, nos processos cognitivos, ao supor que todas as mentes humanas operam da mesma forma, ainda que estude práticas semióticas, que, como se sabe, variam entre as comunidades. Desta forma, tal teoria é evitada pela Semiótica Social, por não dar grande importância ao peso dos valores sociais e ao uso da linguagem.

Ao mesmo tempo, Hodge e Kress (1988) contam que muitos colegas rejeitam a Semiótica formal à medida que esta Semiótica aceita uma separação impenetrável entre a semiose e a sociedade, entre a Semiótica e o pensamento político e social. Desta forma, estes autores crêem que deve haver algum tipo de Semiótica que provê esta possibilidade de prática analítica, para os pesquisadores das mais diversas áreas, que necessitam descrever e explicar processos e estruturas de significado social, através dos quais os significados são construídos. A partir do problema levantado por Hodge e Kress e a solução sugerida por Halliday, entre outros autores, surge um novo campo de estudos: a Semiótica Social.

A Semiótica Social é, assim, uma síntese de variadas abordagens modernas ao estudo do significado social e da ação social: a Semiótica formal, tal como concebida por autores como Bakhtin-Voloshinov, de Saussure, Hjelmslev, Peirce, Eco, muitos deles já mencionados na seção anterior; juntamente com determinadas áreas da Antropologia, da Etnografia, da Lingüística, entre outras (LEMKE, 1990). Assim, a Semiótica Social não é nova ao tentar unificar o estudo do comportamento humano, em especial os comportamentos de construção de significados (falar, escrever, argumentar, desenhar, gesticular, etc.) com os estudos da sociedade. Estes últimos campos do conhecimento citados são exemplos de campos que tentaram, antes da Semiótica Social, realizar esta unificação. No entanto, ainda faltava uma teoria da sociedade como um todo.

Para Lemke (1990), o problema da maioria das teorias gerais da sociedade é o fato de serem escritas do ponto de vista dos grupos dominantes da sociedade. A exceção mais notável seria a da Sociologia política de Karl Marx, pois esta teoria não assume que o modo como os processos sociais *são* é o modo como eles *devem ser*, ou *precisam ser*. Além desta, mais duas outras áreas contribuíram para a constituição da Semiótica Social: a Etnometodologia, que é a aplicação da fenomenologia de Edmund Husserl às Ciências Sociais, e algumas observações de Michel Foucault, que analisou as relações sobre como falamos sobre o mundo e como nós agimos e sofremos ações nesse mundo.

Basicamente, na visão de Lemke (1990), a Semiótica Social é uma teoria sobre como as pessoas constroem significados, questionando:

- Como entendemos as pessoas e o mundo?
- Como nos fazemos entender?

Mais especificamente, a Semiótica Social é um referencial adequado para a nossa proposta de análise de gráficos e do graficismo ao tentar encontrar respostas a questões das seguintes naturezas:

- Como uma ação socialmente significativa faz sentido aos membros da comunidade?
- Quais são as partes dessas ações e como se relacionam?
- Quando as pessoas agem desta forma particular? Quando fazem esta interpretação?
- Como se sentem sobre esta ação?
- A que padrões sociais pertencem a ação?

Kress e van Leeuwen (1996), entre outros autores, introduzem, na área da Semiótica Social, a noção de multimodalidade das formas de representação que compõem uma mensagem. Para Descardecí (2002), estes estudos procuram englobar os diversos modos de representação impressa em um campo mais abrangente do que o da Lingüística. Na Semiótica Social, a língua é

parte de um contexto sociocultural, no qual a cultura, em si, é produto de um processo de construção social. Desta forma, nenhum signo pode ser entendido integralmente se estudado isoladamente.

Na visão da Semiótica Social, os significados são *construídos*. Ou seja, as coisas não têm significado, por natureza. O significado é atribuído aos diversos signos – palavras, gestos, diagramas, etc. Desta forma, variam com a comunidade, a situação, a pessoa, a época... Mais: sinais não têm significados, mas são usados para expressar tais significados. Assim, são denominadas *práticas semióticas* as práticas de construção de significados. Tudo o que fazemos segue uma das práticas semióticas de nossa comunidade. As práticas semióticas são elementos fundamentais da teoria da Semiótica Social. São tidas como práticas semióticas: ações que fazem sentido na comunidade e ações que ajudam a dar sentido a outra ação. Comunidade, nesse contexto, é um sistema aberto e dinâmico de processos físicos e biológicos, de ações significativas e de criações de significados. É esta dinâmica que permite a mudança da sociedade (LEMKE, 1990).

Como já mencionamos, qualquer texto escrito é multimodal, ou seja, é composto por mais de um modo de representação. Em uma página, além do código escrito, outras formas de representação como a diagramação da página (layout), a cor e a qualidade do papel, o formato e a cor (ou cores) das letras, a formatação do parágrafo, as representações não-verbais, etc., interferem na mensagem a ser comunicada. Para Descardecí (2002), decorre desse postulado teórico que nenhum sinal ou código possa ser entendido ou estudado completamente em isolamento, uma vez que estes signos são complementares na composição da mensagem. Assim, a opção pelo uso de certas formas de representação, em lugar de outras, deve ser entendida em relação aos objetivos pretendidos em situações específicas de troca de informações. Isto corrobora a afirmação de que os sinais estão em contínua transformação através da intervenção

da comunidade, uma vez que estes sinais são tratados como um recurso a ser empregado de acordo com interesses e convenções partilhadas pela comunidade na qual interagem em um momento histórico específico.

É importante, a partir deste conhecimento, definir o conceito de contexto: é em um contexto que os sinais ganham sentido. Assim, a Semiótica Social estuda os contextos em que os sinais surgem e os tipos de relações entre esses sinais e os contextos. Para Lemke (1990), são quatro os tipos de contexto, sendo os dois primeiros mais importantes:

- *Contexto sintagmático*: o todo no qual qualquer sinal é, efetivamente, colocado como parte. Exemplo: um diálogo estruturado entre um professor e um aluno.

- *Contexto paradigmático*: conjunto de sinais que poderiam ser usados num contexto sintagmático, mas não o foram. Exemplo: palavras que o professor poderia ter usado, mas não usou.

- *Contexto indicativo*: conjunto dos sinais que se associam a emissores específicos. Exemplo: certas ações são características do professor; outras, do aluno.

- *Contexto temático*: sinais que indicam o grupo social. Exemplo: ações que sugerem se o aluno é um líder, um bom aluno, um aluno problema, etc.

Veremos na próxima seção como a Semiótica Social se relaciona com o Ensino de Ciências e, em particular, como este referencial contribui para os estudos descritos neste texto. Mas, antes de continuar, destacamos que as análises realizadas sob a bandeira da Semiótica Social têm base em textos e outros registros gravados, e não em conceitos semióticos como estruturas de atividade, gêneros, entre outros que serão tratados na próxima seção. Tais conceitos são abstrações, padrões compartilhados pelas fontes de signos (LEMKE, 1990), os quais servem de guia para as análises sócio-semióticas.

3.6. Semiótica Social e Ensino de Ciências

A Semiótica Social é, como já expusemos na seção anterior, um referencial teórico adequado para a análise realizada nesta dissertação. Em linhas gerais, utilizamos os referenciais teóricos da Semiótica Social propostos por Hodge e Kress (1988) e Kress e van Leeuwen (1996). Tais trabalhos teóricos são apropriados para a análise aqui realizada, já que abordam a Semiótica Social também no sentido de avaliar representações não-verbais. Tais referenciais estendem o trabalho de Halliday (1979), mencionado anteriormente. Nesta seção, complementaremos a integração destes trabalhos teóricos com os objetos de estudo, destacando os aspectos mais relevantes deste processo.

Entre os primeiros a sugerir que a Educação deveria ser vista como um processo semiótico, em lugar de um processo psicológico foi, de forma irônica, um psicólogo, o bielorrusso Lev Semenovic Vygotsky, especialmente em uma de suas obras-primas, *A Formação Social da Mente* (1998). Para Danesi (2007), seu desafio permaneceu enormemente ignorado até agora. O mesmo autor trata do objetivo fundamental da Semiótica na Educação, que seria o de colocar professor e aluno em uma posição que lhes permitisse ver que sistemas conceituais distintos, da Linguagem à Matemática, codificam a realidade de formas que, às vezes, são idênticas, outras vezes complementares ou análogas, em outras, ainda, completamente diferentes.

O aspecto atraente na incorporação da Semiótica Social nas práticas e currículos escolares estaria associado à premissa de que todo o conhecimento está interconectado. Assim, estruturas de conhecimento, não importa quão diversas sejam ou pareçam ser, seriam construídas com as

mesmas propriedades de significados. Por esta razão, Davydov e Radzikhovskii²⁰ (1985, *apud* DANESI, 2007) já lamentavam, há duas décadas, o quão desastroso era o fato de que a idéia de Vygotsky de fazer do aspecto social o núcleo de uma filosofia pedagógica nunca tivesse sido adotada pelas principais correntes educacionais. Danesi cita diversos autores que concordam com tal sentimento, e acredita que, finalmente, a sugestão do psicólogo bielorrusso guiará a Educação em sua rota. Semetsky (2007) acredita que os conceitos semióticos, como interpretação, desenvolvimento, evolução; estruturas e processos dialógicos; metáfora e metonímia, já começam a ser incorporados no discurso educacional, e fazendo com que este se afaste do modelo, até então prevaiente, de Ciências Sociais em Educação. Sabe-se que a aplicação da Semiótica Social ao Ensino de Ciências não é nova: Halliday e Martin (1993) dedicam um livro inteiro ao tema. Mas parece que só agora esta forma de pensar toma força.

Nesta mesma linha de pensamento, Descardecí (2002), por exemplo, acredita ser preocupante o fato de que o desenvolvimento da leitura na escola compreenda, quase sempre, apenas a leitura de códigos escritos, subestimando o valor das outras formas de representação presentes em uma mensagem escrita. Desta forma, a citada autora propõe que o conceito de leitura seja visto de forma mais ampla, considerando outras formas de representação da mensagem impressa como fatores que interferem no processo de leitura. Para a Semiótica Social, isto corresponde ao reconhecimento da multimodalidade das formas de representação.

Alguns conceitos semióticos se farão importantes na análise que seguirá. Sendo assim, inicialmente citamos Lemke (1990), autor que faz uma distinção entre três produtos de ações sociais:

²⁰ DAVYDOV, Vasiliy Vasilievic; RADZIKHOVSKII, L. A. Vygotsky's theory and the activity oriented approach in psychology. In: WERTSCH, James V. (Ed.) **Culture, communication and cognition**: Vygotskian perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

- Texto semiótico: gravação ou registro de ações sociais;
- Performance semiótica: a ação, real, assistida *in loco*;
- Produção semiótica: artefatos criados a partir da ação.

Assim, em uma sala de aula, por exemplo, a aula propriamente dita é a performance semiótica; uma gravação da aula em áudio ou em vídeo é um texto semiótico; as anotações do professor e dos alunos são produções semióticas. No presente trabalho, abordaremos apenas produções semióticas, sejam elas inscrições mecanizadas ou produzidas pelos autores dos livros. Não podemos ignorar, neste ponto, que as mensagens públicas e explícitas formam apenas uma parte de tudo o que é considerado comunicação (EDWARDS; MERCER, 1987). Assim, os produtos das ações sociais, tais como os gráficos nos livros didáticos, podem não ser suficientes para uma compreensão completa de um dado fenômeno. Atentamos a esta limitação durante a produção desta dissertação.

Nesse mesmo contexto, uma análise semiótica compreende duas perspectivas diferentes. A perspectiva *dinâmica* corresponde ao ponto de vista de quem presencia a ação, ou seja, corresponde à análise das performances semióticas. A perspectiva *sinótica*, por outro lado, equivale ao ponto de vista de quem vê os registros da ação em conjunto, ou seja, à visão de quem analisa os textos e produções semióticas. Neste trabalho, nossa perspectiva é sinótica, uma vez que não assistimos à produção dos gráficos cartesianos.

Lemke (1990) também define outros dois conceitos: fontes semióticas e formações semióticas. Um sistema de fontes semióticas é, como a linguagem, por exemplo, um sistema de possíveis formas de significado. As formações semióticas constituem o padrão real de ação significativa, executada e reconhecida freqüentemente em uma comunidade, ou seja, “institucionalizada”. Os sistemas de fontes e formações são interdependentes, tais como a língua inglesa (exemplo de fonte) e seu uso em uma comunidade (exemplo de formação). Enquanto

novas fontes são raras, novas formações são freqüentes. Em nosso estudo, podemos entender o plano cartesiano como um sistema de fontes, enquanto os diversos usos do plano nos variados contextos gráficos (em artigos científicos, em jornais de notícias, como gráfico de dispersão, como gráfico de função matemática etc.) constituem as diversas formações semióticas. Lemke (1987) argumenta que formações semióticas auxiliam na compreensão de cada ação rica em significados executada em sala de aula. Obviamente, isto também se estende aos outros produtos da ação: os textos e as produções semióticas que derivam da aula ou que dela fazem parte.

Hodge e Kress (1988) tentam deixar claro, em seu trabalho, que uma avaliação sócio-semiótica não pode ocorrer por meio de uma dicotomia texto-contexto, mas que, em lugar disso, tal contexto deve ser teorizado e entendido como um outro conjunto de textos. Para os mesmos autores, os fenômenos semióticos sempre têm duas dimensões, sociais e referenciais, e, por esta razão, devem ser descritos em termos de dois planos: *mimético*, que contém algumas versões da realidade como referentes possíveis; e *semiótico*, que contém alguns eventos semióticos, associando emissores e receptores, significados e significantes em uma relação significativa. De outra forma: o plano semiótico é o lugar onde ocorrem a construção e a troca de significados de uma mensagem, orientados pela existência de uma fonte, um alvo, um contexto social e um objetivo; o plano mimético associa-se à representação, ao mimetismo, da mensagem, de onde deriva seu significado associado ao “mundo”, ou seja, ao exterior da mensagem propriamente dita.

Hodge e Kress (1988) também apontam sete princípios de qualquer análise semiótica. Para eles, as condições do plano semiótico devem ser fixadas antes da análise do plano mimético, já que são as estruturas semióticas que determinam as estruturas miméticas; o universo de referentes deve ser especificado independentemente do conteúdo mimético do texto; as versões conflitantes da realidade social devem ser explicadas para cada análise; o analista deve se

posicionar em uma estrutura semiótica que incorpora o texto, para poder decidir sobre seu próprio nível de análise, sua orientação e as implicações decorrentes; homologias devem ser investigadas, seja entre estruturas miméticas e semióticas, entre estruturas sintagmáticas e paradigmáticas, ou entre estruturas verbais e não-verbais; devem ser buscados e investigados padrões de redundância, mensagens repetidas em níveis, códigos e canais diferentes, ausências específicas e supressões intencionais no plano mimético; por fim, o analista deve buscar identificar mensagens e significados opostos ou contraditórios, seja no plano mimético ou no semiótico, nos diversos níveis, códigos e canais.

Duval²¹ (1999, *apud* GARCÍA; PERALES, 2006) é outro autor que contribui para a integração da Semiótica Social com a análise por nós realizada. Para ele, existem três atividades cognitivas relacionadas com os sistemas de representação externa, ou sistemas semióticos: a formação de representações, o tratamento de representações e a conversão de representações.

De acordo com aquele autor, a *formação* de representações semióticas consiste em selecionar um conjunto de caracteres ou de signos dentro de um sistema semiótico, com o objetivo de representar as características principais de um objeto. Esta atividade inclui, por exemplo, a atribuição de nomes, a construção de imagens esquemáticas dos objetos, e a codificação de relações ou propriedades pertinentes a uma transformação dos mesmos. Por outro lado, o *tratamento* das representações consiste em convertê-las em outras que se expressam pelo mesmo sistema semiótico, o que ocorre, em geral, quando se responde a uma pergunta ou se resolve um problema. Em terceiro lugar, a *conversão* das representações consiste na transformação de uma representação em outra, expressa em um sistema semiótico diferente. A esta atividade correspondem tradução, ilustração, transposição, interpretação, codificação, etc.

²¹ DUVAL, Raymond. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Peter Lang, 1999.

Esta última atividade exige que se coloque em correspondência as unidades elementares que dão forma a cada uma das duas representações, a inicial e a final. Quando existe correspondência termo a termo, a conversão inversa gera a representação inicial, e a conversão costuma ser automática; é quando se entende haver *congruência de representações*. Quando isto não ocorre, é exigida a reorganização da representação inicial para gerar a representação final no registro semiótico diferente e a conversão inversa não gera a representação inicial. Este segundo caso, em oposição, é denominado *incongruência de representações*, e pode levar a problemas na realização da conversão.

Para Duval²² (1999, *apud* GARCÍA; PERALES, 2006), o ensino privilegia as duas primeiras atividades, ou seja, a formação e o tratamento das representações semióticas, deixando de lado a conversão. Quando isto ocorre, ou quando o ensino prioriza um registro semiótico em relação aos outros, os conhecimentos aprendidos se limitam àquele registro. O problema disto é que os conhecimentos aprendidos desta forma não podem ser mobilizados ou transferidos para uso em contexto diferente daquele em que foram aprendidos e que incluam, além disso, outros registros semióticos.

Sobre a utilização e compreensão das representações semióticas por parte dos estudantes, García e Perales (2006) citam alguns possíveis problemas, tais como: que parecem não compreender sua natureza mediadora e metafórica; centralizam a análise de um conjunto de representações em uma única representação, a mais familiar e concreta, e em suas características superficiais e conceitualmente irrelevantes; no uso de representações, têm dificuldades em coordená-las e integrá-las, realizando conexões entre elas apenas quando se deparam com um processo de resolução de problemas. Seguiremos, na próxima seção, listando autores que

²² DUVAL, Raymond. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Peter Lang, 1999.

contribuem diretamente com subsídios para a análise realizada; agora, mais especificamente, trataremos dos trabalhos que abordam as representações não-verbais e aspectos semióticos da Matemática.

3.7. Semiótica Social e análise de gráficos

A idéia de que os signos matemáticos poderiam ser vistos sob o ângulo da Semiótica Social não é nova. Já na década de 1970, Halliday (1979), ao sugerir as bases da Semiótica Social, dedicou um capítulo inteiro de sua obra a tratar dos aspectos sócio-lingüísticos da Educação Matemática. Marks e Mousley²³ (1990, *apud* CHAPMAN, 1993) apontam que a Matemática é largamente aceita como um sistema semiótico, o que parece óbvio, já que é uma área rica em sinais. Mas, além disso, a Matemática incluiria diversos sistemas de sinais com os quais as pessoas compreendem o mundo. Os significados compartilhados da Matemática incluem técnicas matemáticas, ou seja, conhecimentos procedimentais, tanto quanto conhecimentos conceituais. Saber como realizar ações de determinadas formas é uma poderosa característica da Matemática escolar (CHAPMAN, 1993).

Cada ciência definiu seus próprios sistemas representacionais, e a Matemática não é exceção. Mais que isso: a Matemática é uma das ciências que se expressa por símbolos, quase a ponto de excluir a linguagem natural. Uma representação matemática simbólica não é uma representação para qualquer pessoa, mas apenas para aquelas que desejam interpretá-la. Tal interpretação geralmente depende de outras representações, assim como depende da sintaxe, da

²³ MARKS, Genée; MOUSLEY, Judith Anne. Mathematics education and genre: dare we make the process writing mistake again? **Language and Education**, v. 4, n. 2, p. 117-136, 1990.

gramática e da semântica dos sistemas representacionais da Matemática, assim como também depende do nível de conhecimento do receptor. Em Matemática, os conceitos têm mais de uma representação, ou seja, a mesma idéia pode ser expressa por diversos modos. À Semiótica caberia diferenciar os significados das representações e dos símbolos e especificar a natureza dos sistemas semióticos e sua influência no desenvolvimento cognitivo (SÁENZ-LUDLOW, 2007). Otte (1998) aponta que um objeto matemático, como, por exemplo, uma função, não existe de forma independente da totalidade de suas possíveis representações, e não deveria ser confundido com nenhuma representação em particular.

Kress e van Leeuwen (1996) propõem, em sua obra, uma “gramática da comunicação visual”, considerando que a linguagem visual pode ser considerada uma estrutura análoga à linguagem verbal. Estes autores consideram que as imagens estão diretamente associadas aos interesses das instituições sociais dentro das quais são geradas, reproduzidas e lidas, e que, portanto, nunca são apenas formais, mas possuem uma dimensão semântica e ideológica profundamente importante. Os mesmos autores sugerem a comparação entre um livro didático de Ciências da década de 1930 e um livro da década de 1970, onde as formas não-verbais de comunicação ganham força. E ganham força, não apenas como forma de ilustrar, mas como forma de observação do mundo, com o aspecto visual se tornando uma origem principal da informação.

Para Kress e van Leeuwen, é possível classificar as representações visuais em duas grandes categorias: narrativas e conceituais. As imagens *narrativas* mostram ação entre os objetos participantes, sendo possível construir com elas uma narração. As representações *conceituais* representam relações e características fixas entre os elementos representados, podendo representar processos classificatórios (relações de superordinação e subordinação), analíticos (relações entre um “portador” – o todo – e seus “atributos possessivos” – suas partes)

ou simbólicos (relações entre um “portador” e seus “atributos simbólicos”, explícitos ou não). Os processos analíticos, aos quais os gráficos comumente se associam, por sua vez, podem ser classificados como pertencentes a variadas categorias, não necessariamente excludentes, as quais foram consideradas neste trabalho, e serão detalhadas no capítulo *Metodologia de pesquisa*.

Martins (1997) destaca que estas categorias de classificação são um ponto de partida promissor para a análise de livros didáticos de Ciências; não pela possibilidade de rotular ou classificar as estruturas, mas pela oportunidade de representar, discutir e explicitar relações conceituais que se estabelecem entre as entidades representadas nos materiais didáticos. Além disso, tais categorias podem se relacionar de forma a permitir a descrição de categorias mais elaboradas ou sofisticadas.

O modelo semiótico de leitura de gráficos proposto por Roth, Bowen e Masciotra (2002) se baseia na consideração de que os gráficos e suas legendas são textos multimodais, e que, assim como para os textos verbais, os textos multimodais também estão sujeitos a uma análise semiótica em múltiplos níveis. Em um nível, os gráficos são textos que podem ser analisados estruturalmente em termos de seus signos constituintes e da relação entre tais signos. Em um segundo nível, os gráficos são signos que se associam a outras configurações materiais, como símbolos e coisas, que as pessoas fundamentam no mundo. Estes dois níveis de processos são chamados pelos autores, respectivamente, *estruturação* – processo de coisa para signo – e *fundamentação* – processo de signo para mundo. Os autores complementam o modelo descrevendo os diferentes níveis de graficismo: para gráficos e situações não-familiares, a atividade de leitura se volta à estruturação do gráfico e à identificação de seus elementos; em um nível intermediário, são observados processos interpretativos, nos quais a estruturação do gráfico e a construção das descrições da Natureza às quais se refere a representação gráfica vêm

diretamente associados; por fim, quando o gráfico é familiar ao indivíduo, ele se torna transparente, aparentemente permitindo acesso facilitado ao fenômeno natural ali representado.

Mais especificamente para a Química e para o Ensino de Química, encontramos o referencial de Han e Roth (2006), que desenvolvem, em seu trabalho, um modelo semiótico para as inscrições em Química, chamado “Quimissemiótica”. Estes autores vêem a Química como uma ciência que trata de substâncias e de suas interações, muitas das quais podem ser notadas a olho nu. No entanto, suas explicações são baseadas em entidades que poderiam ser pequenas demais mesmo que “realmente” existissem. Assim, as inscrições em Química podem ser classificadas como macroscópicas (experimentos e fatos), microscópicas (moléculas e átomos), ou simbólicas (fórmulas ou equações químicas), sendo que esta última categoria de inscrição faz a mediação entre as primeiras. A partir desta base, os autores entendem que há, ainda, um quarto elemento, o mundo-alvo, ou seja, a porção da Natureza que se pretende explicar. Diversos textos e inscrições, relacionados ao mesmo fenômeno, são colocados em uma relação que forma uma pirâmide, como a exibida na Figura 4 a seguir. Nela, as inscrições microscópicas e macroscópicas estão em um plano (o mundo do texto), e o objeto do mundo em outro (o mundo fora do texto). O triângulo base da pirâmide é análogo ao quase-mundo que o texto e as inscrições criam, e o mundo-alvo é o mundo circunstancial. Assim, ler um livro-texto significa ligar o quase-mundo criado por esse livro ao mundo circunstancial.

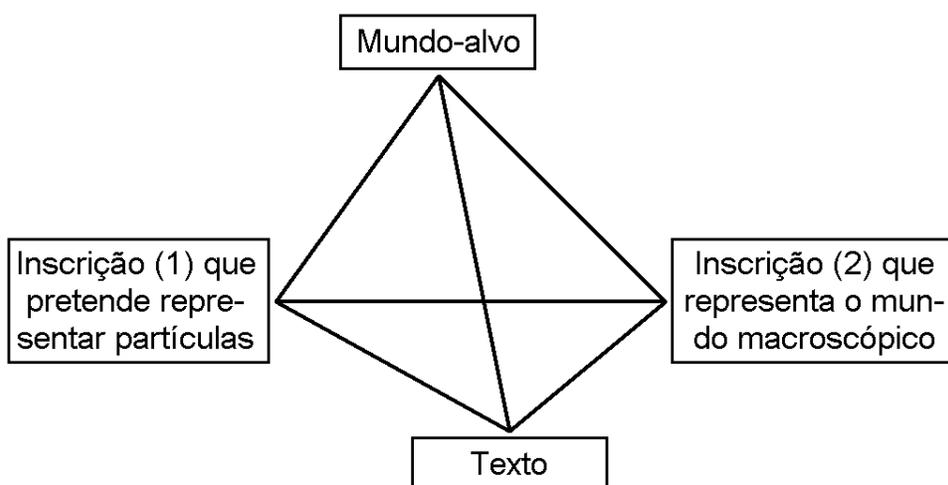


Figura 4 – Esquema do modelo semiótico de leitura das inscrições químicas. Reprodução traduzida de Han e Roth (2006)

Eco (1991a) sugere que os signos devam ser entendidos como a unidade fundamental de Semiótica. Lemke (1998), na mesma linha, propõe que os gráficos e as respectivas legendas sejam considerados signos diferentes. Seguimos a mesma linha de entendimento, analisando os gráficos como as verdadeiras e estritas representações visuais, e deixando a análise das legendas como contextual, secundária.

Para completar o exposto nesta seção, citamos Falcão (1996), que, embora não trabalhe com o referencial sócio-semiótico, aponta, de forma genérica, que apenas na escola os alunos têm acesso a representações gráficas e, por esta razão, cabe a ela ensinar o uso de tais representações, uma vez que não existem situações cotidianas a um aluno em que o uso de gráficos possa se lhe tornar familiar. A vantagem vista por este autor no uso destas representações consiste no fato de que o gráfico permite *visualizar* certos conceitos, tais como a solução de um sistema de equações matemáticas. Roth, Bowen e Masciotra (2002), em consonância com diversos outros autores, citam exemplos do uso de gráficos nas mais diversas áreas do conhecimento. Assim, o ensino do

graficismo na escola parece mais que inevitável: faz-se necessário. E a ferramenta semiótica parece bastante apropriada para entender melhor os aspectos relacionados a esta tarefa.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo, explicitaremos quais foram os objetos pesquisados, os instrumentos de pesquisa utilizados na obtenção dos dados e os procedimentos que utilizamos na análise classificacional e qualitativa dos dados obtidos. Foram utilizados, na determinação de categorias de classificação das representações visuais dos livros didáticos analisados, classificadores elaborados com base nos conhecimentos advindos da área da Semiótica; em particular, da Semiótica Social (HODGE; KRESS, 1988; KRESS; van LEEUWEN, 1996), como já exposto.

4.1. Objetos da pesquisa

Foram utilizadas como objetos de pesquisa cinco coleções didáticas de Química, tendo sido escolhidas por estarem entre as mais comumente adotadas no Ensino Médio no Estado de São Paulo, de acordo com Franco (2006), que descreveu e analisou aspectos do ensino de Química na cidade de Barretos. Embora haja limitações nesta referência, já que a autora não pretendeu fazer uma pesquisa extensa sobre a utilização de cada obra, é possível constatar, paralelamente, em conversas informais com alunos e professores da Capital e do Interior, que os livros de nossa seleção realmente estão entre os mais utilizados no Estado de São Paulo. É importante mencionar, também, que, das cinco coleções selecionadas por nós para este estudo, duas encontram-se entre os seis títulos recomendados nas avaliações realizadas pelo Pnlem para o ano de 2007 (BRASIL, 2006), sendo que estas são as únicas obras em três volumes entre as recomendadas pelo governo federal – as quatro outras obras aprovadas para o Pnlem/2007 são no formato de volume único.

As coleções escolhidas compreendem três volumes, um para cada ano do Ensino Médio. Em todas as coleções escolhidas, o volume número 1 corresponde aos conteúdos de Química Geral, Química Inorgânica e Cálculos Químicos, o volume 2 compreende os conteúdos de Físico-Química, enquanto o volume 3 enfoca os conteúdos de Química Orgânica.

As coleções escolhidas foram:

- FELTRE, Ricardo. **Química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. 3 v.

Volume 1: ISBN 8516043282

Volume 2: ISBN 8516043304

Volume 3: ISBN 8516043320

Esta obra consta da lista de títulos recomendados do Pnlem/2007.

- USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 3 v.

Volume 1: ISBN 8502053388

Volume 2: ISBN 850205340X

Volume 3: ISBN 8502053426

- LEMBO, Antonio. **Química: realidade e contexto**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2004. 3 v.

Volume 1: ISBN 8508093292

Volume 2: ISBN 8508093314

Volume 3: ISBN 8508093330

- PERUZZO, Francisco Miragaia (Tito); CANTO, Eduardo Leite do. **Química na Abordagem do Cotidiano**. 3. ed. São Paulo, Moderna, 2003. 3 v.

Volume 1: ISBN 8516036936

Volume 2: ISBN 8516036952

Volume 3: ISBN 8516036979

Esta obra consta da lista de títulos recomendados do Pnlem/2007.

- FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente Química**. São Paulo: FTD, 2001. 3 v.

Volume 1: ISBN 8532245935

Volume 2: ISBN 8532245919

Volume 3: ISBN 8532245927

Todos os livros são divididos em capítulos, os quais foram classificados de acordo com o tema a que se referiam. Cada volume compreende duas partes facilmente identificáveis, alternantes ao longo do texto: uma, referente à explanação da teoria, e outra, concernente a exercícios, resolvidos ou não.

A partir deste ponto, as obras apresentadas passarão a ser identificadas apenas por um nome, relacionado ao sobrenome ou à alcunha do primeiro ou do único autor, a saber: Usberco, Feltre, Lembo, Tito, Reis.

Consideramos que a análise de exemplares típicos dos materiais utilizados nas escolas de nível Médio deste Estado não apenas possibilitou, como veremos, a discussão de características comuns ou não a todas as obras, como também derivou hipóteses a ser estudadas no futuro.

4.2. Instrumentos de obtenção e análise preliminar de dados

Nossa proposta inicial para este trabalho foi a de examinar a prevalência, a função, a estrutura e a relação dos gráficos cartesianos com os textos que os circundam, buscando conhecer melhor tais aspectos relacionados ao uso desses gráficos nos textos didáticos. Podemos

considerar a existência de duas linhas complementares de abordagem da análise de representações não-verbais: a primeira consiste na análise das imagens segundo a sua morfologia, ou seja, segundo suas características físicas e estruturais ou suas formas de representação; a segunda linha pretende analisar as imagens em termos de sua função em relação ao texto (DUCHASTEL; FLEURY; PROVOST, 1990; GARCÍA; CERVANTES, 2004).

Para que ambas as abordagens fossem contempladas na análise, inicialmente, realizamos um levantamento de referências que indicassem a frequência e a variedade dos diversos tipos de representações visuais encontradas nos livros didáticos. Encontramos o trabalho de Han e Roth (2006), que trata dos diversos tipos de inscrições presentes em livros de Química do Ensino Secundário da Coreia do Sul. As categorias de inscrições, como definidas pelos autores, são: fotografias, desenhos, diagramas, sistemas²⁴, cartuns, mapas conceituais, tabelas, gráficos, equações, inscrições mistas. É importante notar que Han e Roth consideraram os gráficos cartesianos como pertencentes à mesma categoria que os demais tipos de gráficos. Em outras palavras, os gráficos 1D e 2D foram considerados como pertencentes à mesma categoria, o que não ocorre em nosso trabalho. As categorias descritas são coerentes com a proposta de Pozzer e Roth (2003) e Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), que entendem haver um contínuo do nível de abstração nas diversas classes de inscrições, dependendo da quantidade de detalhe contextual que carregam, em segundo plano, do próprio objeto central. Estas classes são, pela ordem crescente do nível de abstração: mundo; fotografias; desenhos naturalísticos; mapas e diagramas; gráficos e tabelas; equações. A representação destas classes pode ser vista na Figura 5.

²⁴ Sistemas são definidos como modelos de causa e efeito, relacionados por setas, linhas ou palavras.

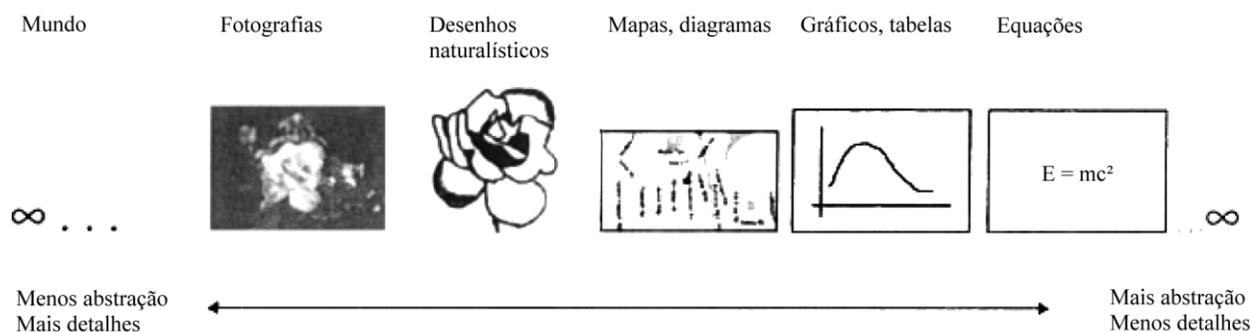


Figura 5 – Contínuo do nível de abstração das representações. Reprodução traduzida de Pozzer e Roth (2003)

Segundo Han e Roth, os gráficos correspondem a 1,6% de toda a área dos livros sul-coreanos ocupada por inscrições. Naquele país, as fotografias ocupam 55,8% da área e, em segundo lugar, os cartuns, com 11,9%. Embora esta última proporção seja nitidamente diferente da encontrada nos livros brasileiros por nós examinados, onde são raras as ilustrações do tipo cartum, isto não invalida a consideração dos números proporcionais de sua contagem de gráficos, tanto por serem dados independentes quanto pela percepção obtida por nós ao folhear os livros brasileiros. Mortimer (1988) realizou análise da porcentagem do espaço ocupado por textos, exercícios e outros itens nos livros brasileiros da época, embora tenha descrito todas as inscrições genericamente como “ilustrações”, o que não possibilita um confronto com a informação de Han e Roth. Segundo Mortimer, cerca de 1/3 da área dos livros examinados é ocupada pelas ilustrações.

A partir desta informação, realizamos um levantamento específico da frequência e da variedade dos gráficos cartesianos encontrados nos livros didáticos. Nesta etapa, foram levados em consideração, separadamente, os gráficos associados à explanação da teoria e os gráficos utilizados no contexto dos exercícios, além de ter sido realizada uma classificação pelo tema tratado no capítulo sobre aquele gráfico. As categorias de temas utilizadas foram elaboradas por nós, tendo, também, como apoio, as categorias expostas no trabalho de Franco (2006), que em

nada confrontam com os referenciais utilizados neste trabalho. Seguem descritas nossas categorias.

- *Volume 1*

Introdução ao estudo da Química; Aspectos macroscópicos da matéria; Teorias atômicas; Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas; Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular; Funções inorgânicas; Reações químicas; Grandezas químicas; Estudo do estado gasoso ideal; Cálculos estequiométricos.

- *Volume 2*

Soluções e dispersões coloidais; Propriedades coligativas; Termoquímica; Eletroquímica; Cinética química; Introdução a equilíbrios químicos; Equilíbrios em solução aquosa; Química nuclear.

- *Volume 3*

Cadeias carbônicas e compostos orgânicos; Funções orgânicas e nomenclatura; Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos; Isomerias; Reações orgânicas; Compostos de interesse biológico e polímeros.

Estas classificações serviram para subsidiar a escolha, para parte da análise qualitativa posterior, de quatro temas específicos do currículo de Química do Ensino Médio brasileiro: exatamente aqueles que foram mais contemplados com gráficos.

4.3. Instrumentos de obtenção e análise classificacional de dados

Concluído o levantamento exposto na seção anterior, analisamos detalhadamente os gráficos cartesianos constantes da parte teórica dos capítulos das coleções de livros de Química do Ensino Médio. Já mencionamos que Roth, Bowen e Masciotra (2002) consideram que, em um nível, os gráficos são textos que podem ser analisados estruturalmente em termos de seus signos constituintes e da relação entre tais signos, e que, em um segundo nível, os gráficos são signos que se associam a outras configurações materiais, como símbolos e coisas, que as pessoas fundamentam no mundo. Estes dois níveis de processos são chamados pelos autores, respectivamente, *estruturação* – processo de coisa para signo – e *fundamentação* – processo de signo para mundo. Nesta seção, portanto, tratamos da metodologia de pesquisa do primeiro nível; na próxima seção, tratamos da metodologia da pesquisa do segundo.

Uma primeira etapa desta análise classificacional, morfológica, consistiu em classificar os gráficos da parte teórica de acordo com as categorias sugeridas por Roth, Bowen e McGinn (1999) e Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005) e adaptadas por nós. Tais categorias foram desenvolvidas com o objetivo de comparar gráficos de livros didáticos com gráficos de artigos científicos sob o referencial da Semiótica Social e da Sociologia do Conhecimento Científico, e, por esta razão, eram adequadas para o nosso propósito. Como se verá, todas as categorias foram representadas por, pelo menos, um gráfico nos livros examinados, à exceção da última. As adaptações realizadas por nós foram elaboradas durante a análise, de acordo com a necessidade de melhorias nos classificadores observada na prática analítica. A Figura 6 mostra as categorias sugeridas, baseadas parcialmente em reprodução de Roth, Bowen e McGinn (1999).

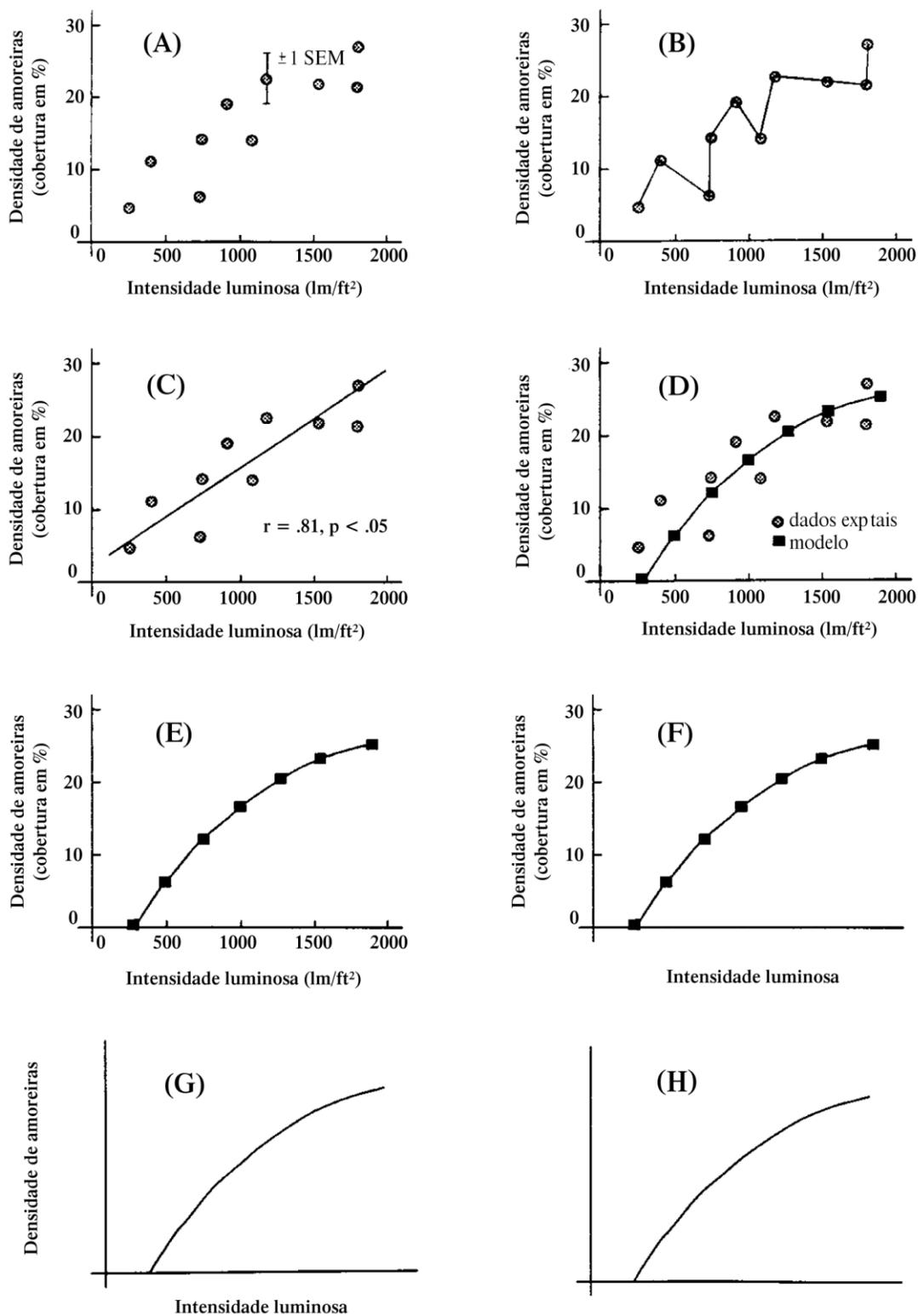


Figura 6 – Categorias de classificação de gráficos adaptadas de Roth, Bowen e McGinn (1999). As diversas representações são identificadas por letras de A a H

As categorias que utilizaremos, ou seja, as categorias já adaptadas, são as que seguem:

- (G1) gráficos de dispersão incluindo apenas os pontos de dados experimentais, com ou sem linhas de conexão entre os pontos dos dados experimentais;
- (G2) gráficos de dispersão incluindo os pontos de dados experimentais e a melhor curva e/ou modelo estatístico e/ou a curva do modelo matemático;
- (G3) gráficos (com as escalas em ambos os eixos) incluindo apenas a curva do modelo matemático;
- (G4) modelos gráficos, sem escalas em um dos eixos, incluindo apenas a curva do modelo matemático;
- (G5) modelos gráficos, sem escalas nos dois eixos, incluindo apenas a curva do modelo matemático;
- (G6) modelos gráficos, sem escalas e sem legenda em pelo menos um dos eixos cartesianos, incluindo apenas a curva do modelo matemático;
- (G7) curvas representadas apenas por gestos em conversas pessoais ou palestras.

Fazendo-se a comparação entre estas categorias e as categorias da Figura 6, percebemos que os gráficos A e B da Figura 6 seriam classificados na categoria G1, os gráficos C e D na categoria G2, o gráfico E na categoria G3, o gráfico F na categoria G4, o gráfico G na categoria G5, e o gráfico H na categoria G6. A categoria G7 não é associada a uma representação visual registrada em papel; logo, não deve ser encontrada em nossa investigação.

Um trabalho da mesma linha de análise (POZZER; ROTH, 2003) dedica particular atenção às relações semióticas existentes entre a representação visual e o texto ao seu redor, com destaque para a integração existente entre estas representações e as legendas, assim como entre este conjunto e o texto principal do livro. Como já se mencionou, a relação entre elementos verbais e elementos icônicos de um texto didático é crucial e não pode ser ignorada.

Considerando-se que, do ponto de vista da Semiótica, os gráficos, as respectivas legendas e o texto relacionado são signos diferentes (ECO, 1991b), que interagem entre si, o referido trabalho sugere categorias de representações visuais, baseadas em sua capacidade de comunicação e complementaridade com o texto. As categorias, apresentadas a seguir, foram aplicadas por nós na análise dos gráficos, com a necessidade de pequenas adaptações. As categorias são:

- *Decorativa*: representação sem referência direta a ela no texto;
- *Ilustrativa*: representação com legenda e/ou comentários e/ou referência no texto, que permita associá-la ao fenômeno por ela representado, embora nenhuma outra informação esteja disponível;
- *Explanatória*: representação com legenda e/ou referência no texto que a associa ao fenômeno por ela representado, e que ainda acrescenta alguma explicação, informação ou classificação deste fenômeno;
- *Complementar*: representação com legenda que a associa ao fenômeno por ela representado e que, além de acrescentar uma explicação ou classificação deste fenômeno, ou seja, além de ser explanatória, traz novas informações, no gráfico ou na legenda, não contidas no texto principal, a seu respeito, de tal forma que seja impossível dissociar texto e gráfico.

Entendemos que tais categorias, na ordem em que foram expostas, classificam inscrições progressivamente mais elaboradas, mais integradas com o texto e, portanto, mais imprescindíveis para o entendimento do assunto em questão.

É importante, também, mencionar que já não eram esperados muitos gráficos na primeira categoria, pois, ao contrário do que pode ocorrer mais facilmente com ilustrações – uso meramente decorativo, com o objetivo de ocupar espaço ou de tornar o livro didático mais atraente –, os gráficos dificilmente são empregados com baixa integração com o texto; foi o que ocorreu, como se vê no próximo capítulo.

Duchastel, Fleury e Provost (1990) sugerem que as imagens têm três papéis ou funções possíveis em um texto didático: a função *atencional*, referida às imagens que servem para motivar o estudante; a função *explicativa*, associada às imagens dirigidas à facilitação da compreensão; e a função *retencional*, que se refere às imagens que auxiliam na relembração de um assunto anterior. Lombardi, Caballero e Moreira (2005), adaptando classificadores de funções semióticas de Lemke (1998), crêem que existam, também, três funções: *exibicional*, dos conteúdos e suas relações; *organizacional*, da estrutura dos conteúdos que apresenta; e *orientacional*, dos recursos usados pelo autor para destacar o que acredita ser importante. Dimopoulos, Koulaïdis e Sklaveniti (2003) sugerem quatro funções diferentes, também baseadas nos princípios da Semiótica Social: *narrativa*, *classificacional*, *analítica* e *metafórica*.

Consideramos que estas categorias se complementam, à medida que tratam de aspectos diferentes das funções das imagens, ao mesmo tempo em que não há contradição entre as categorias de Duchastel, Fleury e Provost (1990) e os referenciais de nosso trabalho. No entanto, todos os três trabalhos citados foram voltados para a análise de representações visuais em geral e, por esta razão, em nosso trabalho, sugerimos quatro outras categorias de funções, específicas para classificar os gráficos cartesianos, baseadas nas categorias propostas nos trabalhos supracitados. São elas:

- *Motivacional*: função do gráfico que serve para motivar o estudante, ou para lhe fornecer uma explicação matemática preliminar. É a função da representação que suplementa o texto didático.
- *Exposicional*: função do gráfico que pretende expor um fato científico sem, no entanto, tentar explicá-lo. Associa-se, muitas vezes, aos gráficos abstratos, como definidos na seção 1.8.

- *Explicativa*: função do gráfico que pretende subsidiar uma explicação supostamente científica. Associa-se, muitas vezes, aos gráficos de dados, como definidos na seção 1.8.

- *Retencional*: função do gráfico que se refere a uma explicação dada anteriormente no livro-texto ou no currículo escolar, pela ordem temporal típica. Neste caso, entendeu-se a ordem como dada pela seqüência dos volumes dos livros.

Para esta análise, muitas vezes, foi preciso, também, tentar entender qual a intenção que o autor teve ao dispor o gráfico na posição e situação em que se encontra, para que o gráfico pudesse ser classificado por sua função. Mesmo assim, privilegiou-se a real função semiótica do gráfico, em detrimento do propósito do autor para a função daquele gráfico.

Fizemos uso, também, das categorias utilizadas por García e Cervantes (2004), com ligeira adaptação, para a análise de livros de Física e de Química espanhóis voltados para o nível Secundário pelo referencial semiótico. Tais variáveis foram divididas em três grupos principais, como exposto a seguir.

Estrutura do gráfico

- (E1) Estabelecimento correto das variáveis;
- (E2) Utilização correta de unidades;
- (E3) Apresentação dos dados dentro e fora do gráfico;
- (E4) Denominação correta dos eixos gráficos;
- (E5) Apresentação de um título adequado.

Inclusão de elementos informativos no gráfico

- (I1) Inclusão de fórmulas químicas;

- (I2) Inclusão de fórmulas algébricas;
- (I3) Inclusão de dados numéricos;
- (I4) Inclusão de ilustrações e ícones;
- (I5) Inclusão de termos ou conceitos químicos;
- (I6) Inclusão de símbolos próprios do campo conceitual da Química.

Informação incluída no contexto gráfico

- (T1) Presença de informação relevante para entender os dados transcritos ou exibidos no gráfico;
- (T2) Inclusão de práticas científicas associadas à elaboração do gráfico, tais como experimentos, provas, ensaios e tabelas de dados;
- (T3) Referência a conceitos pertencentes ao campo conceitual da Química;
- (T4) Inclusão de fórmulas matemáticas e funções associadas ao gráfico;
- (T5) Definição de variáveis presentes no gráfico;
- (T6) Referência a fenômenos cotidianos ou a aplicações tecnológicas relacionados com as representações gráficas.

Das variadas análises classificacionais propostas nesta seção, esta pode ser considerada a mais importante para direcionar a análise qualitativa posterior. Isto porque, além de as variáveis de análise sugeridas pelos autores citados complementarem as categorias propostas anteriormente – embora, em alguns casos, possa ter havido redundância –, tais variáveis são bastante adequadas para aplicação na avaliação de gráficos didáticos, tais como os que são comuns nos livros-texto.

4.4. Procedimentos para a análise semiótica qualitativa

Concluída a classificação dos gráficos cartesianos presentes nos livros didáticos de Química, dedicamo-nos à avaliação das relações estabelecidas entre estes gráficos, suas legendas e os textos principais aos quais se referem, nas obras como um todo e, em particular e com atenção especial:

- aos quatro temas cujos capítulos são referentes aos tópicos mais amplamente ilustrados com gráficos cartesianos nos livros didáticos estudados;
- aos gráficos e temas que poderiam, paradigmaticamente, mostrar as conclusões obtidas de nosso trabalho analítico anterior;
- aos gráficos e temas que geraram interesse especial pela diversidade de abordagens pelos autores.

Como já mencionado, para Eco (1991b), do ponto de vista da Semiótica, gráficos, legendas e texto relacionado são signos diferentes, que interagem entre si. As relações entre tais signos se estabelecem mais fortemente pela introdução, no texto, de índices como “veja o gráfico 5”, ou “gráfico da variação da entalpia ao longo do tempo, ao lado”. Resultados obtidos por pesquisadores da área, como Martins (1997) e Carneiro (1997), indicam a grande importância da presença de referências às representações visuais no texto principal, algo que, segundo estes mesmos pesquisadores, é, muitas vezes, negligenciado pelos autores dos livros. Desta forma, a investigação das condições ou situações em que os gráficos cartesianos surgem nos livros didáticos de Química pode servir de subsídio para a produção de livros que utilizem índices, textos e gráficos que mais favoreçam o aprendizado.

Para a análise semiótica desses gráficos, também fizemos uso de categorias e variáveis que não são facilmente quantificáveis. Belmiro (2000), por exemplo, lembra ser possível classificar as imagens em pelo menos dois tipos: usadas em livros didáticos ou feitas especialmente para os livros. Cada um destes tipos de gráficos possui suas características. As diferenças entre estes dois tipos de gráficos têm origem primeira na recontextualização, ou seja, na reconstrução do discurso científico pelos educadores em Ciências, como discutimos na *Introdução* deste trabalho. As conseqüências desta recontextualização nos gráficos também foi alvo de discussões analíticas.

De Jiménez e Perales (2001) e Perales e Jiménez (2002), observamos os classificadores utilizados na caracterização da função específica desempenhada pelo gráfico de acordo com o texto ao qual se refere. Embora os autores tenham desenvolvido tais classificadores com base na teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983), é possível perceber uma faceta social em tais classificadores, o que permitiu, ao menos, orientar-nos no processo de avaliação da intenção do autor com o uso de um dado gráfico em comparação com os seus possíveis usos por professores e alunos. São eles: *evocação* de uma experiência cotidiana; *definição* de um novo termo em seu contexto teórico; *aplicação*, que consolida ou estende uma definição; *descrição* de fatos ou acontecimentos não-cotidianos e não-familiares ao leitor; *interpretação* de conceitos teóricos para descrever relações; e *problematização*, que põe à prova as idéias dos alunos e fomenta a curiosidade. Tais classificadores auxiliam na precisa localização de uma imagem em relação à seqüência didática em que aparece a ilustração. Em nosso caso, poucos foram os capítulos em que os gráficos apareceram em abundância tal que cobrissem todas estas funções específicas, o que também evidencia a reserva com que estes classificadores foram utilizados por nós.

Perales e Jiménez (2002), em seu trabalho referenciado pela Análise de Conteúdo, abordada neste trabalho no capítulo *Referenciais teóricos*, consideram haver seis categorias de

análise para imagens, já mencionadas no item 1.11: função da seqüência didática em que aparecem; iconicidade; funcionalidade; relação com o texto principal; etiquetas verbais, ou seja, textos incluídos nas imagens; conteúdo científico que as sustenta. Embora o referencial dos autores não seja comum com o referencial utilizado por nós, as categorias propostas têm relação direta com o estudo dos sinais, com a Semiótica. Esta lista de categorias nos guiou na análise, de forma a não nos esquecermos de nenhum aspecto semiótico relacionado aos gráficos. A análise apresentada a seguir contempla todas estas categorias.

Nas seções 3.6 e 3.7, foram expostos princípios que regeram a análise semiótica aqui realizada, de Hodge e Kress (1988), Lemke (1990), Duval (1999), Roth, Bowen e Masciotra (2002), entre outros. Agora, vamos tratar de alguns outros aspectos práticos da metodologia da pesquisa, complementando o que já foi exposto naquelas seções.

Como já se mencionou na seção 3.7, Kress e van Leeuwen classificam as representações visuais como narrativas ou conceituais, sendo que estas últimas podem representar processos classificatórios, analíticos ou simbólicos. Os processos analíticos, nos quais haveria um *Portador* e seus respectivos *Atributos Possessivos*, e aos quais os gráficos comumente se associam, podem ser classificados como pertencentes a variadas categorias, não necessariamente excludentes. Tais categorias podem ser observadas na Figura 7 a seguir, adaptada do esquema observado na página 107 de Kress e van Leeuwen (1996).

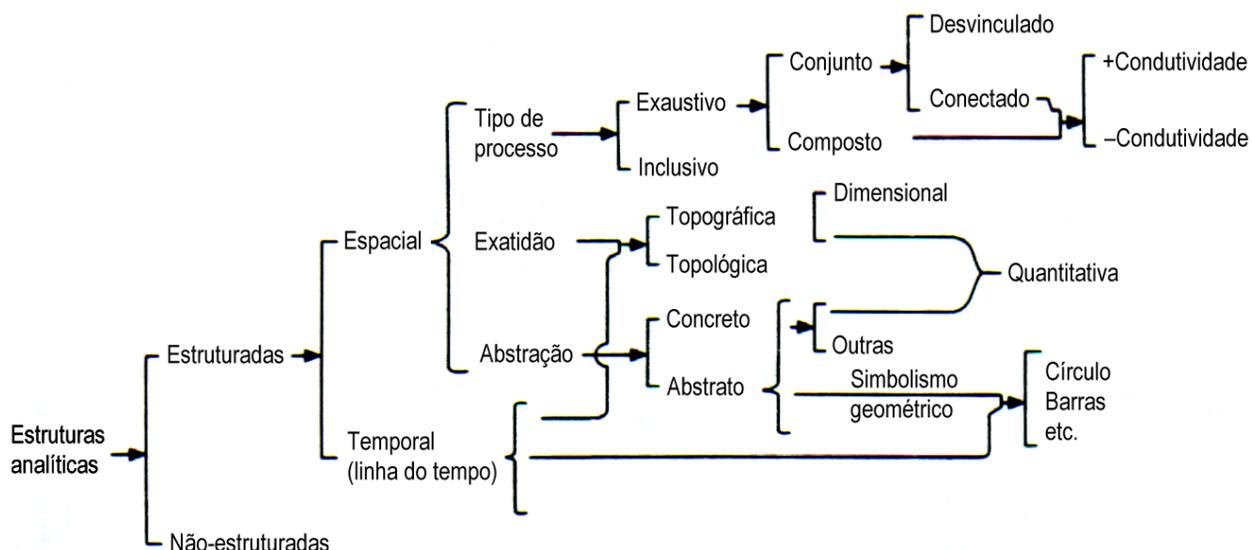


Figura 7 – Estruturas analíticas imagéticas. Reprodução traduzida de Kress e van Leeuwen (1996)

Algumas destas categorias de processos analíticos são destacadas, com suas respectivas descrições. É possível notar que parte delas concordam com as categorias de classificação expostas na seção anterior.

- Processos analíticos *não-estruturados*: um conjunto não-ordenado de atributos possessivos é interpretado como um conjunto de partes de um todo, sendo que este último não é representado.
- Processos analíticos *temporais*: um conjunto de atributos possessivos é ordenado em uma linha temporal e interpretado como um conjunto de estágios sucessivos de um processo desdobrado temporalmente.
- Processos analíticos *exaustivos*: o portador é retratado como se fosse composto por um certo número de atributos possessivos, e a estrutura é interpretada como se mostrasse todas as partes que constituem o inteiro.
- Exatidão *topográfica dimensional*: o portador e os atributos possessivos de um processo analítico estão dispostos em escala.

- Exatidão *topográfica quantitativa*: o tamanho dos atributos possessivos em um processo analítico representa precisamente o número ou algum outro atributo quantitativo dos atributos possessivos.

- Exatidão *topológica*: o portador e os atributos possessivos de um processo analítico não estão dispostos em escala, mas a forma como encontram-se interconectados está descrita com exatidão.

Martins (1997), como já mencionamos, afirma que estas categorias de classificação propostas por Kress e van Leeuwen (1996) formam um conjunto com bom potencial para análises de livros didáticos de Ciências, não por permitir a classificação das estruturas, mas por possibilitar a representação, discussão e exposição das relações conceituais que se estabelecem entre as entidades representadas nos materiais didáticos. Aqui, além de classificar as estruturas segundo descritores adaptados de outros autores que já fizeram uso do referencial sócio-semiótico, como descrito na seção anterior, também discutimos e explicitamos as referidas relações conceituais.

Também já foi dito, embora, aqui, caiba um reforço da citação de Lemke (1990), de que as análises realizadas sob o referencial sócio-semiótico têm base nos próprios registros gravados, e não em conceitos semióticos como os classificadores sugeridos por Kress e van Leeuwen (1996), entre outros. Tais conceitos são apenas abstrações, padrões compartilhados pelas fontes de signos, os quais servem de guia para as análises sócio-semióticas. Isto posto, seguiremos com as análises propriamente ditas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciaremos este capítulo com a exposição dos dados quantitativos das contagens preliminares. Estas contagens classificam os gráficos em relação ao volume em que aparecem, determinam se os gráficos se referem à parte da explicação teórica ou à parte dos exercícios, e, por fim, a que assunto estão associados os gráficos.

A seguir, realizamos análises classificacionais, que versaram sobre os seguintes aspectos dos gráficos cartesianos: características morfológicas e estruturais; função; relação com o texto principal; existência de elementos informativos.

Como mencionamos anteriormente, as análises classificacionais subsidiaram a análise qualitativa realizada posteriormente, igualmente disposta neste capítulo. Esta análise qualitativa sob o olhar da Semiótica Social e da Educação em Ciências versou, inicialmente, sobre os temas mais ricos em gráficos; em seguida, sobre alguns temas e gráficos que consideramos importante realizar uma análise mais detalhada; e, por fim, voltamos nosso olhar às obras como um todo.

5.1. Gráficos cartesianos: número por coleção e volume

O primeiro procedimento realizado por nós foi a realização de uma contagem dos gráficos presentes em cada um dos volumes dos livros didáticos analisados. Foram considerados gráficos, para efeito desta seção, as representações visuais como as definidas anteriormente, na seção 1.8, como gráficos 2D. A Tabela 1 indica o número de gráficos cartesianos presentes em cada um dos quinze volumes pesquisados. O Gráfico 11 também aponta informação relevante sobre estes números. Não foram levados em consideração quaisquer gráficos cartesianos que se encontravam

fora do conteúdo dos capítulos, ou seja, não foram computadas as inscrições de índices, sumários, apêndices, exercícios suplementares ao fim do livro e soluções dos exercícios propostos (gabaritos). Considerou-se, desta forma, gráfico da parte teórica aquele que se encontra na mesma região que a explicação teórica do autor, e gráfico da parte de exercícios aquele que dá suporte, complementa ou suplementa o enunciado de um exercício proposto. Gráficos de exercícios resolvidos também foram considerados como pertencentes à parte de exercícios.

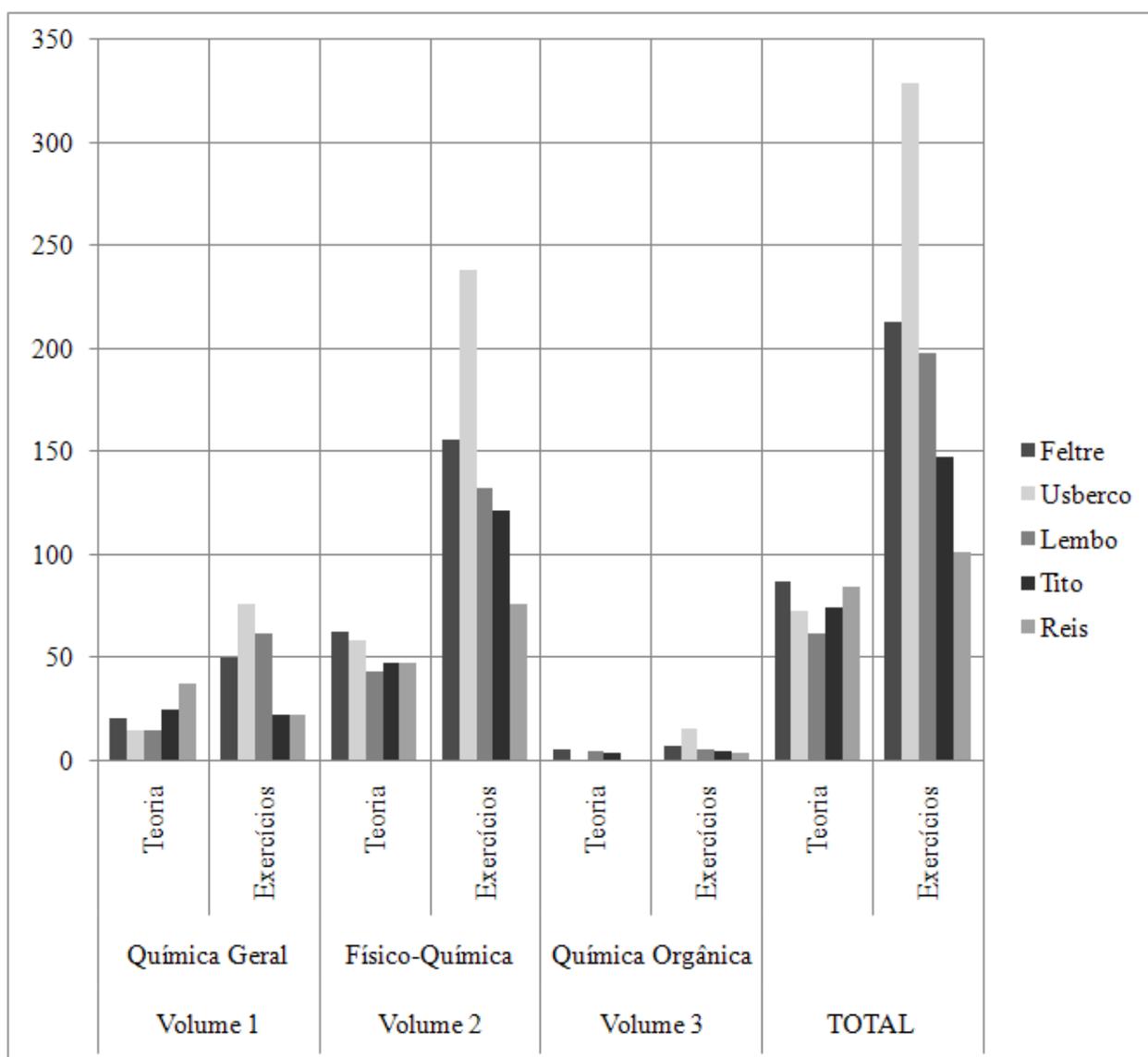


Gráfico 11 – Número absoluto de gráficos cartesianos por coleção e volume

Tabela 1 – Número absoluto de gráficos cartesianos por coleção e por volume

Obra/ Volume	Volume 1 Química Geral		Volume 2 Físico-Química		Volume 3 Química Orgânica		TOTAL		TOTAL GERAL
	T	E	T	E	T	E	T	E	
Feltre	20	50	62	156	5	7	87	213	300
Usberco	14	76	58	238	-	15	72	329	401
Lembo	14	61	43	132	4	5	61	198	259
Tito	24	22	47	121	3	4	74	147	221
Reis	37	22	47	76	-	3	84	101	185
TOTAL	109	231	257	723	12	34	378	988	1366

Legenda: T – teoria; E – exercícios.

Um olhar sobre os dados desta tabela revela que os volumes referentes ao estudo da Química Orgânica são os menos ricos em gráficos, e que os volumes referentes à Físico-Química, os que mais possuem este tipo de representação.

O total de gráficos da parte teórica, nas cinco coleções estudadas, não varia significativamente: oscila entre 61, em Lembo, e 87, em Feltre. Isto sugere, preliminarmente, que existiria um consenso ou paradigma sobre o número de gráficos necessários e/ou suficientes para a compreensão dos temas estudados. No entanto, o número de gráficos em exercícios varia consideravelmente. O Gráfico 12 a seguir mostra a razão entre o número de gráficos de exercícios e de teoria.

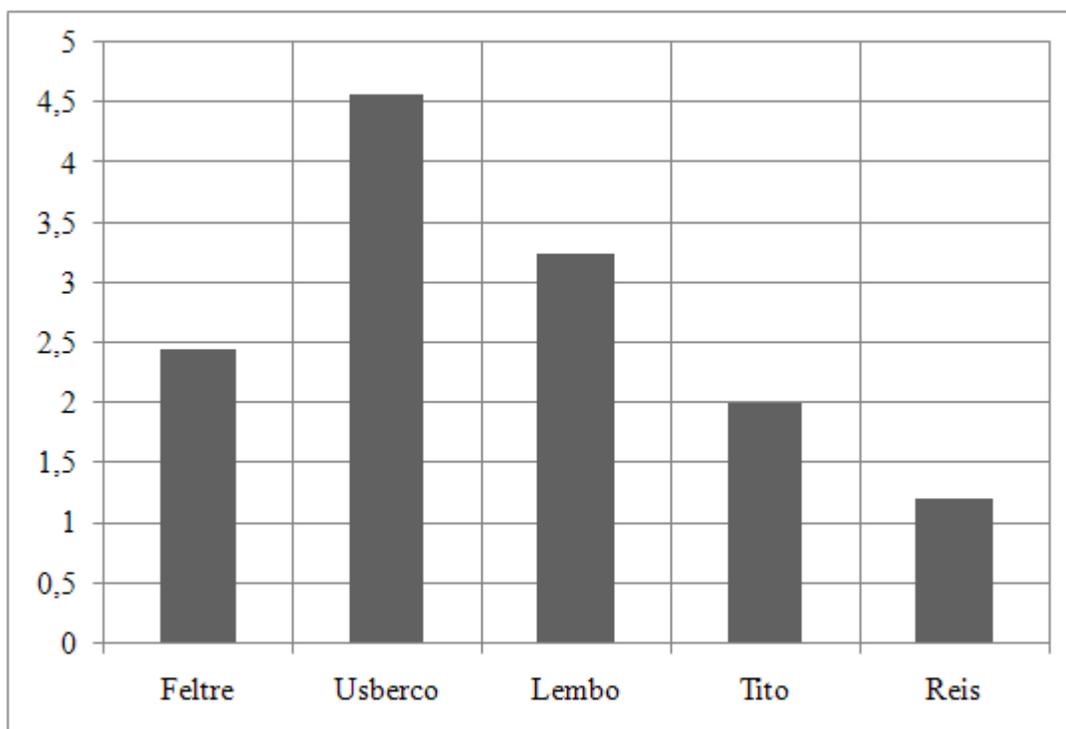


Gráfico 12 – Razão entre o número de gráficos em exercícios e em parte teórica, por obra

Esta diferença é bastante significativa, e poderia indicar diferença nos critérios de seleção dos exercícios. Para um exame mais minucioso desta hipótese, construímos a Tabela 2 a seguir, que indica o número de exercícios de cada volume e autor. Cabe destacar que os exercícios foram contados a partir das páginas de soluções e/ou respostas e/ou gabaritos. Portanto, trata-se, apenas, de uma aproximação, embora suficientemente válida para a análise em questão. A mesma tabela combina estas informações com aquelas constantes da Tabela 1, indicando a razão entre o número de gráficos de exercícios e o número total de exercícios.

Tabela 2 – Número de exercícios por coleção e por volume e razão do número de gráficos na parte de exercícios pelo número de exercícios por coleção e volume

Obra/ Volume	Volume 1 Química Geral		Volume 2 Físico-Química		Volume 3 Química Orgânica		GERAL	
	E	R	E	R	E	R	E	R
Feltre	1108	0,0451	1058	0,1474	866	0,0081	3032	0,0703
Usberco	1370	0,0554	1580	0,1506	1038	0,0145	3988	0,0825
Lembo	1166	0,0523	1177	0,1121	534	0,0094	2877	0,0688
Tito	947	0,0232	942	0,1285	690	0,0058	2579	0,0570
Reis	1197	0,0184	1200	0,0633	1125	0,0027	3522	0,0287
TOTAL	5788	0,0399	5957	0,1214	4253	0,0080	15998	0,0618

Legenda: E – número absoluto de exercícios; R – razão entre o número de gráficos de exercícios e o número de exercícios.

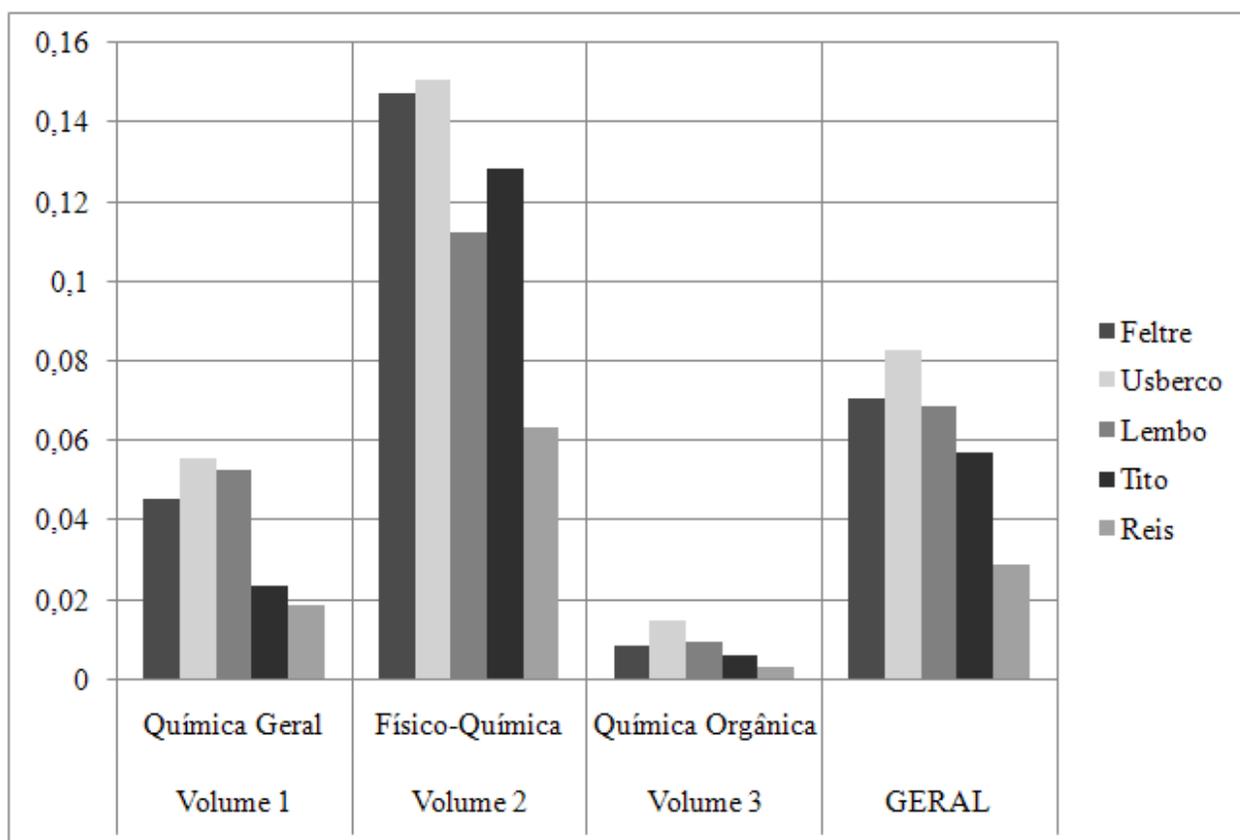


Gráfico 13 – Razão do número de gráficos na parte de exercícios pelo número de exercícios por coleção e volume

Com os dados da Tabela 2, podemos concluir que, de fato, há diferença na escolha dos exercícios. Significativamente, Reis tem menor número proporcional de exercícios com gráficos, o que já havia sido constatado pelo Gráfico 12 e confirmou-se de forma inequívoca quando levados em consideração os números relativos apresentados na Tabela 2. É possível perceber, pela mesma tabela e também pelo Gráfico 13, que a obra Usberco é a que possui o maior índice de gráficos em exercícios. Na prática, isto significa que o autor desta obra privilegiou a sua composição com os exercícios que continham gráficos. Estes dados colocam a obra de Usberco em um nível isolado em relação às demais; as obras de Feltre e Lembo num mesmo patamar, de índice ligeiramente inferior, Tito ainda abaixo, e, por fim, Reis, com um número relativo de exercícios com gráficos pouco superior a 1/3 da proporção apresentada por Usberco.

A preferência por exercícios que contêm gráficos cartesianos sugere que o autor se preocupa com o aprendizado e o domínio, pelos alunos, das ferramentas do graficismo. No entanto, não é possível saber se a inclusão de exercícios com gráficos em maior ou menor grau foi uma decisão consciente. De qualquer forma, é positivo que os autores explorem, nos exercícios, o conhecimento das diversas formas de representação visual. A próxima seção indicará quais os temas em que mais os autores recorrem a gráficos, seja ao compor a explicação teórica ou a lista de exercícios.

5.2. Distribuição dos gráficos de acordo com o tema estudado

Um rápido folhear de qualquer livro didático mostra que a distribuição dos gráficos ao longo do texto não é uniforme. Inicialmente, separamos os capítulos dos livros estudados de acordo com os temas de Química Geral, Físico-Química e Química Orgânica. Isto pôde ser feito

de modo bastante eficiente, visto que havia grande coincidência entre as categorias elaboradas por nós e a divisão dos conteúdos nos capítulos e volumes das obras pesquisadas. As informações obtidas por este processo estão dispostas nas tabelas 3, 4 e 5 a seguir.

Tabela 3 – Distribuição dos capítulos por assunto e autor – volume 1 – Química Geral

Assunto/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis
Introdução ao estudo da Química	1	1, 2, 3	1 (módulo 1)	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 15
Aspectos macroscópicos da matéria	2, 3	4, 5, 6, 7, 8	1 (demais módulos)	2	7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20
Teorias atômicas	4	9, 10, 11, 12	2	4, 5	32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	5	13, 14	3	6	39, 40, 41, 42, 43, 44
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	6, 7	15, 16, 17, 18, 19, 20	4, 5	7, 8, 9	45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57
Funções inorgânicas	8, 9	21, 22, 23, 24, 25	6	10, 11	58, 59, 60, 61, 62, 63, 64
Reações químicas	10	26, 27, 28	7	3, 12	65, 66, 67, 68, 69, 70
Grandezas químicas	11, 13	29	8	13	21, 26, 27, 28
Estudo do estado gasoso ideal	12	30, 31, 32, 33	9	14	22, 23, 24, 25
Cálculos estequiométricos	14	34, 35, 36	10	15	29, 30, 31

Nota: “módulo” se refere a uma subdivisão de capítulo.

Tabela 4 – Distribuição dos capítulos por assunto e autor – volume 2 – Físico-Química

Assunto/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis
Soluções e dispersões coloidais	1	1, 2, 3, 4, 5	1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Propriedades coligativas	2	6, 7, 8	5	2	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
Termoquímica	3	9, 10, 11, 12	2	6	22, 23, 24, 25, 26, 27, 28
Eletroquímica	8, 9	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	6	3, 4, 5	49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58
Cinética química	4	24, 25, 26, 27	3	7	29, 30, 31, 32, 33
Introdução a equilíbrios químicos	5	28, 29	4 (módulos 1 e 2)	8	34, 35, 36, 37, 38
Equilíbrios em solução aquosa	6, 7	30, 31, 32, 33	4 (demais módulos)	9, 10	39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48
Química nuclear	10	34, 35, 36	7	11	59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

Nota: “módulo” se refere a uma subdivisão de capítulo.

Tabela 5 – Distribuição dos capítulos por assunto e autor – volume 3 – Química Orgânica

Assunto/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	1	1	1 (módulos 1 e 2)	1	1, 2, 3, 5, 6
Funções orgânicas e nomenclatura	2, 3, 4, 5	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	1 (módulos 3 e 4)	2, 3	4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	6, 11	2, 12	-	4, 7	56
Isomerias	7	13, 14, 15	2	5	36, 37, 38, 39, 40, 41
Reações orgânicas	8, 9, 10, 12, 13	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	3	6, 8	57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
Compostos de interesse biológico e polímeros	14, 15, 16, 17	24, 25, 26	-	9, 10, 11	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Nota: “módulo” se refere a uma subdivisão de capítulo.

As tabelas 6, 7 e 8 e os gráficos 14, 15 e 16, a seguir, indicam o número de gráficos por tópico do conteúdo estudado, de acordo com a classificação dos capítulos realizada e descrita nas tabelas anteriores. Para a composição das três tabelas a seguir, foram considerados separadamente os gráficos referentes à parte de teoria e de exercícios dos respectivos livros.

Tabela 6 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto e autor - volume 1 (Química Geral)

Assunto/Obra	Feltre		Usberco		Lembo		Tito		Reis		TOTAL	
	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspectos macroscópicos da matéria	5	15	4	23	4	20	6	7	9	15	28	80
Teorias atômicas	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	6	-	4	8	1	9	4	2	21	1	36	20
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	3	3	-	2	4	3	3	1	1	-	11	9
Funções inorgânicas	-	-	-	7	-	-	-	2	-	-	-	9
Reações químicas	-	5	-	1	1	2	-	-	-	-	1	8
Grandezas químicas	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	1
Estudo do estado gasoso ideal	4	27	6	32	4	26	11	9	5	6	30	100
Cálculos estequiométricos	-	-	-	2	-	1	-	1	-	-	-	4
TOTAL	20	50	14	76	14	61	24	22	37	22	109	231

Legenda: T – teoria; E – exercícios.

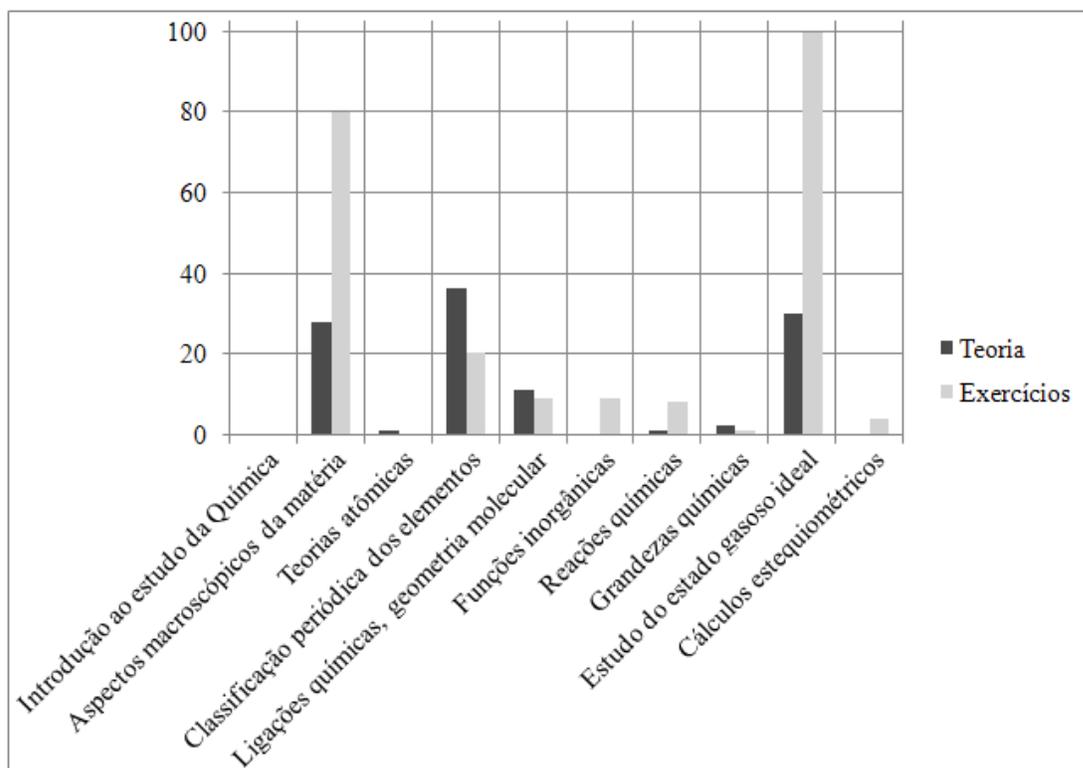


Gráfico 14 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto - volume 1 (Química Geral)

Tabela 7 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto e autor - volume 2 (Físico-Química)

Assunto/Obra	Feltre		Usberco		Lembo		Tito		Reis		TOTAL	
	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E
Soluções e dispersões coloidais	5	17	3	35	-	3	-	7	4	9	12	71
Propriedades coligativas	13	24	10	46	14	25	16	11	9	16	62	122
Termoquímica	8	7	5	10	-	1	-	10	7	10	20	38
Eletroquímica	-	-	-	6	-	-	1	5	2	-	3	11
Cinética química	17	52	21	68	8	44	6	32	11	18	63	214
Introdução a equilíbrios químicos	13	30	13	35	9	37	13	28	6	8	54	138
Equilíbrios em solução aquosa	4	22	4	30	11	16	5	25	4	7	28	100
Química nuclear	2	4	2	8	1	6	6	3	4	8	15	29
TOTAL	62	156	58	238	43	132	47	121	47	76	257	723

Legenda: T – teoria; E – exercícios.

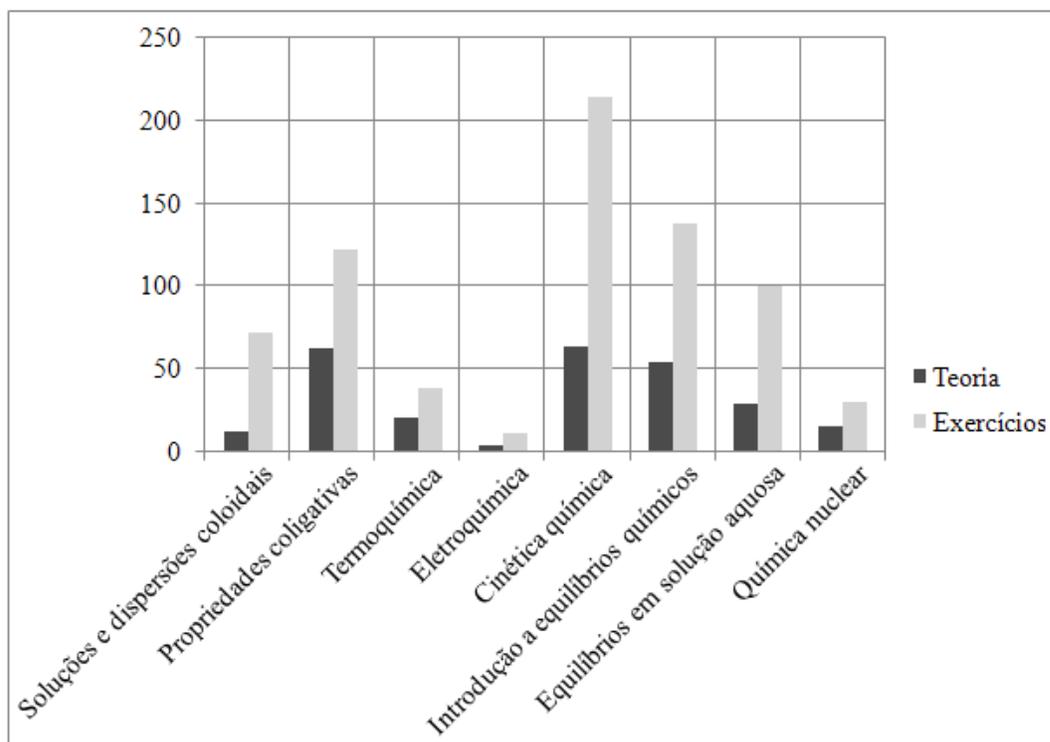


Gráfico 15 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto - volume 2 (Físico-Química)

Tabela 8 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto e autor – volume 3 (Química Orgânica)

Assunto/Obra	Feltre		Usberco		Lembo		Tito		Reis		TOTAL	
	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E	T	E
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-	2	5
Funções orgânicas e nomenclatura	-	3	-	12	1	-	1	-	-	2	2	17
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	4	4	-	1	-	-	-	3	-	-	4	8
Isomerias	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Reações orgânicas	1	-	-	1	1	-	1	-	-	1	3	2
Compostos de interesse biológico e polímeros	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1
TOTAL	5	7	-	15	4	5	3	4	-	3	12	34

Legenda: T – teoria; E – exercícios.

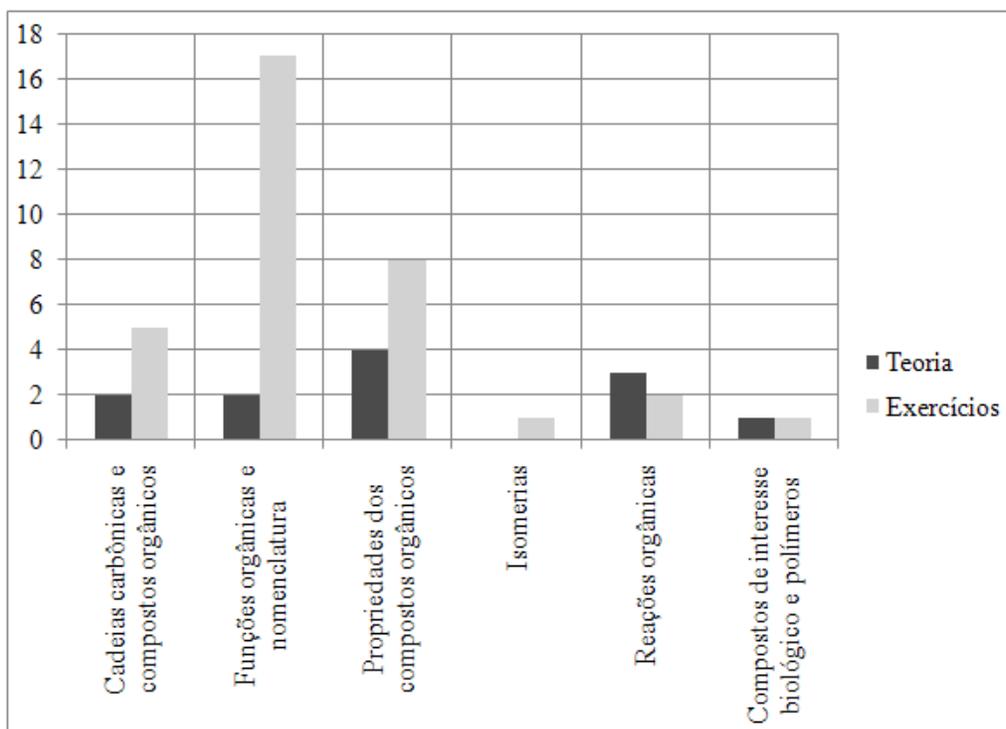


Gráfico 16 – Distribuição dos gráficos cartesianos por assunto – volume 3 (Química Orgânica)

Pela análise das tabelas 6, 7 e 8 e dos gráficos 14, 15 e 16, notamos que a distribuição dos gráficos através dos tópicos da matéria é irregular, embora haja um significativo grau de concordância no uso de gráficos entre os diversos autores ao longo dos tópicos. Um dos temas merece destaque pela oposição ao aqui exposto: *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*. A contagem dos gráficos relacionados à explicação teórica deste tema revelou a maior diferença no uso de gráficos: enquanto Lembo dispõe de um único gráfico na exposição desta parte da teoria, Reis possui 21, sendo, inclusive, o assunto cuja explicação mais foi enriquecida por gráficos cartesianos em toda a extensão da obra.

Analisando-se os dados dessas mesmas tabelas, percebemos que, em geral, houve elevado grau de concordância entre a quantidade relativa de gráficos presentes na parte teórica e nos exercícios. Mas, certamente, chamam a atenção casos em que os autores não dispuseram nenhum ou poucos gráficos na parte teórica e, no entanto, aparecem muitos gráficos nos exercícios. Um

exemplo é Lembo, no tema *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*. Enquanto na parte teórica esta obra expôs um único gráfico, na parte de exercícios, Lembo foi a obra que mais reproduziu inscrições: nove. Nestes casos, podemos questionar se o aluno teve a oportunidade de se preparar, ao ler a parte teórica, para resolver exercícios que envolviam a análise de certos gráficos em particular. Acreditamos que isto não ocorreu. É importante lembrar, aqui, das conclusões dos trabalhos de Roth (2003) e de Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), de que o aprendizado do graficismo parece ser específico, e de que as pessoas têm dificuldade de transpor o conhecimento da análise de um tipo de inscrição para a análise de outro tipo, ainda que ambos os gráficos sejam similares e que as ferramentas a utilizar nessa análise sejam exatamente as mesmas. Desta forma, se o aluno não viu nenhum gráfico similar àqueles dos exercícios enquanto estudava a parte teórica, a sua dificuldade na resolução dos exercícios tende a ser maior.

A Tabela 9, a seguir, realiza uma ordenação dos assuntos mais privilegiados por gráficos nos livros. Tal ordenação não leva em consideração o total de gráficos, mas sim uma soma dos percentuais relativos de gráficos de teoria e exercícios em relação ao respectivo total. Com isto, teoria e exercícios passaram a ter a mesma importância, o mesmo peso, na composição do *ranking*.

Tabela 9 – Ordenação dos assuntos mais privilegiados por gráficos segundo a soma de percentuais (continua)

	Assunto	Teoria		Exercícios		Soma dos P	TOTAL
		A	P	A	P		
1	Cinética química	63	16,7	214	21,7	38,4	277
2	Propriedades coligativas	62	16,4	122	12,3	28,7	184
3	Introdução a equilíbrios químicos	54	14,3	138	14,0	28,3	192
4	Estudo do estado gasoso ideal	30	7,9	100	10,1	18,0	130
5	Equilíbrios em solução aquosa	28	7,4	100	10,1	17,5	128

Tabela 9 – Ordenação dos assuntos mais privilegiados por gráficos segundo a soma de percentuais (conclusão)

	Assunto	Teoria		Exercícios		Soma dos P	TOTAL
		A	P	A	P		
6	Aspectos macroscópicos da matéria	28	7,4	80	8,1	15,5	108
7	Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	36	9,5	20	2,0	11,5	56
8	Soluções e dispersões coloidais	12	3,2	71	7,2	10,4	83
9	Termoquímica	20	5,3	38	3,8	9,1	58
10	Química nuclear	15	4,0	29	2,9	6,9	44
11	Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	11	2,9	9	0,9	3,8	20
12	Funções orgânicas e nomenclatura	2	0,5	17	1,7	2,2	19
13	Eletroquímica	3	0,8	11	1,1	1,9	14
14	Propriedades físicas e fisico-químicas dos compostos orgânicos	4	1,1	8	0,8	1,9	12
15	Reações químicas	1	0,3	8	0,8	1,1	9
16	Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	2	0,5	5	0,5	1,0	7
17	Reações orgânicas	3	0,8	2	0,2	1,0	5
18	Funções inorgânicas	-	-	9	0,9	0,9	9
19	Grandezas químicas	2	0,5	1	0,1	0,6	3
20	Cálculos estequiométricos	-	-	4	0,4	0,4	4
21	Compostos de interesse biológico e polímeros	1	0,3	1	0,1	0,4	2
22	Teorias atômicas	1	0,3	-	-	0,3	1
23	Isomerias	-	-	1	0,1	0,1	1
24	Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-	-
	TOTAL	378	100,0	988	100,0	200,0	1366

Legenda: A – número absoluto; P – número percentual.

Pela Tabela 9, percebemos que os assuntos privilegiados são, pela ordem: *Cinética química*, *Propriedades coligativas*, *Introdução a equilíbrios químicos*, *Estudo do estado gasoso ideal* e *Equilíbrios em solução aquosa*. Os três primeiros temas, bem como o quinto, estão associados a capítulos dos volumes de Físico-Química das obras, o que concorda com o observado pela Tabela 2: o volume 2 é o mais rico em gráficos, independentemente da coleção observada.

Observamos, também, que poucos foram os temas em que a quantidade de gráficos na parte teórica superou a quantidade presente nos exercícios. O exemplo mais notável é o do tema *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*. Isto se deveu, em especial, à obra de Reis, na qual cada uma das propriedades periódicas foi associada a gráficos de dispersão.

5.3. Classificação dos gráficos cartesianos de acordo com suas características morfológicas e estruturais

Agora, exporemos a Tabela 10, que explicita a classificação dos diversos gráficos cartesianos de acordo com suas características, de acordo com os classificadores expostos no capítulo *Metodologia de Pesquisa*. Para a confecção desta tabela e de todas as demais informações constantes desta análise quantitativa, foram levados em consideração apenas os gráficos das partes referentes à teoria. Afinal, os exercícios, sejam eles resolvidos ou apenas propostos, nem sempre são produzidos ou formulados pelo autor da obra, sendo muito freqüente, pelo que observamos, a compilação de questões de vestibulares. O número inteiro se refere à quantidade absoluta, enquanto o número entre parênteses explicita o percentual em relação ao total de gráficos do livro.

Pela Tabela 10 e pelo Gráfico 17, podemos perceber a preferência dos autores pelos modelos gráficos em detrimento dos gráficos verdadeiros, o que pode ser observado pelo destaque no Gráfico 18 a seguir, no qual se nota que apenas em uma obra tem menos da metade de suas inscrições como modelos gráficos. Ou seja, os autores não parecem ser criteriosos, em relação a este aspecto, no momento de escolher os gráficos de suas obras. Uma das justificativas para esta ausência de escala em pelo menos um dos eixos cartesianos se deve ao fato de que os autores preferem “elaborar” seus próprios gráficos (expressão utilizada freqüentemente em Tito), os quais têm relação tênue com dados científicos reais.

Tabela 10 – Classificação pelas características do gráfico: números absolutos e proporção ao total da obra

Tipo de gráfico/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis	TOTAL
(G1) gráficos de dispersão incluindo apenas os pontos de dados experimentais, com ou sem linhas de conexão entre os pontos dos dados experimentais	10 (12%)	4 (6%)	3 (5%)	9 (12%)	19 (23%)	45 (12%)
(G2) gráficos de dispersão incluindo os pontos de dados experimentais e a melhor curva e/ou modelo estatístico e/ou a curva do modelo matemático	3 (3%)	6 (8%)	3 (5%)	-	7 (8%)	19 (5%)
(G3) gráficos (com as escalas em ambos os eixos) incluindo apenas a curva do modelo matemático	22 (25%)	14 (20%)	11 (18%)	14 (19%)	19 (23%)	80 (21%)
(G4) modelos gráficos, sem escalas em um dos eixos, incluindo apenas a curva do modelo matemático	10 (12%)	1 (1%)	9 (15%)	12 (16%)	3 (3%)	35 (9%)
(G5) modelos gráficos, sem escalas nos dois eixos, incluindo apenas a curva do modelo matemático	42 (48%)	46 (64%)	34 (55%)	39 (53%)	36 (43%)	197 (52%)
(G6) modelos gráficos, sem escalas e sem legenda em pelo menos um dos eixos cartesianos, incluindo apenas a curva do modelo matemático	-	1 (1%)	1 (2%)	-	-	2 (1%)
TOTAL	87	72	61	74	84	378

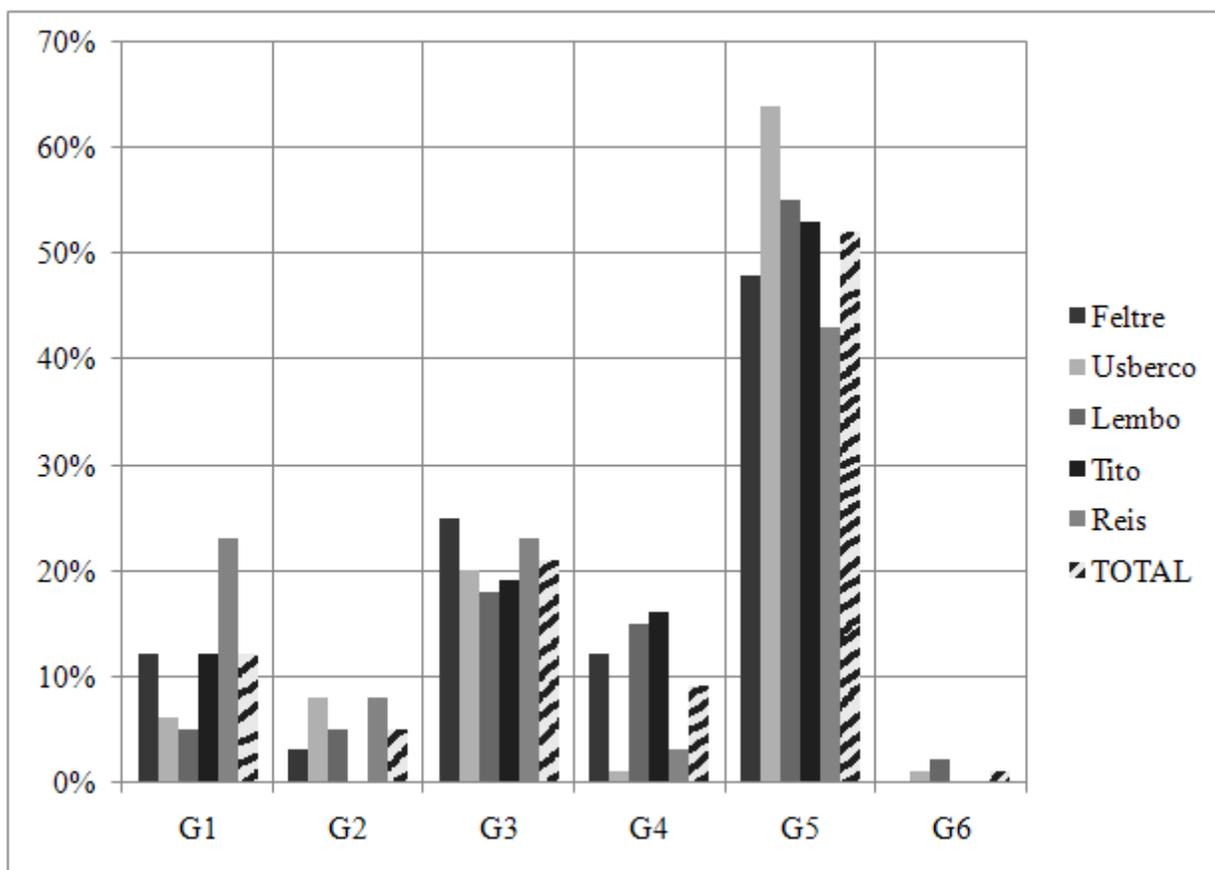


Gráfico 17 – Classificação pelas características do gráfico cartesiano: proporção em relação ao total de gráficos da obra

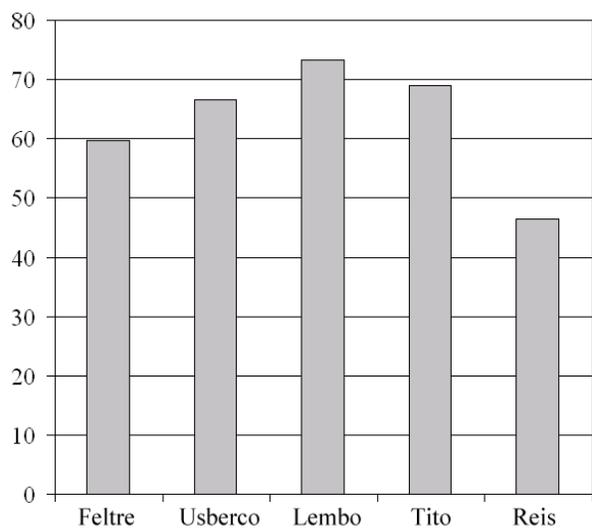


Gráfico 18 – Percentual de modelos gráficos (G3 a G6) em relação ao total de gráficos cartesianos

A análise da Tabela 10 também nos permite perceber, por outro lado, que apenas 17% dos gráficos expressam pontos experimentais reais, ou seja, gráficos de dispersão, equivalendo aos classificadores G1 e G2. Trabalho de Roth, Bowen e McGinn (1999) aponta que artigos científicos de ecologia, por exemplo, têm uma proporção próxima de 75% dos gráficos como veículos de dados científicos reais, isto é, 75% dos gráficos são inscrições verdadeiras, enquanto os livros de Biologia do nível equivalente ao Ensino Médio nos Estados Unidos têm proporção próxima de 15%, semelhante à encontrada por nós nos livros brasileiros de Química. Assim, se, por um lado, como já se discutiu na *Introdução* deste trabalho, os gráficos de livros didáticos são mais elaborados que os presentes em jornais de notícias e revistas de amenidades, por outro, estes gráficos não se referem a experiências reais tão frequentemente quanto os gráficos que aparecem em artigos científicos. Com isto, podemos concluir que é mais difícil que os alunos possam aprender a interpretar corretamente inscrições gráficas presentes em artigos científicos, bem como elaborá-las, se estas inscrições não são tão frequentemente estudadas nos livros didáticos. Não podemos nos esquecer de que um número cada vez maior de alunos do Ensino Médio continua os estudos em nível Superior ou realiza cursos técnicos de nível Médio, e que, por esta razão, tem maior probabilidade de ter de trabalhar com estes tipos de inscrição.

A Tabela 11, a seguir, relaciona o tema do gráfico com as suas características estruturais, nos mesmos grupos descritivos da Tabela 10, mas, desta vez, sem distinção por obra.

Tabela 11 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais (continua)

Assunto/Descritor	G1	G2	G3	G4	G5	G6	TOTAL
Cinética química	1	2	3	-	56	1	63
Propriedades coligativas	2	3	22	9	26	-	62
Introdução a equilíbrios químicos	-	1	4	12	37	-	54
Estudo do estado gasoso ideal	-	-	16	-	14	-	30
Equilíbrios em solução aquosa	-	3	15	1	9	-	28
Aspectos macroscópicos da matéria	-	-	1	7	20	-	28
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	27	1	2	-	6	-	36
Soluções e dispersões coloidais	1	5	6	-	-	-	12
Terموquímica	-	-	1	-	19	-	20
Química nuclear	5	2	6	1	1	-	15
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	5	-	2	1	3	-	11
Funções orgânicas e nomenclatura	1	-	-	1	-	-	2
Eletroquímica	1	-	1	1	-	-	3
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	1	1	1	-	1	-	4
Reações químicas	-	1	-	-	-	-	1
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	-	-	-	2	-	-	2
Reações orgânicas	-	-	-	-	2	1	3
Funções inorgânicas	-	-	-	-	-	-	-
Grandezas químicas	-	-	-	-	2	-	2
Cálculos estequiométricos	-	-	-	-	-	-	-
Compostos de interesse biológico e polímeros	-	-	-	-	1	-	1
Teorias atômicas	1	-	-	-	-	-	1

Tabela 11 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais (conclusão)

Assunto/Descritor	G1	G2	G3	G4	G5	G6	TOTAL
Isomerias	-	-	-	-	-	-	-
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	45	19	80	35	197	2	378

Legenda: (G1) gráficos de dispersão incluindo apenas os pontos de dados experimentais, com ou sem linhas de conexão entre os pontos dos dados experimentais; (G2) gráficos de dispersão incluindo os pontos de dados experimentais e a melhor curva e/ou modelo estatístico e/ou a curva do modelo matemático; (G3) gráficos (com as escalas em ambos os eixos) incluindo apenas a curva do modelo matemático; (G4) modelos gráficos, sem escalas em um dos eixos, incluindo apenas a curva do modelo matemático; (G5) modelos gráficos, sem escalas nos dois eixos, incluindo apenas a curva do modelo matemático; (G6) modelos gráficos, sem escalas e sem legenda em pelo menos um dos eixos cartesianos, incluindo apenas a curva do modelo matemático

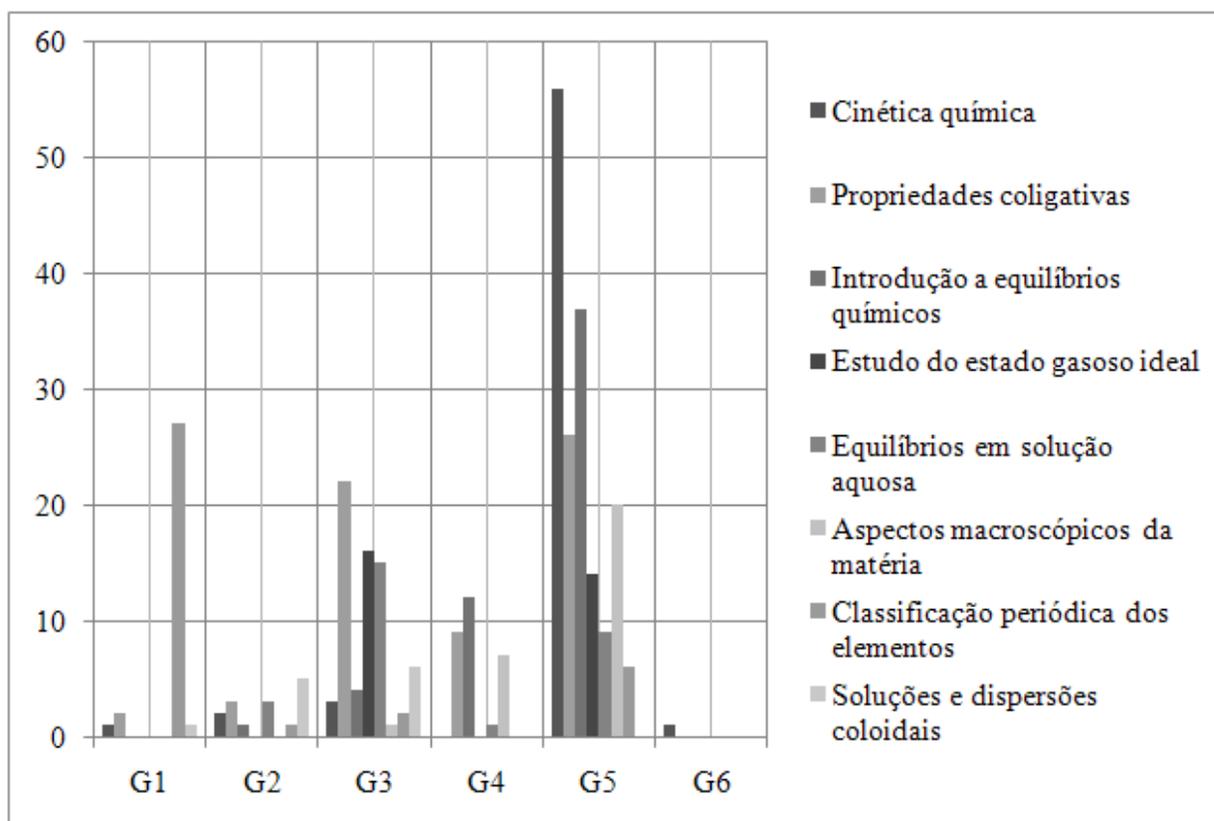


Gráfico 19 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais para os oito temas mais ricos em gráficos

A Tabela 11 e o Gráfico 19 nos trazem informações úteis sobre os tipos de gráficos usados nas explicações de cada assunto. O tema *Classificação Periódica dos Elementos e Propriedades Periódicas*, por exemplo, tem mais de 75% das inscrições como gráficos de dispersão. São gráficos que relacionam as propriedades periódicas com o número atômico, reproduzindo inscrições reais. Embora este tipo de gráfico não seja muito comum nos livros, deve ser considerada positiva a sua presença nos materiais didáticos, para que os alunos se familiarizem com o mesmo. Ao mesmo tempo, por serem raros, tais gráficos requerem maior atenção de autores e de professores para a interpretação correta de seus dados pelos alunos.

Por outro lado, o tema mais rico em gráficos, *Cinética Química*, é, também, entre os oito temas cujo uso de gráficos é mais freqüente, o que teve maior proporção de modelos gráficos sem as escalas dispostas corretamente em ambos os eixos. Acreditamos que o uso de modelos gráficos seja bem-vindo quando o aluno já é familiar ao gráfico correspondente, pois é capaz de entender as simplificações do modelo. Em outras palavras, o aluno já incorporou o discurso científico associado àquele tema em particular, e é capaz de entender as abstrações mais profundas presentes em um modelo gráfico desprovido de escalas corretamente dispostas em relação ao gráfico completo correspondente. Pela alta proporção de modelos gráficos (90%) e pela ausência do estudo de *Cinética Química* no Ensino Fundamental, consideramos que aquelas situações ideais não coincidem com o que se observa aqui. É fortemente desejado que os autores atentem para o fato de que os alunos precisam ter contato inicial com gráficos mais completos, como sugerem Roth, Bowen e McGinn (1999).

A Tabela 12 traz a distribuição dos gráficos pelas obras segundo os descritores adaptados de García e Cervantes (2004) para a estrutura, assim como aponta os mesmos dados sob a forma de percentuais. O Gráfico 20 traz as mesmas informações percentuais.

Tabela 12 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua estrutura

Descritor/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis	TOTAL
(E1) Escala correta nos eixos cartesianos	32 (37%)	23 (32%)	13 (21%)	19 (26%)	40 (48%)	127 (média 34%)
(E2) Utilização correta de unidades	39 (45%)	21 (29%)	20 (33%)	30 (41%)	45 (54%)	155 (média 41%)
(E3) Apresentação dos dados dentro e fora do gráfico	17 (20%)	14 (19%)	6 (10%)	3 (4%)	23 (27%)	63 (média 17%)
(E4) Nomes corretos para os eixos cartesianos	66 (76%)	58 (81%)	55 (90%)	72 (97%)	76 (90%)	327 (média 87%)
(E5) Presença de título	21 (24%)	3 (4%)	5 (8%)	18 (24%)	13 (15%)	60 (média 16%)
NÚMERO DE GRÁFICOS	87	72	61	74	84	378

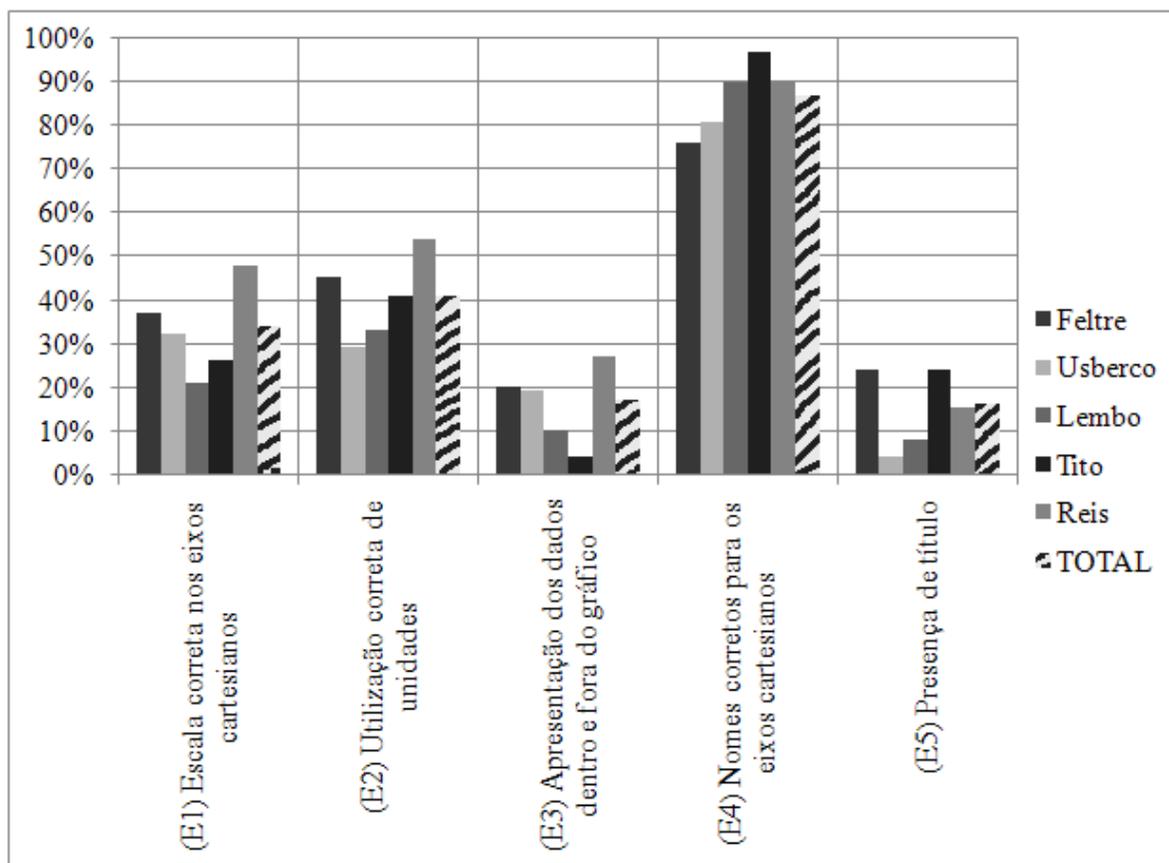


Gráfico 20 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua estrutura

O uso de escala e de unidades corretas nos eixos cartesianos parece importante no início do estudo de qualquer assunto. Ao menos um gráfico deveria ser exibido com sua escala correta, e com a expressão clara das unidades que se associam àquelas grandezas, enquanto os demais poderiam vir acompanhados de uma legenda que alertasse sobre a não apresentação em escala. Ou seja, após uma ou algumas apresentações de gráficos verdadeiros, poderiam ser usados modelos gráficos menos elaborados, pois o aluno já saberia identificar quais elementos do gráfico foram retirados para sua simplificação. Notamos, no entanto, que apenas uma obra (Tito) alerta ostensivamente sobre a incorreção da escala de muitos de seus gráficos. Friel, Curcio e Bright (2001) destacam que muito mais tempo é despendido pelo aprendiz na análise dos eixos que na análise da curva de um gráfico, e que a ausência de escala correta afeta a leitura dos gráficos. Isto sugere que eixos em escala facilitam as tarefas do graficismo.

A apresentação de dados dentro e fora do gráfico pode ser negligenciada nos casos em que o gráfico é de dispersão, e seus pontos experimentais encontram-se impressos em destaque, como na Figura 8 a seguir, que reproduz parte da página 387 do volume 1 de Reis. Mesmo assim, no exemplo mostrado, os dados também foram dispostos abaixo do símbolo de cada elemento em uma tabela periódica, na mesma página. Tal apresentação conjunta de dados, em uma tabela à parte, é recomendável quando o gráfico pretende expressar uma relação matemática. O aluno seria capaz de substituir valores numéricos em uma equação matemática e verificar a relação estabelecida entre as grandezas, como ocorre no assunto *Estudo do estado gasoso ideal*, por exemplo.

A presença de título também não é essencial, especialmente em casos que, como pudemos constatar, eram comuns, em que um nome equivalente ao que serviria de título ao gráfico foi destacado em negrito no texto, havendo, também, uma chamada ao gráfico no próprio texto. Exemplo: na página 84 do volume 2 de Usberco, lê-se: “Repetindo o processo em diferentes

temperaturas, obtemos os dados necessários para construir um gráfico denominado **diagrama de fases** [grifo do autor], conforme esquema ao lado.” Embora o gráfico não tivesse título, não há dúvidas de qual é o seu nome referencial.

Os valores estabelecidos por Pauling estão relacionados na tabela a seguir.

1H 2,20																	2He n.a.														
3Li 0,98	4Be 1,57											5B 2,04	6C 2,55	7N 3,04	8O 3,44	9F 3,98	10Ne n.a.														
11Na 0,93	12Mg 1,31											13Al 1,61	14Si 1,90	15P 2,19	16S 2,58	17Cl 3,19	18Ar n.a.														
19K 0,82	20Ca 1,00	21Sc 1,36	22Ti 1,54	23V 1,63	24Cr 1,66	25Mn 1,55	26Fe 1,83	27Co 1,88	28Ni 1,91	29Cu 1,90	30Zn 1,65	31Ga 1,81	32Ge 2,01	33As 2,18	34Se 2,55	35Br 2,96	36Kr n.a.														
37Rb 0,82	38Sr 0,95	39Y 1,22	40Zr 1,33	41Nb 1,60	42Mo 2,16	43Tc 1,90	44Ru 2,20	45Rh 2,28	46Pd 2,20	47Ag 1,93	48Cd 1,69	49In 1,78	50Sn 1,96	51Sb 2,05	52Te 2,10	53I 2,66	54Xe 2,60														
55Cs 0,79	56Ba 0,89	57La 1,10	58Ce 1,12	59Pr 1,13	60Nd 1,14	61Pm 1,13	62Sm 1,17	63Eu 1,20	64Gd 1,20	65Tb 1,20	66Dy 1,22	67Ho 1,23	68Er 1,24	69Tm 1,25	70Yb 1,10	71Lu 1,30	72Hf 1,50	73Ta 1,50	74W 2,36	75Re 1,90	76Os 2,20	77Ir 2,20	78Pt 2,28	79Au 2,54	80Hg 2,00	81Tl 2,04	82Pb 2,33	83Bi 2,02	84Po 2,00	85At 2,20	86Rn 0,89
87Fr 0,70	88Ra 0,89	103Lr 1,30	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Uun	111Uuu	112Uub	113Uut	114Uuq	115Uup	116Uuh	117Uus	118Uuo														

Hidrogênio
 Metais
 Semimetais
 Ametais
 Gases nobres

57La 1,10	58Ce 1,12	59Pr 1,13	60Nd 1,14	61Pm 1,13	62Sm 1,17	63Eu 1,20	64Gd 1,20	65Tb 1,20	66Dy 1,22	67Ho 1,23	68Er 1,24	69Tm 1,25	70Yb 1,10
89Ac 1,10	90Th 1,30	91Pa 1,50	92U 1,38	93Np 1,36	94Pu 1,28	95Am 1,30	96Cm 1,30	97Bk 1,30	98Cf 1,30	99Es 1,30	100Fm 1,30	101Md 1,30	102No 1,30

A fórmula utilizada por Pauling para calcular as eletronegatividades χ_A e χ_B de dois átomos A e B é baseada na energia envolvida na formação (energia de ligação) das moléculas AB, A₂ e B₂, por meio da reação:



$$\chi_A - \chi_B = \Delta E_{AB} - \sqrt{[\Delta E_{A_2} \cdot \Delta E_{B_2}]}$$

em que ΔE representa a variação de energia envolvida na formação da molécula AB. Para evitar valores negativos de eletronegatividade, Pauling atribuiu arbitrariamente um valor para a eletronegatividade do hidrogênio e calculou, em relação a esse valor, a eletronegatividade dos outros elementos.

Com base na variação do raio atômico dos elementos, verificamos que:

- ◆ Quanto menor o raio atômico, maior será a atração do núcleo pelos elétrons do nível de energia mais externo e, portanto, maior a eletronegatividade.
- ◆ Quanto maior o raio atômico, menor será a atração do núcleo pelos elétrons do nível de energia mais externo e menor será a eletronegatividade.

A eletronegatividade aumenta conforme o raio atômico diminui.

Podemos confirmar que se trata de uma propriedade periódica construindo um gráfico dos valores de eletronegatividade em função do número atômico.

Aumento da eletronegatividade nas famílias e nos períodos da tabela.



Observe no gráfico abaixo que, de fato, a eletronegatividade é maior para elementos que possuem raio atômico menor.

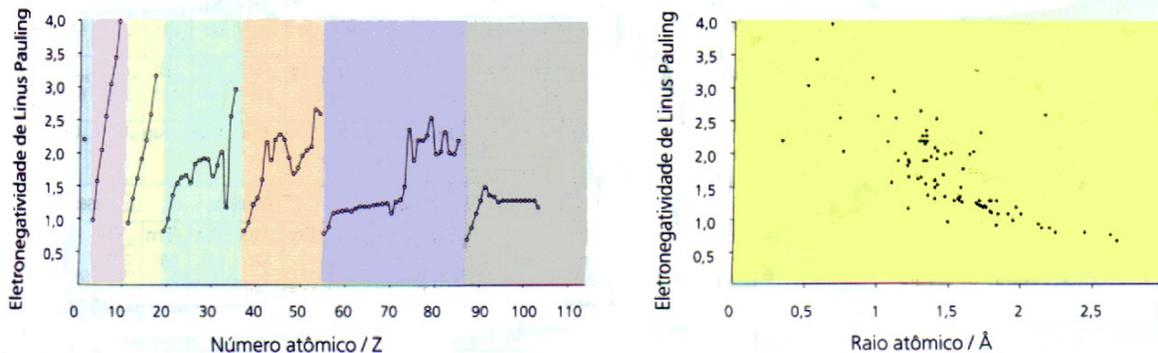


Figura 8 – Reprodução da página 387 do volume 1 de Reis: gráfico de dispersão com tabela de dados logo acima, na forma de tabela periódica

Uma análise dos números da Tabela 12 nos permite constatar que, embora o uso de nomes corretos para a identificação dos eixos cartesianos devesse ser obrigatório, não é isto o que se observa na prática. Houve casos em que cerca de 20% dos gráficos não identificava adequadamente os seus eixos. Não se considerou conveniente a identificação de eixo em gráficos de Termoquímica e de Cinética Química como “caminho da reação”. Uma das obras (Lembo) chega a colocar, no diagrama da página 150 do volume 2, a identificação do eixo como ilustrado na Figura 9 a seguir, sugerindo, ao usar aspas, que o uso da expressão “caminho da reação” em lugar de *coordenada da reação* é menos correto. De forma similar, entendemos que o uso da expressão “caminho da reação” é menos adequado, por poder levar a interpretações inadequadas por parte dos alunos. Mais apropriado, contudo, seria definir, no texto, o significado desta grandeza, seja qual for a sua denominação, já que ela está presente em muitos dos gráficos examinados.

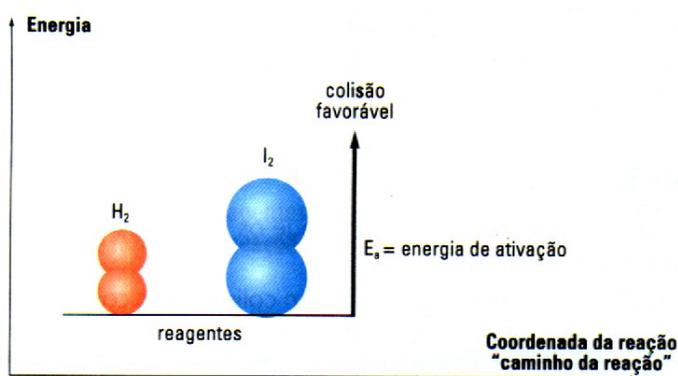


Figura 9 – Reprodução da página 150 do volume 2 de Lembo: eixo duplamente nomeado

Aqui, cabe dizer que diagramas como o representado na Figura 10 a seguir, retirado da página 124 do volume 2 de Lembo, não foram considerados gráficos 2D, por não se considerar que haja variação bidimensional. A ausência de um dos dois eixos cartesianos sugere o mesmo.

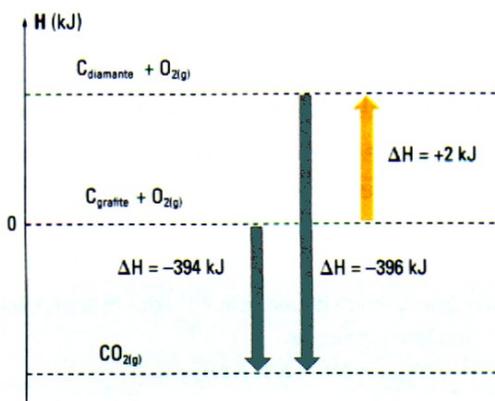


Figura 10 – Reprodução da página 124 do volume 2 de Lembo: diagrama que não foi considerado gráfico cartesiano

Segue a Tabela 13, que relaciona os temas dos gráficos aos mesmos classificadores da tabela anterior.

Tabela 13 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais (continua)

Assunto/Descritor	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
Cinética química	6	10	4	36	12	63
Propriedades coligativas	9	43	14	60	4	62
Introdução a equilíbrios químicos	6	6	6	51	8	54
Estudo do estado gasoso ideal	19	5	2	30	6	30
Equilíbrios em solução aquosa	19	18	7	28	1	28
Aspectos macroscópicos da matéria	1	13	1	27	6	28
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	30	20	13	35	4	36
Soluções e dispersões coloidais	12	12	7	10	5	12
Termoquímica	1	2	1	8	2	20
Química nuclear	13	10	1	14	3	15
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	5	7	4	10	3	11
Funções orgânicas e nomenclatura	1	2	-	2	1	2

Tabela 13 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais (conclusão)

Assunto/Descritor	E1	E2	E3	E4	E5	TOTAL
Eletroquímica	2	3	-	3	-	3
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	3	3	3	4	2	4
Reações químicas	-	1	-	1	-	1
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	-	-	-	2	-	2
Reações orgânicas	-	-	-	2	-	3
Funções inorgânicas	-	-	-	-	-	-
Grandezas químicas	-	-	-	2	2	2
Cálculos estequiométricos	-	-	-	-	-	-
Compostos de interesse biológico e polímeros	-	-	-	1	1	1
Teorias atômicas	-	-	-	1	-	1
Isomerias	-	-	-	-	-	-
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-	-
TOTAL	127	155	63	327	60	378

Legenda: (E1) Escala correta nos eixos cartesianos; (E2) Utilização correta de unidades; (E3) Apresentação dos dados dentro e fora do gráfico; (E4) Nomes corretos para os eixos cartesianos; (E5) Presença de título

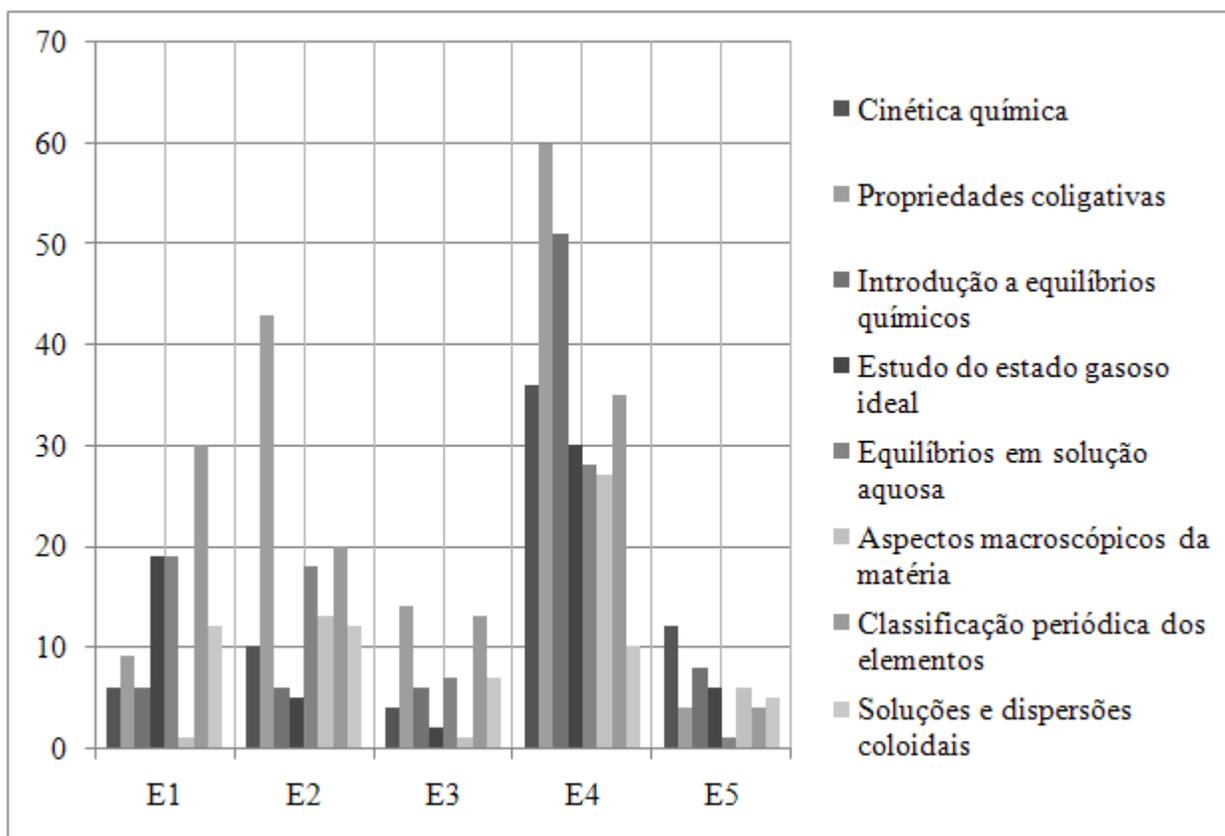


Gráfico 21 – Relação entre o tema do gráfico e suas características estruturais para os oito temas mais ricos em gráficos

É possível perceber, pela Tabela 13 e pelo Gráfico 21, que, confirmando o que já havia sido dito, apenas 36 dos 63 gráficos de *Cinética Química* foram considerados como se possuíssem identificação correta dos eixos cartesianos. Foi a mais baixa proporção para este classificador entre os oito temas mais ricos em gráficos. O tema *Termoquímica*, na mesma linha, também destoou da média: apenas 8 dos 20 gráficos tinham a identificação correta dos eixos.

Surpreende, negativamente, também, o baixo número de gráficos de *Introdução a equilíbrios químicos* que apontam as unidades em ambos os eixos. Em gráficos de concentração \times tempo, observou-se ser rara a situação em que a unidade de tempo foi dada, embora tenha sido freqüente a menção da unidade de concentração (mol/L é a mais comum). Surpreendeu, em outros casos, que o eixo das ordenadas fosse meramente representado por [], em lugar de

“concentração” ou, mais completamente, “concentração em mol/L”, sem uma explicação facilmente encontrada no texto sobre o significado daqueles sinais gráficos.

Por outro lado, é considerado positivo que 30 dos 36 gráficos do tema *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas* tenham escala correta nos eixos cartesianos, assim como a totalidade dos 12 gráficos sobre *Soluções e dispersões coloidais*. Foram as proporções mais altas de gráficos que atendiam a este requisito entre os oito temas mais ricamente apoiados por gráficos.

Os valores obtidos por nós na classificação dos gráficos segundo os descritores sobre sua estrutura não diferem significativamente daqueles obtidos por García e Cervantes (2004), exceto no classificador E3, referente à apresentação de dados dentro e fora do gráfico, e no E5, que trata da presença de título, como se observa pela Tabela 14 abaixo. Infelizmente, não é possível saber se houve diferença no critério utilizado na classificação ou se, de fato, há uma grande diferença entre os livros didáticos espanhóis e brasileiros.

Tabela 14 – Comparação percentual dos valores obtidos em nossa pesquisa e em pesquisa similar de García e Cervantes (2004) sobre a estrutura dos gráficos

Descritor	Valores médios obtidos por nós	García e Cervantes
(E1) Escala correta nos eixos cartesianos	34%	44%
(E2) Utilização correta de unidades	41%	44%
(E3) Apresentação dos dados dentro e fora do gráfico	17%	49%
(E4) Nomes corretos para os eixos cartesianos	87%	81%
(E5) Presença de título	16%	55%

5.4. Classificação dos gráficos cartesianos de acordo com sua função

A Tabela 15 aponta a distribuição dos gráficos presentes na parte teórica das obras analisadas em relação à função que esses gráficos 2D exercem na obra. Os classificadores da função, como descritos no capítulo 4, são *motivacional*, *exposicional*, *explicativa* e *retencional*.

Tabela 15 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua função

Descritor/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis	TOTAL
Motivacional	12 (14%)	8 (11%)	7 (11%)	10 (13%)	7 (8%)	44 (média 12%)
Exposicional	46 (53%)	37 (51%)	31 (52%)	36 (49%)	43 (51%)	193 (média 50%)
Explicativa	24 (27%)	22 (31%)	21 (34%)	17 (23%)	32 (38%)	116 (média 31%)
Retencional	5 (6%)	5 (7%)	2 (3%)	11 (15%)	2 (3%)	25 (média 7%)
TOTAL	87	72	61	74	84	378

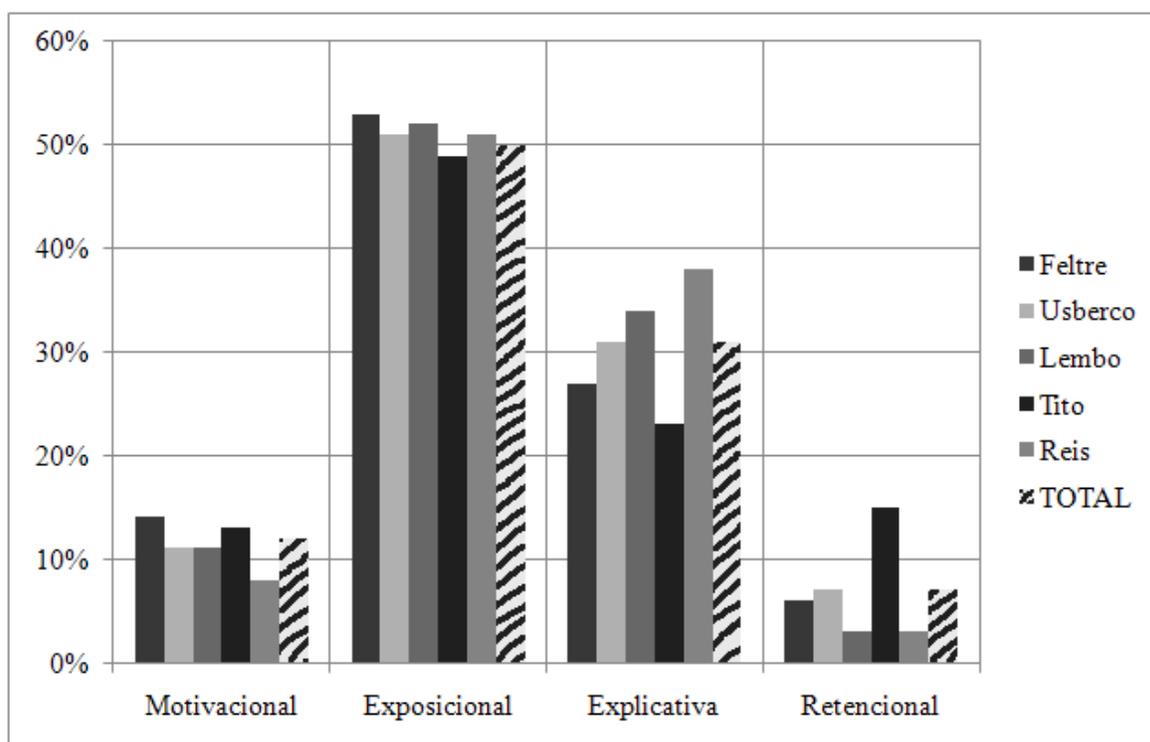


Gráfico 22 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua função

Muitos dos gráficos que não tinham qualquer referência com o texto foram classificados como motivacionais. Ainda que o autor tivesse outra intenção com um dado gráfico sem âncora no texto, o resultado final é um gráfico que não “pede” para ser examinado com atenção pelo leitor, servindo principalmente como decoração do livro didático. Talvez por esta razão a proporção de gráficos considerados motivacionais tenha sido superior a 10%.

Ao observar com atenção os dados da Tabela 15 e do Gráfico 22, notamos que as proporções entre as funções exercidas pelos gráficos nos livros didáticos são muito semelhantes. A única diferença notável é o uso mais intensivo de gráficos retencionais em Tito. Nota-se que Tito é a única das obras que reserva algumas páginas para relembrar alguns aspectos dos gráficos matemáticos abstratos, como a associação de retas com funções de 1º grau e de hipérbolas com funções inversas. Passini (1996), em sua tese de doutorado, conclui que um capítulo preliminar que trabalhe especificamente com o graficismo deveria constar em todo livro de Geografia de 5ª série. Acreditamos que o mesmo se dá com os livros de Química para o Ensino Médio.

Por outro lado, Tito é a obra em que houve menor proporção de gráficos explicativos. Esta categoria gráfica possui inscrições mais ricas e bem elaboradas, e, por esta razão, a sua ausência prejudica o desenvolvimento do graficismo no aluno. Além disso, reduz as possibilidades de entendimento de um dado assunto por meio de um gráfico. Se um gráfico for essencial para o entendimento de um tema ou conteúdo, pelo menos um gráfico explicativo deste conteúdo deve estar presente.

A Tabela 16 a seguir indica a distribuição dos gráficos por tema em cada um dos assuntos abordados nos livros didáticos de Química brasileiros.

Tabela 16 – Relação entre o tema do gráfico e sua função (continua)

Assunto/Descritor	Motiva- cional	Exposi- cional	Explica- tiva	Reten- cional	TOTAL
Cinética química	10	28	22	3	63
Propriedades coligativas	9	18	34	1	62
Introdução a equilíbrios químicos	-	26	23	5	54
Estudo do estado gasoso ideal	1	23	2	4	30
Equilíbrios em solução aquosa	-	16	12	-	28
Aspectos macroscópicos da matéria	2	24	1	1	28
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	12	7	17	-	36
Soluções e dispersões coloidais	-	11	1	-	12
Termoquímica	2	15	-	3	20
Química nuclear	-	10	2	3	15
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	3	7	1	-	11
Funções orgânicas e nomenclatura	-	2	-	-	2
Eletroquímica	-	-	-	3	3
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	-	4	-	-	4
Reações químicas	1	-	-	-	1
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	-	-	-	2	2
Reações orgânicas	1	2	-	-	3
Funções inorgânicas	-	-	-	-	-
Grandezas químicas	2	-	-	-	2
Cálculos estequiométricos	-	-	-	-	-
Compostos de interesse biológico e polímeros	1	-	-	-	1

Tabela 16 – Relação entre o tema do gráfico e sua função (conclusão)

Assunto/Descritor	Motiva- cional	Exposi- cional	Explica- tiva	Reten- cional	TOTAL
Teorias atômicas	-	-	1	-	1
Isomerias	-	-	-	-	-
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-
TOTAL	44	193	116	25	378

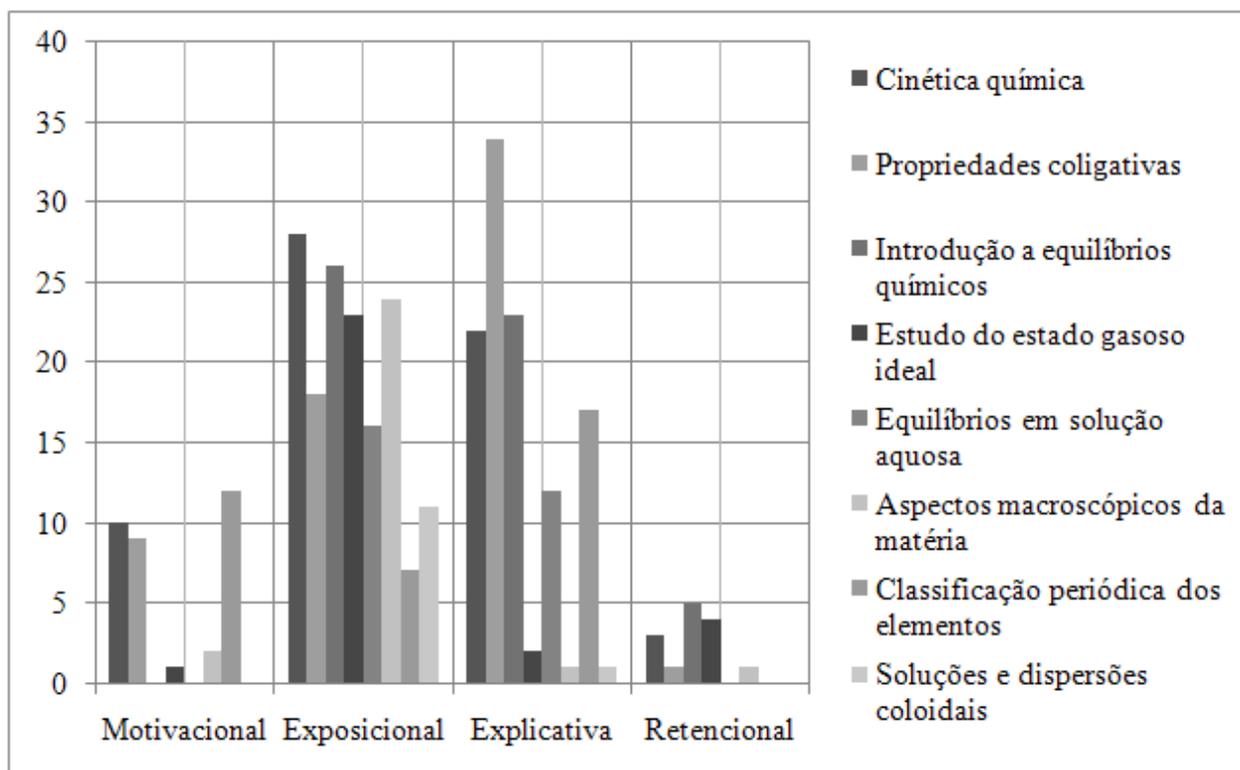


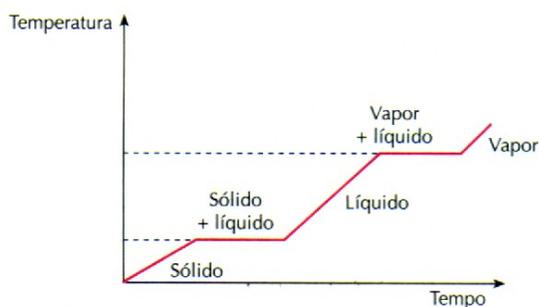
Gráfico 23 – Relação entre o tema do gráfico e sua função

Pela Tabela 16 e pelo Gráfico 23, dos oito temas principais, aqueles em que houve maior desproporção entre o número de gráficos expositivos e o número de gráficos explicativos foram *Estudo do estado gasoso ideal*, *Aspectos macroscópicos da matéria* e *Soluções e dispersões coloidais*. Nos três, os gráficos expositivos representaram mais de 75% do total de gráficos. No

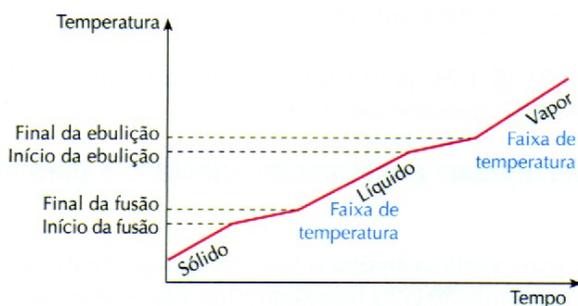
caso do primeiro tema, são comuns gráficos que explicitam as relações matemáticas entre as variáveis de estado dos gases, como “ $P \times V = k$ ”, por exemplo, cujo gráfico é hiperbólico. No entanto, estes gráficos não explicam a razão pela qual estas relações se estabelecem. No segundo tema, gráficos mais comuns são diagramas de temperatura de substâncias simples ou misturas *versus* tempo, as chamadas “curvas de aquecimento”, nos quais há a exposição de pontos de fusão e ebulição fixos ou variáveis, mas sem maior explicação. A página 26 da obra de Tito, volume 1, reproduzida na Figura 11 a seguir, exemplifica o que ocorre nos livros examinados. Por fim, no último tema, gráficos de solubilidade em água de acordo com a temperatura são expostos, na maioria das vezes, sem a justificativa, seja termodinâmica, seja microscópica, do aumento ou da diminuição da solubilidade com a variação da temperatura.

8.6. Diferenciando substâncias puras de misturas com auxílio das curvas de aquecimento

Substâncias puras apresentam pontos de fusão e pontos de ebulição constantes, conforme se observa no gráfico abaixo.

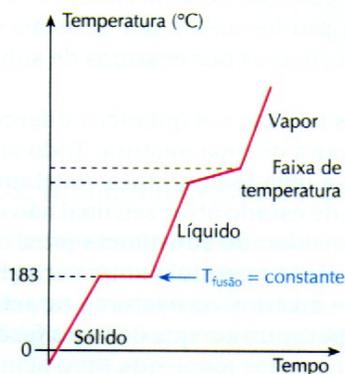


Misturas, na sua grande maioria, não apresentam pontos de fusão e pontos de ebulição definidos, conforme se observa no gráfico abaixo.



Constituem exceção algumas misturas de sólidos, denominadas *eutéticas* (fundem-se à temperatura constante), e algumas misturas de líquidos, denominadas *azeotrópicas* (fervem à temperatura constante).

A solda usada em eletrônica é mistura eutética: chumbo (37%) e estanho (63%)



O álcool de supermercado é mistura azeotrópica: álcool (96%) e água (4%)

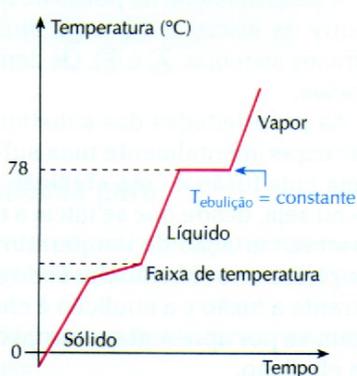


Figura 11 – Reprodução da página 26 do volume 1 de Tito: sem explicação sobre os processos de fusão de soluções eutéticas e de ebulição de soluções azeotrópicas

5.5. Classificação dos gráficos cartesianos em relação à existência de elementos informativos

A análise dos elementos informativos presentes na área do próprio gráfico foi realizada exclusivamente segundo os descritores sócio-semióticos adaptados de García e Cervantes (2004), explicitados no capítulo 4 deste trabalho. A Tabela 17 aponta tal distribuição segundo cada obra analisada, enquanto o Gráfico 24 traz as mesmas informações em percentuais.

Tabela 17 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do próprio gráfico

Descritor/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis	TOTAL
(I1) Presença de fórmulas químicas ou algébricas	35 (40%)	26 (36%)	20 (33%)	38 (51%)	11 (13%)	130 (média 34%)
(I2) Presença de dados numéricos	21 (24%)	12 (17%)	5 (8%)	15 (20%)	9 (11%)	62 (média 16%)
(I3) Presença de ilustrações ou ícones	58 (67%)	39 (54%)	32 (52%)	38 (51%)	22 (26%)	189 (média 50%)
(I4) Presença de termos ou conceitos	57 (66%)	37 (51%)	47 (77%)	45 (61%)	41 (49%)	227 (média 60%)
(I5) Presença de símbolos ou sinais próprios do campo conceitual da Química	43 (49%)	35 (49%)	30 (49%)	41 (55%)	27 (32%)	176 (média 47%)
Ausência de qualquer dos descritores avaliados	11 (13%)	11 (15%)	3 (5%)	6 (8%)	32 (38%)	63 (média 17%)
NÚMERO DE GRÁFICOS	87	72	61	74	84	378

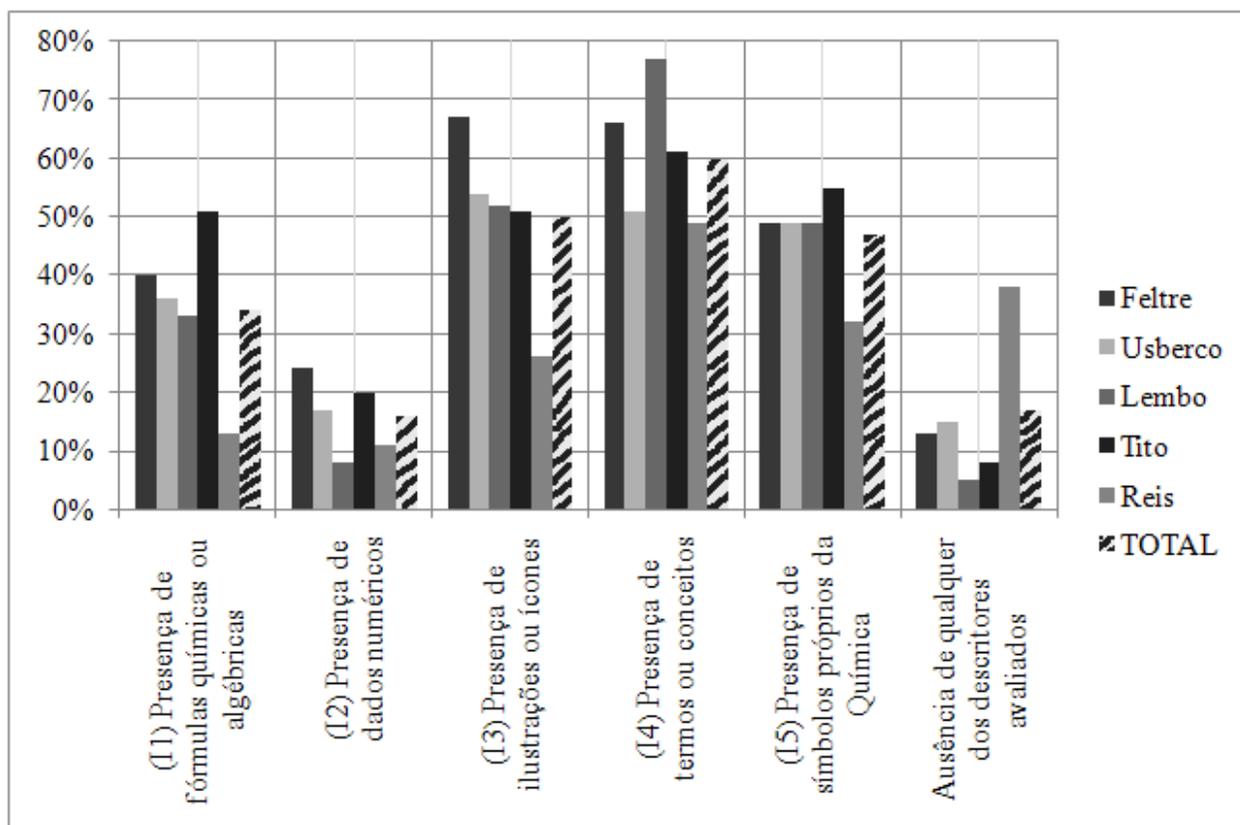


Gráfico 24 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do próprio gráfico

A presença destes elementos nos gráficos pode ser especialmente útil nos casos em que os gráficos têm relação de complemento com o texto, ou seja, possuem informações e explicações ausentes do texto, seja por opção, pela dificuldade ou pela impossibilidade da explicação de um certo conceito meramente com o uso de palavras. Tais elementos também costumam ser enriquecedores para os gráficos em geral, por tornarem mais fácil para o aluno a identificação das relações notáveis em um certo gráfico, ou seja, por servirem de guia às tarefas do graficismo. Como exemplo, escolhemos um dos gráficos da página 38 do volume 2 de Tito, reproduzido a seguir. Considerou-se que o referido gráfico tem os elementos referentes aos descritores I3 (como nas setas indicativas) e I4 (como no uso das expressões *líquida*, *sólida*, *vapor*).

O **diagrama de fases** da água permite avaliar o estado físico de uma amostra de água em função da pressão e da temperatura a que está submetida. Esse diagrama também permite prever como pressão e/ou temperatura podem ser alteradas a fim de provocar mudanças de estado físico numa amostra de água. (Os eixos de pressão e de temperatura **não estão em escala**.)

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores.

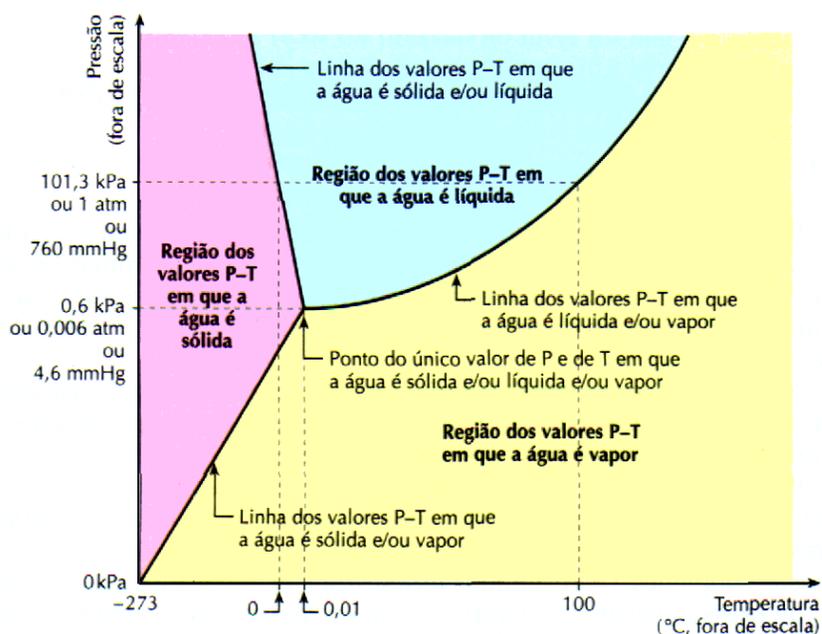


Figura 12 – Reprodução da página 38 do volume 2 de Tito: riqueza de elementos informativos no próprio gráfico

Reis, em relação à quantidade e proporção de gráficos, é a obra que mais se diferencia das demais, de acordo com o que havíamos observado anteriormente nos gráficos 12 e 13. Pelos dados da Tabela 24, notamos que a presença de elementos informativos nos gráficos em Reis é menor para todos os descritores, exceto em relação à presença de dados numéricos (classificador I2), para o qual Lembo apresenta a menor proporção. A grande quantidade de gráficos de dispersão sob o tema *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*, sendo estes gráficos desprovidos de elementos suplementares, pode ter contribuído significativamente para reduzir os números relativos destes elementos apresentados para o conjunto desta obra.

A Tabela 18, a seguir, traz a relação entre os mesmos elementos informativos, mas a distribuição, de forma diferente da Tabela 17, se dá de acordo com os temas aos quais se referem os gráficos.

Tabela 18 – Relação entre o tema do gráfico e seus elementos informativos (continua)

Assunto/Descritor	I1	I2	I3	I4	I5	TOTAL
Cinética química	21	6	43	39	41	63
Propriedades coligativas	11	11	35	45	14	62
Introdução a equilíbrios químicos	33	12	25	32	42	54
Estudo do estado gasoso ideal	3	2	14	19	4	30
Equilíbrios em solução aquosa	13	7	10	20	13	28
Aspectos macroscópicos da matéria	3	1	18	25	8	28
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	7	3	7	11	10	36
Soluções e dispersões coloidais	5	3	5	4	5	12
Termodinâmica	13	4	13	5	13	20
Química nuclear	8	11	11	11	9	15
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	10	1	5	6	10	11
Funções orgânicas e nomenclatura	-	-	-	2	-	2
Eletroquímica	1	-	-	-	1	3
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	2	1	1	3	2	4
Reações químicas	-	-	-	-	-	1
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	-	-	-	-	2	2
Reações orgânicas	-	-	2	3	2	3
Funções inorgânicas	-	-	-	-	-	-
Grandezas químicas	-	-	-	1	-	2
Cálculos estequiométricos	-	-	-	-	-	-
Compostos de interesse biológico e polímeros	-	-	-	1	-	1

Tabela 18 – Relação entre o tema do gráfico e seus elementos informativos (conclusão)

Assunto/Descritor	I1	I2	I3	I4	I5	TOTAL
Teorias atômicas	-	-	-	-	-	1
Isomerias	-	-	-	-	-	-
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-	-
TOTAL	130	62	189	227	176	378

Legenda: (I1) Presença de fórmulas químicas ou algébricas; (I2) Presença de dados numéricos; (I3) Presença de ilustrações ou ícones; (I4) Presença de termos ou conceitos; (I5) Presença de símbolos ou sinais próprios do campo conceitual da Química

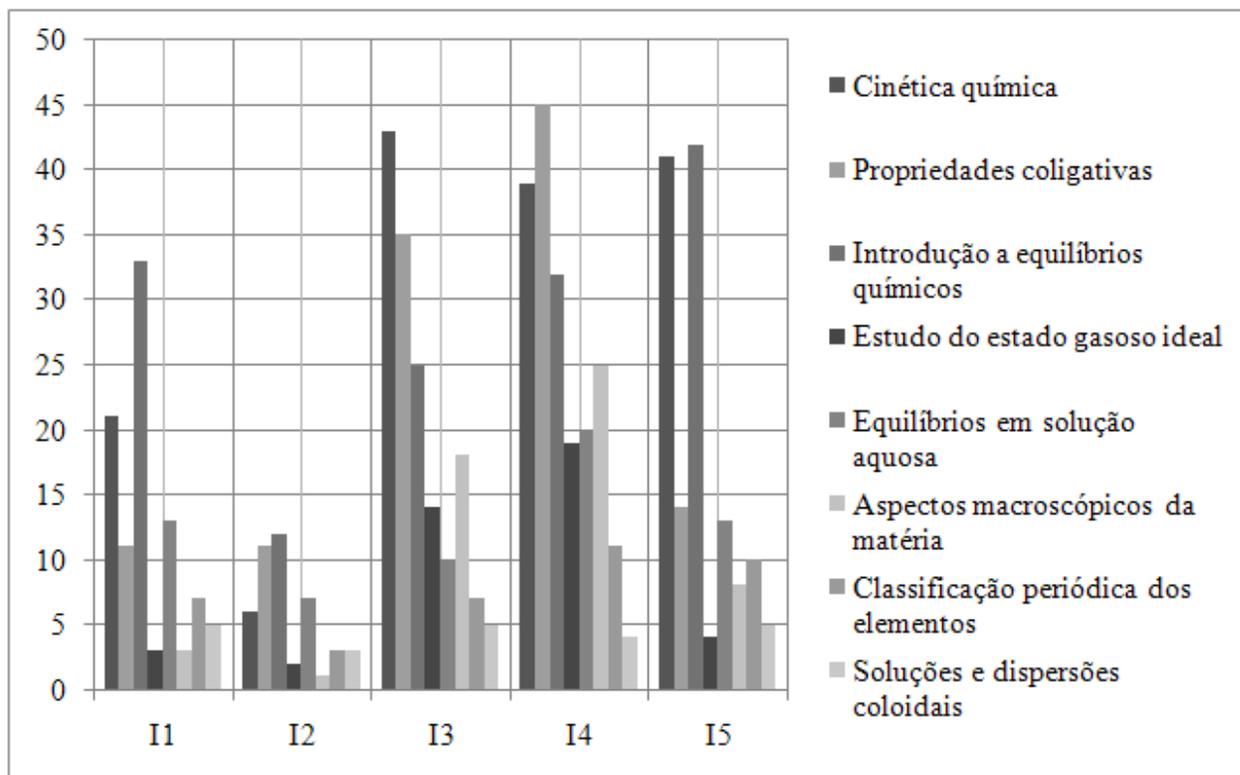


Gráfico 25 – Relação entre o tema do gráfico e seus elementos informativos para os oito temas mais ricos em gráficos

Note que o tema *Classificação periódica dos elementos* é um dos que apresenta a menor proporção de elementos informativos, seja qual for o classificador utilizado. Isto contribui para

confirmar a idéia de que Reis se afasta da média de uso de elementos informativos nos gráficos por conta dos seus 21 gráficos associados a este tema. De fato, uma análise da tabela que deu origem aos dados da Tabela 25 confirma que, destes 21 gráficos, apenas um foi associado ao descritor I1, nenhum ao I2, dois ao I3, dois ao I4 e um ao I5; portanto, a proporção não chega a 10% em nenhum caso.

Percebe-se, também, que a incorporação de expressões conceituais na região do gráfico (classificador I4) corresponde à suplementaridade mais comum. No entanto, é preciso observar que nem sempre tais conceitos foram devidamente explicados no texto, de forma que a sua presença, por si, no gráfico, não implica maior facilidade na leitura.

Novamente, os valores obtidos por nós na classificação dos gráficos segundo os descritores sobre a inclusão de elementos informativos não diferem significativamente daqueles obtidos por García e Cervantes (2004), exceto no classificador I3, relativo à presença de ilustrações ou ícones, como se observa pela Tabela 19. É possível que os critérios utilizados pelos autores na identificação destes elementos tenha sido diferente daquele que usamos.

Tabela 19 – Comparação percentual dos valores obtidos em nossa pesquisa e em pesquisa similar de García e Cervantes (2004) sobre a inclusão de elementos informativos nos gráficos

Descritor	Valores médios obtidos por nós	García e Cervantes
(I1) Presença de fórmulas químicas ou algébricas	34%	20% químicas; 10% algébricas
(I2) Presença de dados numéricos	16%	17%
(I3) Presença de ilustrações ou ícones	50%	4%
(I4) Presença de termos ou conceitos	60%	45%
(I5) Presença de símbolos ou sinais próprios do campo conceitual da Química	47%	41%

5.6. Classificação dos gráficos cartesianos de acordo com sua relação com o texto principal

As relações dos gráficos com os textos próximos foram analisadas de acordo com duas referências principais: os descritores adaptados de Duchastel, Fleury e Provost (1990); Lombardi, Caballero e Moreira (2005); e Dimopoulos, Koulaidis e Sklaveniti (2003), voltados à classificação exclusiva, e os descritores adaptados de García e Cervantes (2004), sobre a presença de elementos relacionais, como já tratamos no capítulo 4.

As tabelas 20 e 21 se associam às análises realizadas com base nos descritores de classificação. A primeira tabela, logo a seguir, aponta a distribuição das funções dos gráficos de acordo com a obra examinada, da mesma forma que o Gráfico 26.

Tabela 20 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua relação com o texto

Descritor/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis	TOTAL
Decorativa	-	6 (8%)	2 (3%)	6 (8%)	-	14 (média 4%)
Ilustrativa	65 (75%)	43 (60%)	41 (67%)	44 (60%)	52 (62%)	245 (média 65%)
Explanatória	21 (24%)	18 (25%)	18 (30%)	18 (24%)	23 (27%)	98 (média 26%)
Complementar	1 (1%)	5 (7%)	-	6 (8%)	9 (11%)	21 (média 5%)
TOTAL	87	72	61	74	84	378

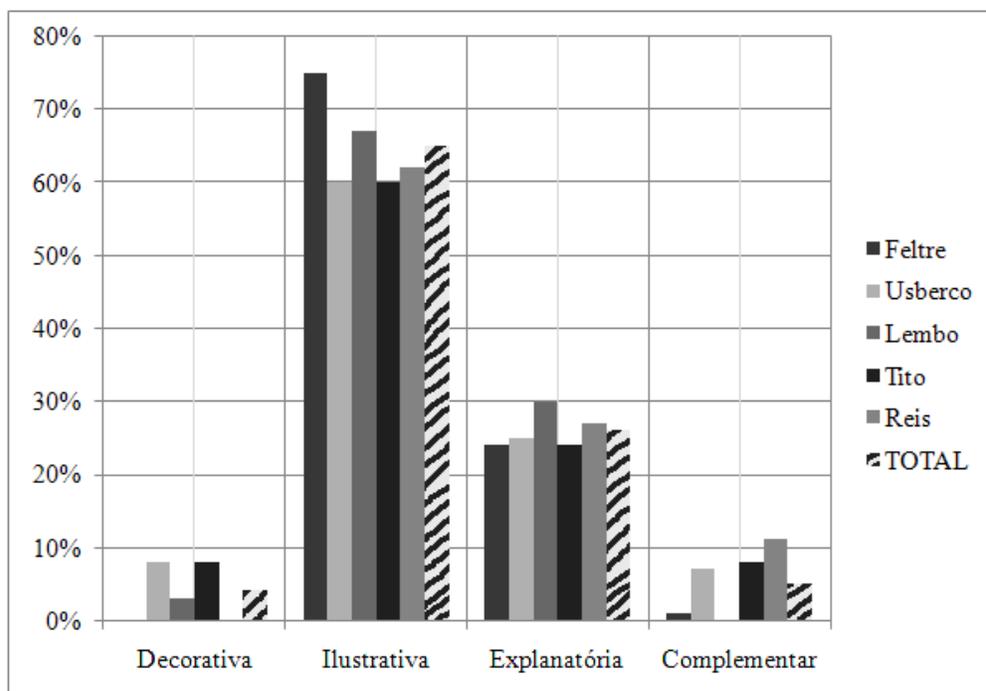


Gráfico 26 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre sua relação com o texto

Notamos que quase dois terços dos gráficos têm a função de ilustrar alguma informação dada no texto. A proporção de gráficos meramente decorativos foi baixa, apenas 4%. Nos gráficos restantes, percebe-se a intenção de acrescentar alguma explicação, sendo que, em parte deles, 5% do total, há relação tão significativa entre texto e gráfico que seria impossível prescindir do gráfico para a explicação.

A Tabela 21 e o Gráfico 27 mostram como é a distribuição da relação gráfico-texto de acordo com o assunto temático tratado.

Tabela 21 – Relação entre o tema do gráfico e sua relação com o texto (continua)

Assunto/Descritor	Decora-tiva	Ilustra-tiva	Explana-tória	Comple-mentar	TOTAL
Cinética química	2	40	16	5	63
Propriedades coligativas	2	28	28	4	62
Introdução a equilíbrios químicos	1	36	12	5	54

Tabela 21 – Relação entre o tema do gráfico e sua relação com o texto (conclusão)

Assunto/Descritor	Decora- tiva	Ilustra- tiva	Explana- tória	Comple- mentar	TOTAL
Estudo do estado gasoso ideal	1	17	8	4	30
Equilíbrios em solução aquosa	2	13	12	1	28
Aspectos macroscópicos da matéria	-	18	10	-	28
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	5	30	1	-	36
Soluções e dispersões coloidais	-	10	2	-	12
Termoquímica	-	20	-	-	20
Química nuclear	-	13	1	1	15
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	1	10	-	-	11
Funções orgânicas e nomenclatura	-	1	1	-	2
Eletroquímica	-	1	1	1	3
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	-	3	1	-	4
Reações químicas	-	1	-	-	1
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	-	-	2	-	2
Reações orgânicas	-	1	2	-	3
Funções inorgânicas	-	-	-	-	-
Grandezas químicas	-	2	-	-	2
Cálculos estequiométricos	-	-	-	-	-
Compostos de interesse biológico e polímeros	-	1	-	-	1
Teorias atômicas	-	-	1	-	1
Isomerias	-	-	-	-	-
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-
TOTAL	14	245	98	21	378

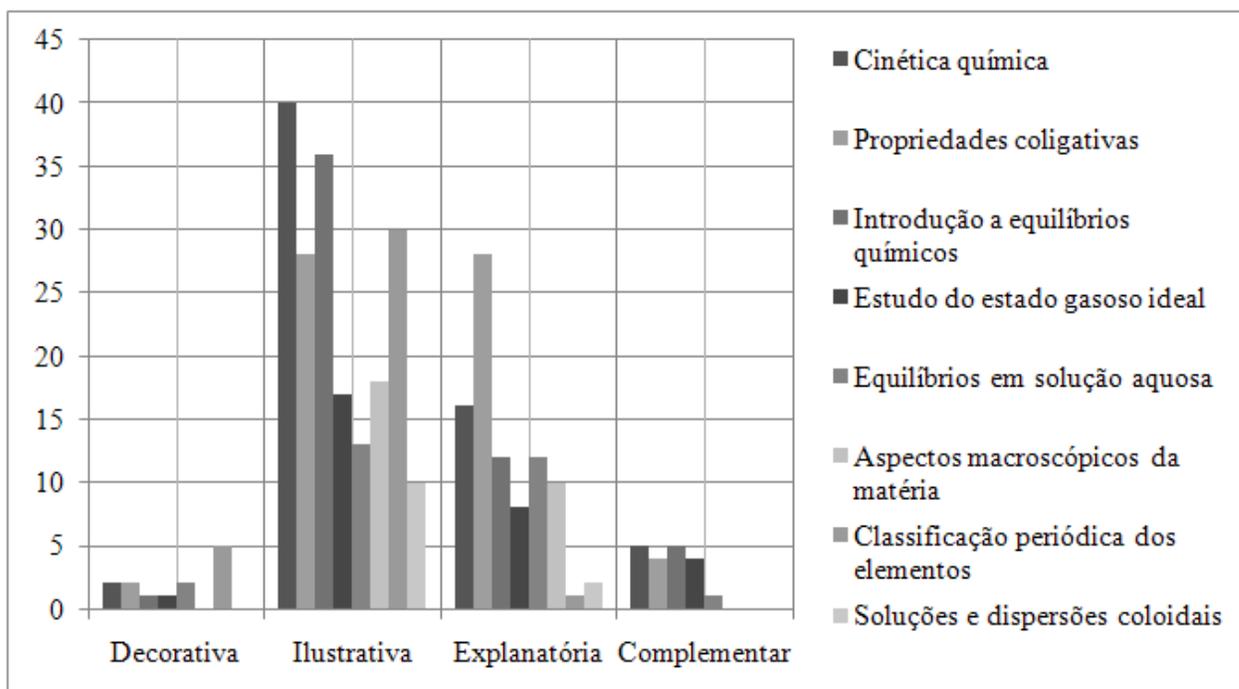


Gráfico 27 – Relação entre o tema do gráfico e sua relação com o texto

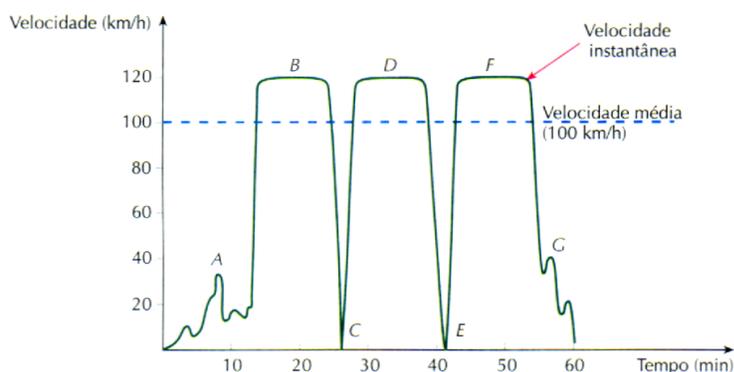
Dos oito temas mais ricos em gráficos, o único que teve mais da metade dos gráficos considerados explanatórios ou complementares foi o de *Propriedades coligativas*: 52%. Diagramas de fases explanatórios comuns nos livros examinados eram aqueles em que elementos suplementares pretendiam auxiliar o aluno a entender como o comportamento físico de substâncias ou soluções durante uma mudança de estado encontrava-se descrito no plano cartesiano. O gráfico de Tito reproduzido na Figura 12 é um exemplo.

Por outro lado, consideramos baixa a proporção de gráficos explanatórios ou complementares nos temas *Cinética química* (33%) e *Introdução a equilíbrios químicos* (31%). São temas que demandam, de forma especialmente intensa, o domínio do graficismo, mas que, no entanto, têm um número reduzido de gráficos construídos com o intuito de servir de explicação. Esta baixa presença é mais significativa quando percebemos que os gráficos de variação da concentração ou da velocidade ao longo do tempo são similares a gráficos comuns no ensino da

Cinemática, na disciplina de Física. Esta similaridade é encontrada sempre nos eixos cartesianos, mas raramente nas curvas que representam essas relações. Esta interdisciplinaridade, sugerida por Feltre na página 147 de seu volume 2, reproduzida na Figura 13, pode ser prejudicial se não for adequadamente trabalhada pelo autor do livro, como parece ter sido o caso. Tais relações mereceriam uma abordagem mais detalhada e aprofundada. É preciso notar que, em Física do Ensino Médio, são comuns gráficos em que a velocidade varia linearmente ao longo do tempo, ou é constante. Esta situação é rara no estudo de Cinética química.

1.4. Conceitos de velocidade instantânea e cinética química

A distância entre as cidades de São Paulo e Campinas pela Rodovia dos Bandeirantes é de 100 km. Se numa viagem de carro tivermos demorado 1 hora para ir de uma cidade a outra, podemos dizer que nossa **velocidade média** foi de 100 km/h. No entanto, se um computador ligado ao velocímetro do carro construísse um gráfico mostrando a velocidade a cada instante, um dos aspectos prováveis desse gráfico seria o seguinte:



Nesse gráfico notamos os seguintes trechos:

- A — de velocidade baixa e irregular na saída de São Paulo;
- B, D e F — de velocidades máximas na estrada;
- C e E — paradas (velocidade zero) nos pedágios;
- G — diminuição da velocidade na chegada a Campinas.

Nas reações químicas, a velocidade a cada instante (velocidade instantânea) também é diferente da velocidade média. No entanto, se os intervalos de tempo (Δt) usados na medida da velocidade média forem se tornando cada vez menores, a velocidade média tenderá a assumir valores cada vez mais próximos da velocidade em um dado instante. Desse fato, vem a definição:

Velocidade da reação em um dado instante (ou velocidade instantânea) é o valor para o qual tende a velocidade média quando os intervalos de tempo vão se tornando cada vez menores.

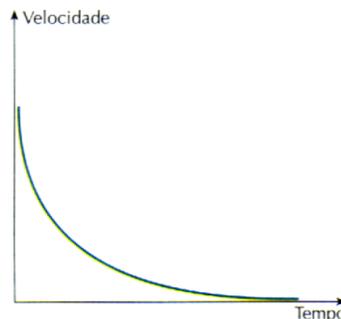
Para um automóvel, a **velocidade média** é um cálculo matemático, que é a divisão da distância pelo tempo gasto em percorrê-la; a **velocidade instantânea**, porém, é lida diretamente no velocímetro. Também na cinética química existem aparelhos que funcionam como “velocímetros”, medindo a velocidade da reação a cada instante.

De agora em diante, falaremos sempre em **velocidade instantânea das reações**. De modo geral, ela diminui com o tempo, conforme o gráfico ao lado.

A diminuição da velocidade das reações com o passar do tempo já foi notada nos cálculos feitos na página 145.

Finalizando, podemos dizer que:

Cinética química é o estudo da velocidade das reações químicas e dos fatores que influem nessa velocidade.



O estudo da cinética química é muito importante, principalmente para as indústrias químicas. Afinal, acelerando-se as reações, reduz-se o tempo gasto com a produção, tornando os processos químicos mais econômicos e os produtos finais mais competitivos no mercado.

Figura 13 – Reprodução da página 147 do volume 2 de Feltre: relação entre Cinemática e Cinética Química

As tabelas 22 e 23 se referem à análise da relação do gráfico com o texto sob um ponto de vista mais focado no texto, de acordo com os descritores adaptados do trabalho de García e Cervantes (2004), sobre a presença ou ausência de elementos de relação gráfico-texto. A primeira dessas tabelas, de número 22, associa tais descritores aos gráficos separados por obra, assim como o Gráfico 28.

Tabela 22 – Distribuição absoluta e percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do texto principal

Descritor/Obra	Feltre	Usberco	Lembo	Tito	Reis	TOTAL
(T1) Presença de informação relevante para entender os dados representados	77 (89%)	64 (89%)	49 (80%)	64 (86%)	74 (88%)	328 (média 87%)
(T2) Inclusão de práticas científicas associadas à elaboração do gráfico	37 (43%)	47 (65%)	29 (48%)	53 (72%)	28 (33%)	194 (média 51%)
(T3) Referência a conceitos pertencentes ao campo conceitual da Química	82 (94%)	67 (93%)	60 (98%)	66 (89%)	67 (80%)	342 (média 90%)
(T4) Inclusão de fórmulas matemáticas e funções associadas ao gráfico	8 (9%)	22 (31%)	4 (7%)	11 (15%)	21 (25%)	66 (média 17%)
(T5) Definição de variáveis presentes no gráfico	54 (62%)	53 (74%)	40 (66%)	55 (74%)	47 (56%)	249 (média 66%)
(T6) Referência a fenômenos do cotidiano relacionados aos gráficos	32 (37%)	35 (49%)	16 (26%)	25 (34%)	11 (13%)	119 (média 31%)
NÚMERO DE GRÁFICOS	87	72	61	74	84	378

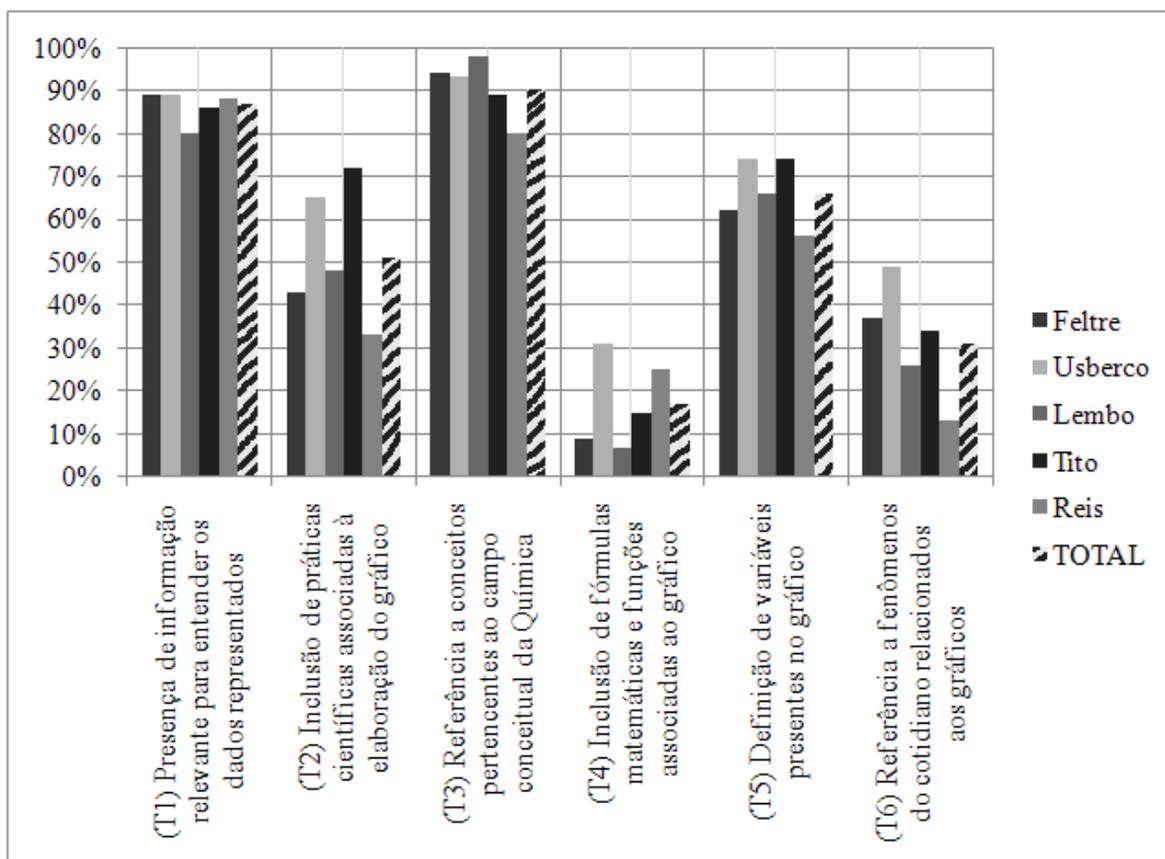


Gráfico 28 – Distribuição percentual dos gráficos de acordo com os descritores sobre elementos informativos do texto principal

A referência dos gráficos a conceitos químicos é quase total, visto que os objetos de estudo eram livros didáticos de Química, o que, portanto, não deve surpreender. Mas, enquanto a presença de informações relevantes no texto que ajudam o aluno a compreender ou interpretar as informações contidas no gráfico também é quase unânime, a inclusão das práticas científicas associadas à elaboração do gráfico, outro descritor que também poderia ter alcançado taxas superiores a 80%, só foi encontrada em cerca de metade dos gráficos. É uma atitude positiva, no sentido de eliminar imagens fantasiosas da Ciência na mente dos alunos – como a de que a Ciência já “nasce pronta” – que os gráficos sejam acompanhados de alguma referência sobre a forma como foram produzidos, ou como seriam produzidos, caso refletissem medidas

experimentais reais; em outras palavras, é uma medida que facilita a aquisição do discurso científico por parte do aluno.

Se a referência a fenômenos do cotidiano ou a aplicações tecnológicas nem sempre é possível, o que justificaria uma taxa mais baixa para a sua presença nos textos, o mesmo não se pode dizer sobre a definição das variáveis presentes no gráfico. Interpretar corretamente um gráfico sem conhecer o significado das grandezas presentes nos eixos cartesianos parece ser uma tarefa muito mais difícil, pois aumentam as chances de uma interpretação incorreta ou inadequada. Consideramos grave que um em cada três gráficos não possua tais referências.

Mais uma vez, o grande número de gráficos no tema *Classificação periódica dos elementos* em Reis parece ter contribuído para reduzir a proporção de gráficos daquele livro que faz referência a fenômenos do cotidiano ou a aplicações tecnológicas, visto que este tema é um dos quais mais dificilmente esta relação se estabelece.

A Tabela 23 e o Gráfico 29, que seguem, associam as características informativas do texto principal ao tema ao qual se refere o gráfico àquele texto vinculado.

Tabela 23 – Relação entre o tema do gráfico e a presença de elementos informativos do texto principal (continua)

Assunto/Descritor	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TOTAL
Cinética química	58	24	62	12	39	25	63
Propriedades coligativas	58	37	59	4	41	31	62
Introdução a equilíbrios químicos	49	33	54	11	47	16	54
Estudo do estado gasoso ideal	30	26	17	17	21	10	30
Equilíbrios em solução aquosa	27	21	28	5	28	3	28
Aspectos macroscópicos da matéria	21	20	26	-	11	4	28
Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas	26	6	31	2	22	4	36
Soluções e dispersões coloidais	11	5	12	1	12	5	12

Tabela 23 – Relação entre o tema do gráfico e a presença de elementos informativos do texto principal (conclusão)

Assunto/Descritor	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TOTAL
Termoquímica	15	6	15	9	9	3	20
Química nuclear	13	8	15	3	7	11	15
Ligações químicas interatômicas e intermoleculares, geometria molecular	8	5	11	1	9	-	11
Funções orgânicas e nomenclatura	1	-	2	-	-	1	2
Eletroquímica	2	2	1	1	1	-	3
Propriedades físicas e físico-químicas dos compostos orgânicos	3	-	3	-	-	2	4
Reações químicas	1	-	1	-	1	1	1
Cadeias carbônicas e compostos orgânicos	2	-	2	-	-	-	2
Reações orgânicas	2	-	2	-	-	-	3
Funções inorgânicas	-	-	-	-	-	-	-
Grandezas químicas	-	-	-	-	-	2	2
Cálculos estequiométricos	-	-	-	-	-	-	-
Compostos de interesse biológico e polímeros	1	-	1	-	-	1	1
Teorias atômicas	-	1	-	-	1	-	1
Isomerias	-	-	-	-	-	-	-
Introdução ao estudo da Química	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	328	194	342	66	249	119	378

Legenda: (T1) Presença de informação relevante para entender os dados representados; (T2) Inclusão de práticas científicas associadas à elaboração do gráfico; (T3) Referência a conceitos pertencentes ao campo conceitual da Química; (T4) Inclusão de fórmulas matemáticas e funções associadas ao gráfico; (T5) Definição de variáveis presentes no gráfico; (T6) Referência a fenômenos do cotidiano relacionados aos gráficos

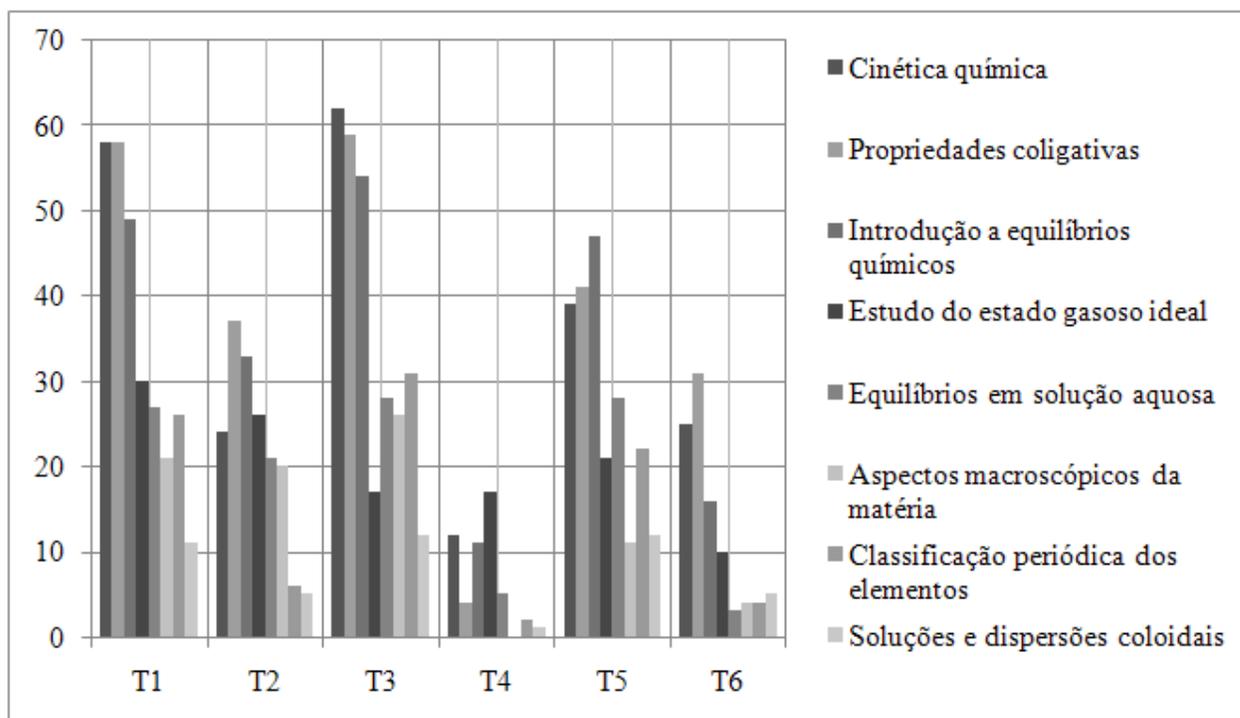


Gráfico 29 – Relação entre o tema do gráfico e a presença de elementos informativos do texto principal

A inclusão de alguma referência sobre práticas científicas que levaram à construção dos gráficos no *Estudo do estado gasoso ideal* pareceu muito mais simples que em qualquer outro dos oito principais temas: 87% dos gráficos sobre este tema foram referenciados desta forma. A idéia de um cilindro com um manômetro e um termômetro acoplados parece muito mais fácil de citar em um livro de Ensino Médio que, por exemplo, algo sobre a prática científica que permite a determinação das eletronegatividades de Pauling para os diversos elementos químicos. É também nos gráficos do *Estudo do estado gasoso ideal* que se encontram outros dois valores díspares de classificadores em relação à média dos oito temas principais: a referência a conceitos químicos foi a menos expressiva, apenas 57%, e a inclusão de fórmulas ou funções matemáticas, a maior: também 57%. São informações que concordam com o fato de este ser um tema comum, também, à disciplina de Física do Ensino Médio, e de ter muitas relações matemáticas notáveis entre as

variáveis de estado, a ponto de Tito incluir em seu volume 1, como já citamos, algumas páginas para lembrar certos aspectos matemáticos relacionados com esses gráficos.

Por outro lado, a Tabela 23 nos traz uma surpresa: dois dos temas em que mais pareceu difícil que o gráfico fizesse referência a fenômenos do cotidiano foram *Equilíbrios em solução aquosa* e *Aspectos macroscópicos da matéria*. São dois temas que, certamente, grande parte dos químicos e dos professores de Química, se perguntados sobre as suas aplicações no cotidiano, não teriam dificuldades para responder imediatamente. Observando os livros, nota-se que não faltaram referências a essas aplicações. O que ocorreu foi a desconexão entre os gráficos e as referências ao cotidiano.

A Tabela 24 compara os valores obtidos por nós na classificação dos gráficos segundo os descritores sobre a presença de elementos informativos do gráfico no texto principal e aqueles obtidos por García e Cervantes (2004). Neste caso, é possível perceber que, exceto no classificador T1, referente à presença de informação relevante no texto para a compreensão do gráfico, os valores foram muito díspares. Não é possível saber se houve diferença no critério utilizado na classificação ou se, de fato, há uma grande diferença entre os livros didáticos espanhóis e brasileiros em relação a estes aspectos, mas, se esta última hipótese estiver certa, os livros brasileiros se saem melhor ao incluir mais práticas científicas e referências a conceitos químicos e fenômenos do cotidiano, mas ficam atrás dos espanhóis ao incluir menor quantidade de fórmulas e/ou funções matemáticas e definições das variáveis. Assim, os livros brasileiros teriam maior preocupação com a contextualização científica, tecnológica, social e ambiental, mas, por outro lado, menor atenção ao desenvolvimento do graficismo.

Tabela 24 – Comparação percentual dos valores obtidos em nossa pesquisa e em pesquisa similar de García e Cervantes (2004) sobre a presença de elementos informativos no texto principal

Descritor	Valores médios obtidos por nós	García e Cervantes
(T1) Presença de informação relevante para entender os dados representados	87%	89%
(T2) Inclusão de práticas científicas associadas à elaboração do gráfico	51%	29%
(T3) Referência a conceitos pertencentes ao campo conceitual da Química	90%	42%
(T4) Inclusão de fórmulas matemáticas e funções associadas ao gráfico	17%	45%
(T5) Definição de variáveis presentes no gráfico	66%	89%
(T6) Referência a fenômenos do cotidiano relacionados aos gráficos	31%	11%

A partir deste ponto, daremos início à análise qualitativa dos gráficos cartesianos de capítulos e temas selecionados antes de analisar os gráficos das obras como um todo. De acordo com os dados vistos na Tabela 9, optamos por analisar, de forma mais específica, os gráficos dos seguintes capítulos, mais ricos em gráficos: *Cinética química*, *Propriedades coligativas*, *Introdução a equilíbrios químicos* e *Estudo do estado gasoso ideal*. É o que será feito nas próximas seções.

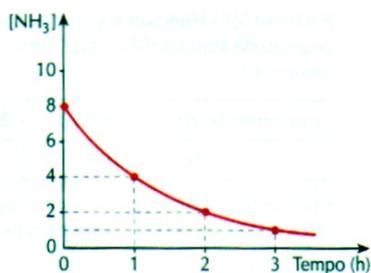
5.7. Análise qualitativa do tema Cinética Química

O tema *Cinética química* engloba os estudos de leis de velocidade de reações químicas, bem como os fatores que influem para a variação dessa velocidade. São comuns gráficos que

relacionam concentração \times tempo e velocidade \times tempo. Por ter perfis semelhantes de curvas, seria importante que houvesse, por parte do autor, destaque para este fato. Sinais semelhantes, dentro de um mesmo contexto, podem ser tomados como iguais pelos alunos menos atentos.

Inicialmente, é interessante notar que o uso de uma “coordenada de reação” e de modelos gráficos para expressar ou explicar a teoria das colisões passa a ser comum a todas as obras analisadas no estudo de *Cinética química*, mesmo àquelas que não o fizeram no tema *Termoquímica*, ou seja, que fizeram uso, apenas, de diagramas. Das três obras que usaram diagramas e não modelos gráficos no estudo deste último tema, apenas Usberco usa a expressão “caminho da reação” sem mencionar “coordenada de reação” em nenhum gráfico.

Aproveitamos para destacar que Tito é a única obra que assume que elabora informações numéricas redondas para, segundo os autores, “evitar introduzir demasiada dificuldade matemática”. Destacar esta informação nos parece importante, para que o aluno não passe a acreditar que os dados numéricos da Ciência são, de fato, comumente exatos ou redondos. O autor do livro didático deve estar atento ao papel social da sua obra, ou seja, ao fato de sua obra se colocar, muitas vezes, como a única referência do aluno. O gráfico da página 183 do volume 2 dessa obra, reproduzido sob o número 30, é baseado em uma tabela de dados criados pelos autores.



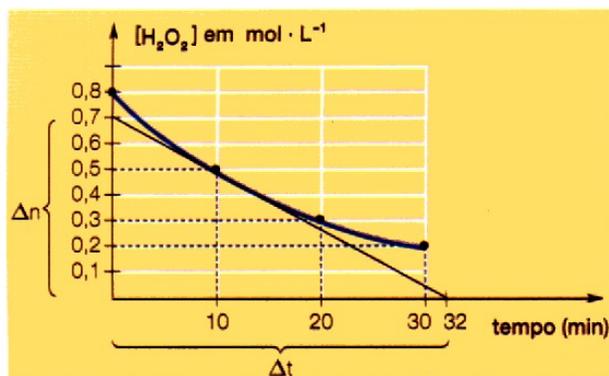
A curva decrescente indica que a amônia é consumida com o passar do tempo.

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores.

Gráfico 30 – Reprodução da página 183 do volume 2 de Tito: dados “redondos” para facilitar a leitura

Três das obras tentam tratar da velocidade instantânea: Usberco, Reis e Feltre. Em Usberco, a abordagem é realizada em um quadro explicativo adicional, intitulado “Velocidade instantânea”, que ocupa cerca de 2/3 de página. A explicação de Usberco, como se vê pela Figura 14, é puramente gráfica: segundo esta obra, “para determinar a velocidade instantânea em um ponto específico, devemos traçar uma tangente à curva nesse ponto.” Mas o quadro não é suficientemente esclarecedor: a obra não explica que “ponto” é esse (trata-se do *instante de tempo* para o qual se pretende calcular a velocidade instantânea da reação química) e não explica por que $v_{\text{inst}} = \Delta n / \Delta t$. Apenas o aluno que tem um grande conhecimento e familiaridade sobre funções de 1º grau seria capaz de realizar a associação entre a inclinação da reta tangente e a velocidade instantânea. Já em Reis, a explicação sobre a velocidade instantânea passa até mesmo por uma explicação de 1/6 de página sobre o que é a “derivada $f'(x_0)$ ”, inclusive com regras de derivação, além de uma explicação gráfica semelhante à de Usberco, na página anterior à reprodução da Figura 15. Não é difícil imaginar que a maioria dos professores deve ignorar a explicação extremamente sintética sobre derivação de funções, disciplina de abordagem pouquíssimo comum no Ensino Médio brasileiro, e que os alunos, provavelmente, tomam o livro como ininteligível. Os quadros de que tratamos neste ponto encontram-se reproduzidos a seguir.

No exemplo da decomposição da água oxigenada, a velocidade instantânea no tempo de 10 minutos pode ser determinada da seguinte maneira:



$$V_{\text{inst}} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

$$V_{\text{inst}} = \frac{0,7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{32 \text{ min}}$$

$$V_{\text{inst}} = 0,022 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

Pela análise do gráfico e pelo cálculo da velocidade instantânea, podemos determinar os pontos onde a reação é mais rápida, ou seja, onde ocorre a maior taxa de conversão:

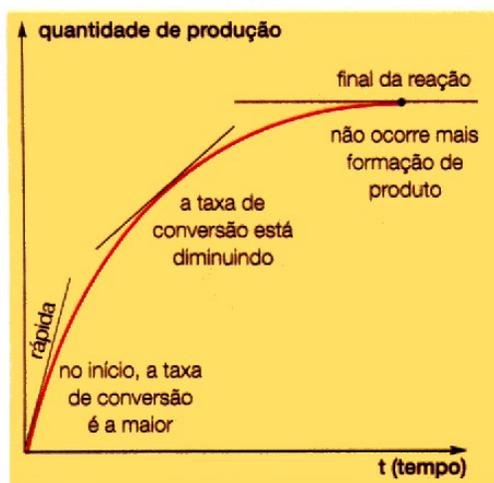


Figura 14 – Reprodução da página 304 do volume 2 de Usberco: tentativa de explicação de gráficos que indicam velocidade instantânea de reações químicas

Podemos determinar a **velocidade instantânea** da reação traçando uma reta tangente à curva, por exemplo, da variação da concentração em quantidade de matéria dos produtos formados em função do tempo. O ângulo de inclinação da reta tangente a cada ponto da curva irá indicar a velocidade instantânea da reação nesse ponto.

Quanto menor o ângulo de inclinação, menor a velocidade da reação.

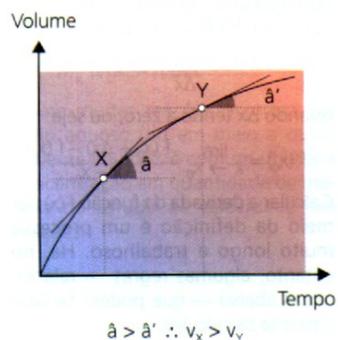


Figura 15 – Reprodução da página 246 do volume 2 de Reis: explicação sintética sobre a relação entre a inclinação da reta tangente à curva e a velocidade instantânea

Apenas duas das cinco obras dispõem os gráficos de concentração em mol/L em função do tempo baseados em dados numéricos: Usberco e Tito. As demais reproduzem tal gráfico, mas apenas de maneira genérica: a concentração de reagentes cai e a de produtos aumenta ao longo do tempo. Em Feltre, embora haja informações numéricas dispostas em tabela para servir de exemplo, o gráfico não foi construído com base nesses dados. Acreditamos que a abordagem numérica simultânea aos gráficos é útil. Ainda mais se servir para explicar por que certos gráficos de concentração em mol/L em função do tempo são retilíneos, enquanto outros são curvos, questão sobre a qual nenhuma das obras discutiu, ao tratar da lei cinética de velocidade e da ordem de reação.

5.8. Análise qualitativa do tema Propriedades coligativas

Um dos gráficos mais comuns na introdução ao tema *Propriedades coligativas* é o diagrama de fases. Outro gráfico comum é o de pressão de vapor de uma substância. Para estes gráficos, as obras podem ser separadas em três grupos principais:

Grupo 1: Obras que abordam primeiro a pressão de vapor e, depois, generalizam o gráfico, transformando-o em um diagrama de fases. Lembo e Feltre fazem parte deste grupo.

Grupo 2: Obras que abordam inicialmente o diagrama de fases, de forma experimental, e que, depois, o restringe, para tratar da pressão de vapor. Neste grupo estão Usberco e Tito.

Grupo 3: Obra que aborda inicialmente o diagrama de fases, mas não de forma experimental, e que, depois, trata da pressão de vapor. A única obra neste grupo é Reis.

As obras do grupo 1 tratam do gráfico da pressão de vapor da água em função da temperatura sem vínculo definido com procedimentos experimentais reais. Em Feltre, cujo gráfico da página 60, volume 2, e respectiva tabela são reproduzidos na Figura 16, há pontos experimentais; em Lembo, página 295, volume 2, embora haja tabela similar, não há escalas ou pontos experimentais no gráfico, como se vê na Figura 17. Os diagramas de fases, expressos na seqüência das respectivas obras, também são diferentes: Feltre tem cores distintas para as regiões dos estados sólido, líquido e gasoso; Lembo não se preocupa em destacar o significado de cada uma das regiões delimitadas pelas curvas do diagrama.

Água pura	
Temperatura (°C)	Pressão máxima de vapor (mmHg)
0	4,6
10	9,2
20	17,5
30	31,8
40	55,3
50	92,5
60	149,4
70	233,7
80	355,1
90	525,8
100	760,0
110	1.074,6
120	1.489,1

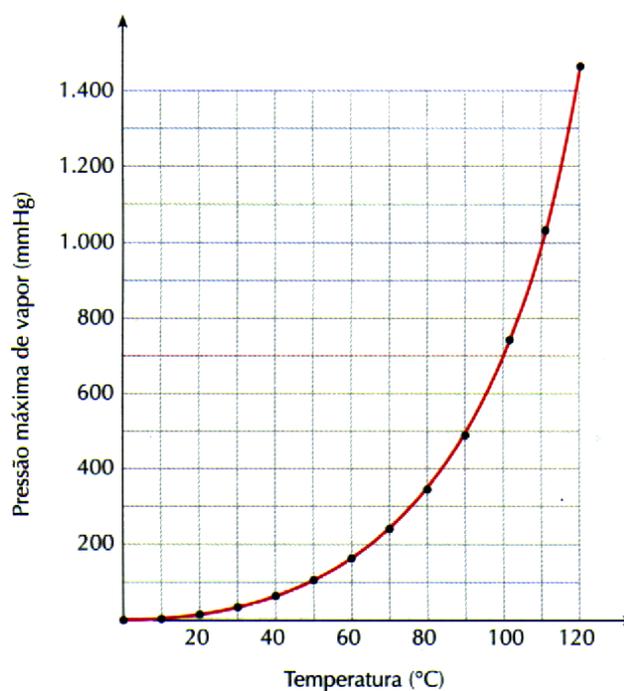


Figura 16 – Reprodução da página 60 do volume 2 de Feltre: presença de pontos experimentais

t (°C)	p (mmHg)
0	4,58
5	6,54
10	9,21
15	14,0
20	17,5
25	23,8
40	55,3
90	526
100	760

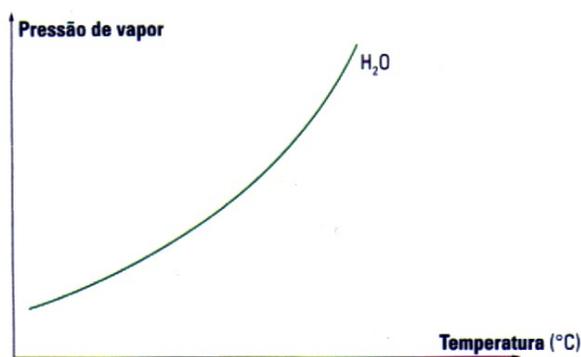


Figura 17 – Reprodução da página 295 do volume 2 de Lembo: ausência de pontos experimentais

O grupo 2 inicia sua explanação sobre o tema *Propriedades coligativas* com o diagrama de fases. Em Usberco, as referências sobre como o gráfico é construído são poucas, mas o essencial está descrito no texto: determinar pontos de fusão e ebulição sob diferentes pressões. O diagrama de fases da água, assim como muitos dos gráficos desta obra, são reduzidos ao máximo, ocupando lugar de pouco destaque, como se percebe por sua reprodução, na Figura 18, logo a

seguir. Em Tito, inicialmente, é disposto um modelo gráfico que reproduz fielmente o que se afirma no texto: “cientistas realizaram muitos experimentos nos quais uma amostra dessa substância foi submetida a pressões e temperaturas conhecidas”. Essa inscrição, surgida como resultado desses experimentos, é reproduzida a seguir, como Gráfico 31. Posteriormente, segue um gráfico repleto de elementos suplementares ou, na expressão de Perales e Jiménez (2002), etiquetas verbais, que, segundo afirma o texto, pôde ser elaborado a partir do primeiro. Este último gráfico já foi reproduzido na Figura 12.

Para melhor compreensão do significado de um diagrama de fases e das mudanças de estado, vamos estudar, como exemplo, o diagrama da água ao longo de uma linha com pressão constante de 760 mm Hg e cuja temperatura varia.

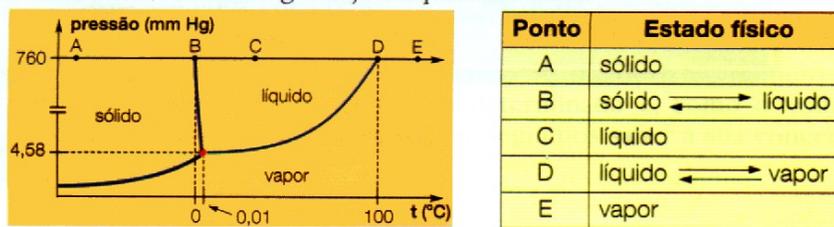


Figura 18 – Reprodução da página 84 do volume 2 de Usberco: gráfico de pouco destaque

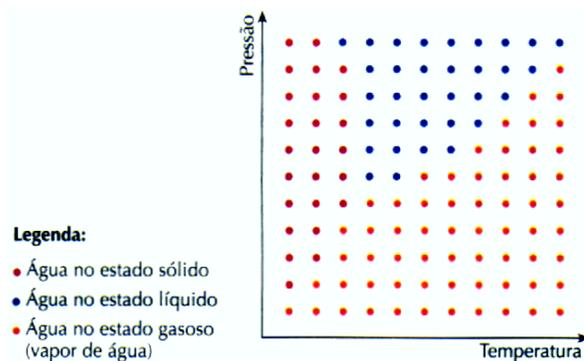


Gráfico 31 – Reprodução da página 37 do volume 2 de Tito: base experimental para o diagrama de fases

Em Reis, única obra do grupo 3, a apresentação do diagrama de fases é despreocupada com a seqüência didática e com a origem científica de seus dados. No texto logo acima do primeiro diagrama de fases, à página 136 do volume 2, há a citação da “pressão de vapor”. No

entanto, a pressão de vapor só é definida em destaque na página 142, já no capítulo seguinte, embora seja tratada de forma breve e sem o uso de gráficos na página 127.

A seqüência didática mais adequada para o estudo e a abordagem destes gráficos (pressão de vapor e diagrama de fases), não sabemos. Mas é possível dizer que a presença de pontos experimentais, como os presentes em Feltre, e, até mesmo, de uma sugestão de procedimento experimental, como em Tito, favoreceriam a aprendizagem do graficismo relacionado ao assunto em discussão, mas não só: também facilitariam a aquisição da linguagem científica pelos alunos. Aqui, estamos considerando o aspecto sócio-semiótico da presença de pontos experimentais reais: os alunos passam dar mais atenção e a acreditar com mais intensidade em dados verdadeiros.

Sobre as propriedades coligativas propriamente ditas, todos os livros fazem uso dos gráficos para ilustrar as novas curvas do diagrama de fases, após a adição de soluto. O gráfico que mais nos chamou a atenção é o que ilustra a página 70 do volume 2 de Feltre, reproduzido sob o número 32. Ao mesmo tempo em que Feltre conseguiu resumir as três propriedades coligativas relacionadas ao diagrama de fases em um só gráfico, o que poderia servir de generalização de outros gráficos que destacassem tais propriedades uma a uma, ele não deu destaque a essas propriedades no texto, por meio de subtítulos na seção. Lembo quase conseguiu um gráfico igualmente generalizador na página 306, volume 2, também aqui reproduzido, sob o número 33, mas há, ali, um erro grave. Note que a indicação da “diminuição da temperatura de congelção” se dá no trecho da transformação sólido-gasoso: o que ele faz, na realidade, é mostrar o deslocamento do ponto triplo.

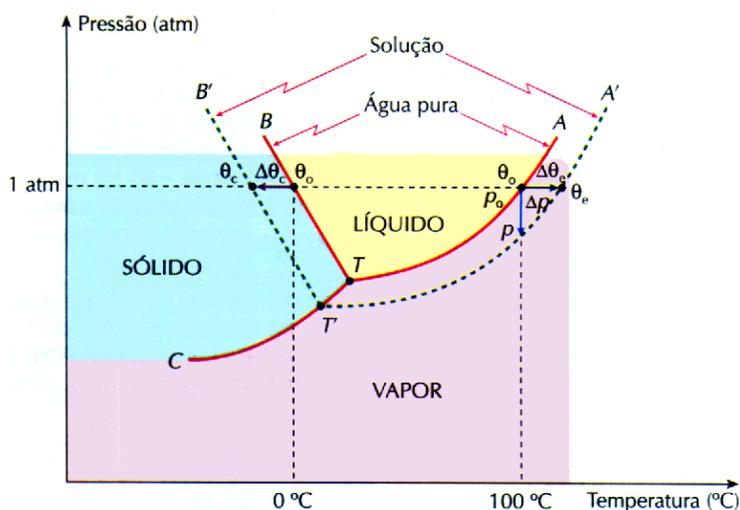


Gráfico 32 – Reprodução da página 70 do volume 2 de Feltre: um único gráfico mostra as três propriedades coligativas

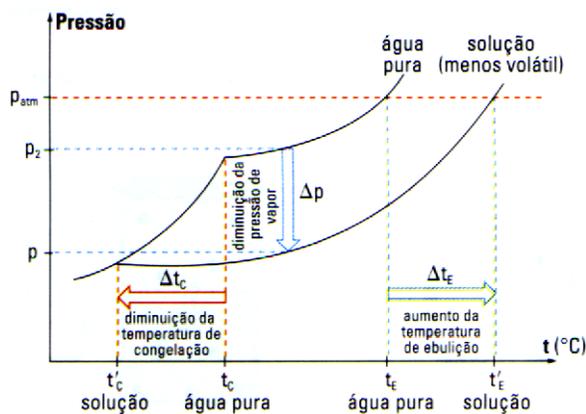


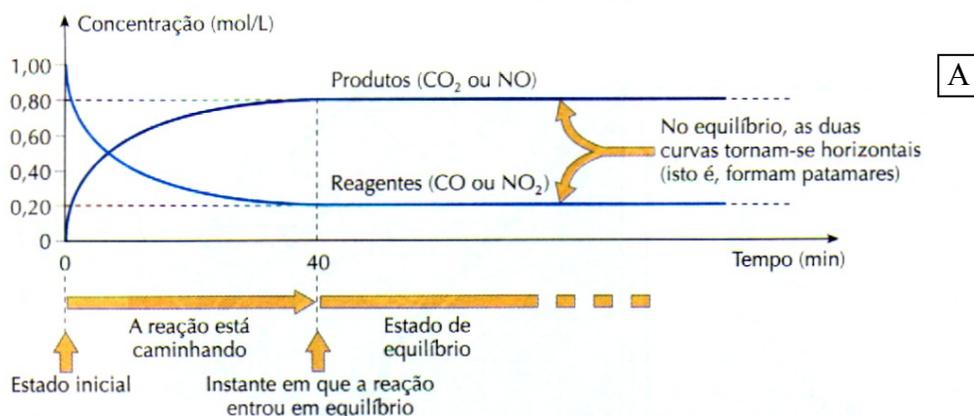
Gráfico 33 – Reprodução da página 306 do volume 2 de Lembo: erro na indicação da diminuição da temperatura de congelamento

As abordagens utilizadas nas demais obras também parecem válidas ou adequadas. No entanto, talvez fosse mais didático, sobretudo pelo reforço de sinais, que cada uma das três propriedades coligativas foi associada a pelo menos um gráfico, e só depois houvesse uma generalização por um quarto gráfico. O uso de dados, sejam estes reais ou construídos é viável e, também, recomendado.

5.9. Análise qualitativa do tema Introdução a equilíbrios químicos

Os primeiros gráficos associados ao tema *Introdução a equilíbrios químicos* são de dois tipos principais: os de concentração de reagentes e produtos ao longo do tempo (ambas as curvas no mesmo gráfico ou em gráficos distintos) e de velocidade da reação direta e da reação inversa ao longo do tempo (da mesma forma, ambas as curvas no mesmo gráfico ou em gráficos distintos). No entanto, o que se observa, inicialmente, é que a forma das curvas, qualquer que seja a grandeza disposta no eixo das ordenadas, é muito semelhante. Como exemplo, encontra-se a seguir a reprodução de parte da página 183 do volume 2 de Feltre (Figura 19), na qual os gráficos foram identificados por nós pelas letras A, B, C e D. Por essa figura, é possível notar que, além de a forma das curvas do gráfico A ser muito semelhante à forma das curvas dos demais gráficos à direita e não ter sido chamada atenção explícita para a diferença entre as grandezas expressas nas ordenadas, a escala dessa ordenada nos três gráficos à direita é completamente distinta, o que não nos permite dizer que as curvas dos gráficos B e C, em composição, sejam as mesmas que formam o gráfico D, embora a identificação (v_1 e v_2) seja a mesma. Também se verificou, no texto, ser comum a chamada ao “gráfico ao lado”, sendo que há três gráficos nesta situação. Ou seja, o autor não deixa claro ao leitor qual o gráfico a que ele se refere.

Os valores dessa tabela podem ser traduzidos no seguinte gráfico:



E o que estará acontecendo com as velocidades das reações nesse intervalo de tempo? Nas condições da experiência, a velocidade da **reação direta** ($\text{CO} + \text{NO}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{NO}$) é dada pela equação $v_1 = k_1 [\text{CO}][\text{NO}_2]$ e vai diminuindo com o passar do tempo, como mostramos no gráfico ao lado. Isso acontece porque, com o tempo, a reação direta consome CO e NO_2 , suas concentrações — $[\text{CO}]$ e $[\text{NO}_2]$ — vão diminuindo e, portanto, vai decrescendo a velocidade v_1 , de acordo com a fórmula da lei cinética.

Para a **reação inversa** ($\text{CO}_2 + \text{NO} \longrightarrow \text{CO} + \text{NO}_2$), vale a fórmula: $v_2 = k_2 [\text{CO}_2][\text{NO}]$. Agora, temos o seguinte raciocínio: à medida que a reação direta ocorre, formam-se quantidades cada vez maiores de CO_2 e NO e suas concentrações — $[\text{CO}_2]$ e $[\text{NO}]$ — vão aumentando; conseqüentemente, v_2 aumenta, de acordo com o gráfico ao lado.

Lembrando agora que as reações direta e inversa ocorrem **simultaneamente**, é fácil concluir que, diminuindo v_1 e aumentando v_2 , ao fim de um tempo t (que, no caso da tabela da página anterior, é de 40 minutos) as duas velocidades se tornam iguais, e a reação atinge o estado de **equilíbrio químico** (observe o gráfico ao lado).

O que acontece no equilíbrio?

Entre as moléculas (isto é, em nível microscópico) continua havendo reação, tanto no sentido direto como no sentido inverso. Por isso dizemos que o equilíbrio é um **equilíbrio dinâmico**.

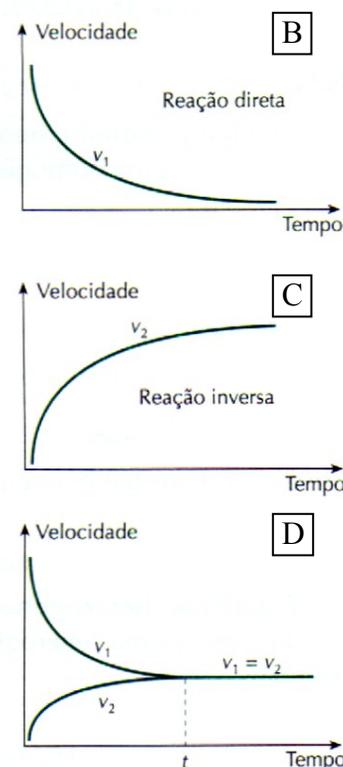


Figura 19 – Reprodução da página 183 do volume 2 de Feltre: falta de escala nos gráficos à direita

Neste sentido, o único livro que expressa inequivocamente a diferença entre os dois tipos de gráficos é Lembo. Nas páginas 192 e 193, a obra afirma que na “investigação de equilíbrios químicos podemos utilizar: diagramas de velocidade; diagramas de concentração”. Ao contrário

do que havia ocorrido no estudo de *Cinética química*, aqui Lembo faz uso de informações numéricas fictícias arredondadas, com o intuito de formar um gráfico deste último tipo.

Ainda sobre os mesmos tipos de gráficos, observamos um erro quantitativo em Reis que pode levar a equívocos por parte de alunos e professores. A Figura 20 a seguir mostra parte da página 296 do volume 2 daquela obra. Segundo o texto preliminar, o quadro é válido “[q]uando o equilíbrio químico é atingido”. Neste caso, como se verifica pelos gráficos de velocidade das reações direta e inversa em função do tempo, seja nos demais livros ou mesmo na própria obra de Reis, na página anterior, a velocidade da reação direta e a velocidade da reação inversa são exatamente as mesmas, e é por esta razão que não se observa variação das concentrações no equilíbrio. Mas não é o que se afirma no quadro; segundo ele, há apenas uma situação em que as velocidades são as mesmas: quando as concentrações finais também forem as mesmas. O que parece, observando unicamente o quadro, é que a própria autora não tinha claras, para si, as diferenças entre os gráficos de velocidade e de concentração ao longo do tempo, confundindo as conclusões que se podem tirar de cada um deles.

Concentração no equilíbrio	Reação predominante: tendência ao equilíbrio	Gráfico: concentração X tempo
As concentrações de reagentes e produtos no equilíbrio são iguais. O equilíbrio não está deslocado para nenhum lado. As reações direta e inversa ocorrem ambas com a mesma intensidade.	$[r] = [p]$ $\text{reagentes} \xrightleftharpoons[\text{reação inversa}]{\text{reação direta}} \text{produtos}$	<p>Concentração/mol · L⁻¹</p> <p>0 t_e Tempo</p> <p>[reagentes] = [produtos]</p>
A concentração de reagentes no equilíbrio é maior que a de produtos. O equilíbrio está deslocado no sentido da reação inversa (de formação dos reagentes). A reação inversa ocorre com maior intensidade.	$[r] > [p]$ $\text{reagentes} \xleftarrow[\text{reação inversa}]{\text{reação direta}} \text{produtos}$	<p>Concentração/mol · L⁻¹</p> <p>0 t_e Tempo</p> <p>[reagentes]</p> <p>[produtos]</p>
A concentração de produtos no equilíbrio é maior que a de reagentes. O equilíbrio está deslocado no sentido da reação direta (de formação dos produtos). A reação direta ocorre com maior intensidade.	$[r] < [p]$ $\text{reagentes} \xrightarrow[\text{reação inversa}]{\text{reação direta}} \text{produtos}$	<p>Concentração/mol · L⁻¹</p> <p>0 t_e Tempo</p> <p>[produtos]</p> <p>[reagentes]</p>

Figura 20 – Reprodução da página 296 do volume 2 de Reis: confusão entre gráficos de concentração e de velocidade

Outro gráfico comum a todas as obras estudadas, exceto Reis, também coloca as concentrações em função do tempo. Trata-se de gráfico que mostra qual a resposta do sistema a uma variação súbita de concentrações, ilustrando ou pretendendo explicar o princípio de Le Châtelier, sobre o deslocamento de equilíbrios neste caso. Em Tito, Feltre e Lembo, em pelo menos um gráfico é possível observar a primeira fase, em que a reação caminha para uma primeira situação de equilíbrio, como no gráfico da página 212 do volume 2 de Lembo, reproduzido sob o número 34. Em Usberco, no entanto, esta etapa é desprezada.

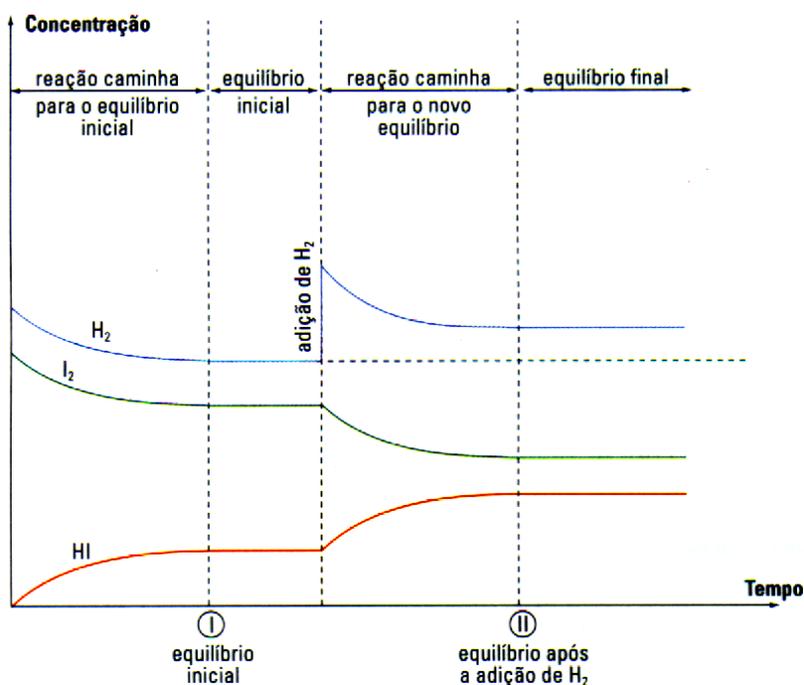


Gráfico 34 – Reprodução da página 212 do volume 2 de Lembo: descrição das concentrações de reagentes e produtos desde o início da reação

Os gráficos parecem cumprir adequadamente o seu papel ilustrativo nessas obras. Em Lembo e Usberco houve o cuidado de se colocar mais de um gráfico, cada um representando uma alteração diferente nas concentrações das substâncias do sistema. Entretanto, todos os gráficos destas quatro obras mencionadas só dispuseram tais gráficos para a situação em que o equilíbrio é deslocado devido a uma alteração nas concentrações. Não houve gráficos similares nas explicações sobre o deslocamento de equilíbrio por efeito da variação da pressão ou da temperatura, o que seria, sem dúvida, útil para comparação. Não nos esqueçamos do aspecto social da aprendizagem e, nesse sentido, o uso do mesmo gráfico em situações diversas facilita o alcance do objetivo de fazer com que o aluno também se expresse da mesma forma.

Por fim, percebemos que, na abordagem dos efeitos de um catalisador em uma reação química reversível, apenas três obras também ilustraram gráficos comparativos de concentração em função do tempo para as reações com ou sem a presença de catalisador: Usberco, Feltre e

Tito. Pelo que acabamos de sugerir no parágrafo anterior, quanto mais semelhantes forem os gráficos em suas componentes coordenadas ao longo de uma explicação, mais facilitado tenderia a ser o aprendizado. No entanto, uma das obras (Reis) somente mencionou, em texto explicativo na lateral do texto principal e não ao longo dele, o fato de catalisadores não alterarem as concentrações esperadas no equilíbrio. Por outro lado, Tito parece ter pensado na possibilidade de os alunos se confundirem quanto aos efeitos de um catalisador com os efeitos do aumento de temperatura, e dispôs gráficos comparativos de três situações, como reproduzido na Figura 21. A intenção é boa, e esta tendência de antecipar as possíveis concepções equivocadas por parte dos alunos deveria fazer parte de todas as obras, ao menos no manual do professor.

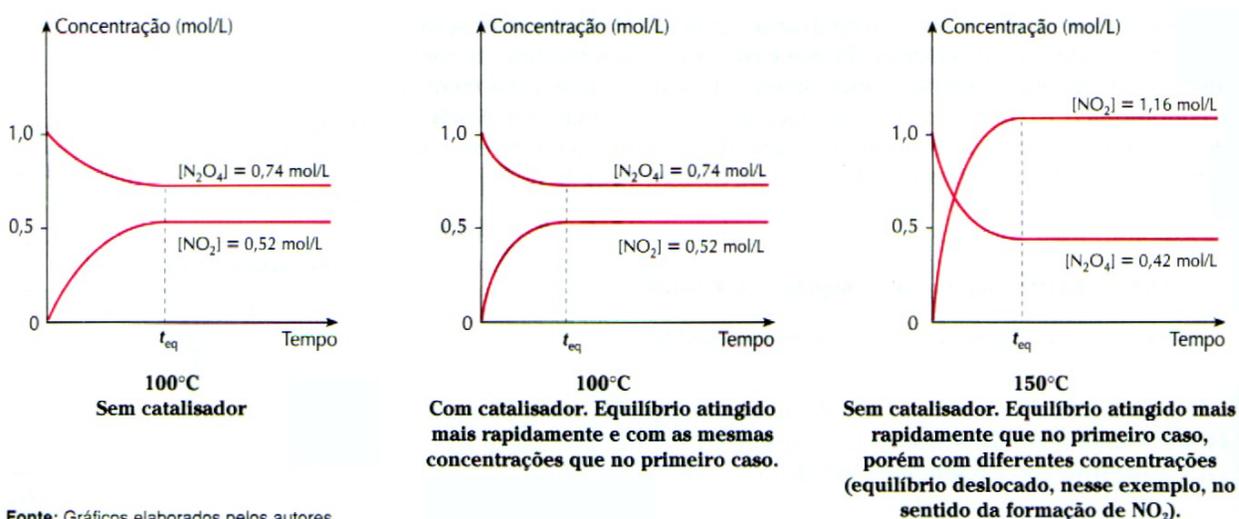


Figura 21 – Reprodução da página 224 do volume 2 de Tito: comparação entre gráficos semelhantes com o intuito de evitar a confusão

5.10. Análise qualitativa do tema Estudo do estado gasoso ideal

A exemplo de outros assuntos, nos capítulos referentes ao tema *Estudo do estado gasoso ideal*, há gráficos similares em todas as obras estudadas. Neste caso, os gráficos comuns são

aqueles que pretendem ilustrar as leis matemáticas entre as variáveis de estado dos gases ideais, a saber: lei de Boyle ou das transformações isotérmicas, lei de Charles ou das transformações isobáricas, lei de Gay-Lussac ou das transformações isocóricas.

Em Tito, os gráficos representam dados de experiências em que, das três variáveis de estado dos gases (pressão, volume, temperatura), uma é mantida constante e variam-se as outras duas. Tito aproveita, como já foi mencionado, para explicar a diferença gráfica entre funções e grandezas diretamente proporcionais e inversamente proporcionais. A apresentação da escala de temperatura absoluta, Kelvin, só é apresentada ao final, o que faz com que a obra tenha de rerepresentar os gráficos na nova escala, conforme reprodução de parte da página 280 do volume 1, na Figura 22, e só aí formalizar as leis de Charles e de Gay-Lussac. Consideramos que, se a escala Kelvin já tivesse sido apresentada, ainda que com argumentos experimentais, como parece ser a preferência dos autores, a simplificação gráfica daí resultante seria positiva. Outro problema é a ausência de pontos experimentais nos gráficos destas duas últimas leis, ao contrário do que ocorreu com a lei de Boyle.

2.10. As Leis de Charles e Gay-Lussac

Em 1787, o francês Jacques Charles, interessado na construção de balões de ar quente, investigou o comportamento dos gases quando submetidos a variações de temperatura. Em 1802, outro francês, Gay-Lussac, formalizou os resultados de Charles na forma dos gráficos das transformações isocóricas e isobáricas que discutimos há pouco.

A escala kelvin de temperatura, proposta em 1851, tornou esses gráficos muito mais simples. Compare os gráficos (A) e (B), ao lado, referentes a uma transformação isocórica.

Como você pode perceber, a pressão é diretamente proporcional à temperatura em kelvins, mas não à temperatura em graus Celsius. Trata-se de uma regularidade da natureza, que pode ser enunciada constituindo-se em uma lei.

Em palavras: A pressão de uma amostra gasosa, mantida a volume constante, é diretamente proporcional à temperatura na escala kelvin.

Em equação: $\frac{P}{T} = \text{constante}$ ou

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Essa última equação se aplica:

- a substâncias no estado gasoso, cuja quantidade permaneça inalterada;
- com V permanecendo constante;
- com P na mesma unidade em ambos os membros;
- com T na escala kelvin, obrigatoriamente.

Algo semelhante acontece com os gráficos relativos à transformação isobárica. Comparando os gráficos (C) e (D), ao lado, você pode perceber como o volume não é diretamente proporcional à temperatura na escala Celsius, mas é no caso de a temperatura estar na escala kelvin. Assim, temos outra lei científica.

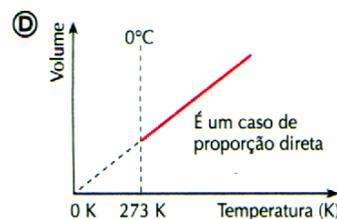
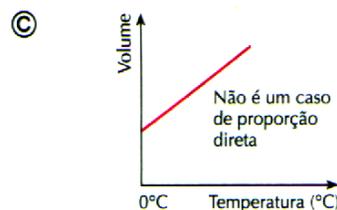
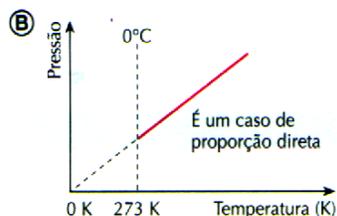
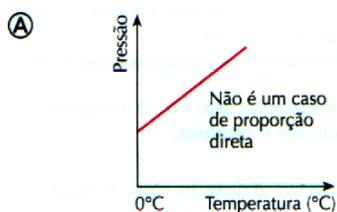


Figura 22 – Reprodução da página 280 do volume 2 de Tito: gráficos duplicados mostram a diferença entre as escalas de temperatura

A propósito, os “dados experimentais” mencionados, bem como os dados das outras obras que também os utilizam (Reis e Lembo) são literais. Como exemplo, temos a abordagem de Lembo, cujo gráfico à página 373 do volume 1 encontra-se reproduzido a seguir, sob o número 35. Note que não são usados valores reais de temperatura e pressão, mas valores literais, e que sequer são mencionadas as unidades em que se expressam as grandezas ali expostas. Lembo e Reis são duas obras que se assemelham na abordagem do tema também na forma de apresentação dos gráficos: colocados logo após a apresentação das leis matemáticas. A diferença entre essas

duas obras fica na argumentação: enquanto Lembo simplesmente enuncia a fórmula, Reis ainda cita uma motivação experimental. Mesmo assim, a abordagem poderia se basear mais fortemente nos dados experimentais, de forma semelhante à usada em Tito.

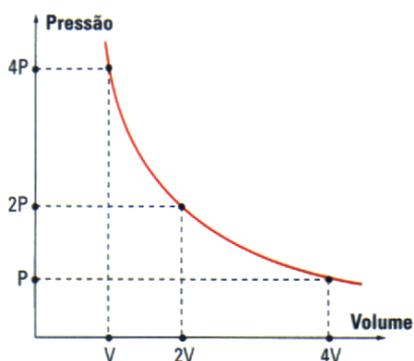


Gráfico 35 – Reprodução da página 373 do volume 1 de Lembo: dados literais no gráfico

Há obras nas quais os gráficos representam apenas as curvas associadas às leis matemáticas, mas sem a existência de pontos experimentais, ainda que literais. É o caso de Feltre e Usberco. Em ambas, a curva correspondente à lei de Boyle é chamada, adequadamente, isoterma, assim como ambos mencionam que sua denominação matemática é “hipérbole”. Feltre é a obra que mais tinha potencial para utilizar dados experimentais numéricos puros nos gráficos: há três tabelas de valores de pressão, volume, temperatura que dão a motivação experimental para a enunciação das leis. Bastaria utilizar os mesmos valores nos gráficos, para que se justificasse a forma da curva obtida, seja retilínea ou hiperbólica. No entanto, os gráficos efetivamente utilizados são pouco informativos, como se vê pelo exemplo reproduzido na Figura 23 a partir de sua página 283, volume 1. Já a abordagem de Usberco tinha potencial para explicar melhor a diferença entre as escalas de temperatura, e qual a razão que nos leva a adotar a escala absoluta nas leis de Charles e Gay-Lussac. No entanto, apenas enunciou a fórmula que relaciona as duas escalas de temperatura e, no momento de explorar os gráficos associados às duas leis citadas, simplesmente afirma, sem explicar, que a relação entre volume e temperatura em graus Celsius

não seria de proporcionalidade direta. Usberco também é o único a usar dados numéricos nos gráficos, mas apenas o fez em parte deles, e apenas nos eixos das abscissas. O resultado, estranho, pode ser visto pela reprodução de parte de sua página 386, na Figura 24.

Esse enunciado pode ter as seguintes representações:

Representação matemática

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

ou

$$PV = \text{constante}$$

Representação gráfica

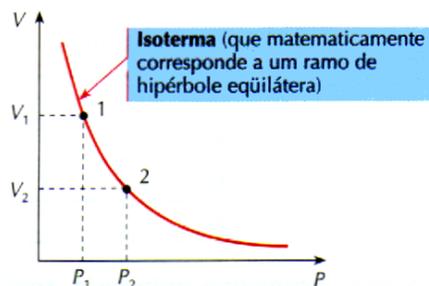
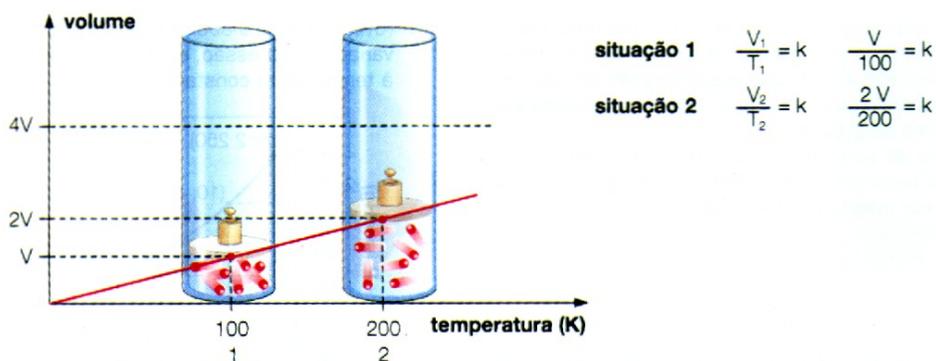


Figura 23 – Reprodução da página 283 do volume 1 de Feltre: o gráfico não usa dados numéricos, sejam reais ou fictícios

Experimentalmente, essa lei pode ser verificada observando-se a variação de volume que ocorre quando uma massa fixa de gás, à pressão constante, é submetida a aquecimento.



Podemos notar que a razão V/T (T em Kelvin) nas duas situações corresponde a um mesmo valor (k); logo, podemos concluir:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

OBSERVAÇÃO:

Se a relação entre o volume e a temperatura fosse feita na escala Celsius, o gráfico teria o aspecto mostrado ao lado.

O volume e a temperatura em Celsius não são grandezas de proporcionalidade direta.

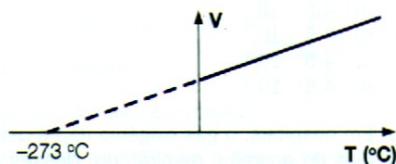


Figura 24 – Reprodução da página 386 do volume 1 de Usberco: uso de ordenada literal e abscissa numérica

5.11. Análise qualitativa de outros temas

Outro tema que nos chamou a atenção para análise foi o de *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*. Neste tema, a impressão deixada é a de que os gráficos nem sempre são utilizados com uma função bem definida. Ou seja, nem sempre o autor deixa clara (ou tem clara, para si, ao que parece) a razão didática que o levou a colocar um certo gráfico no texto. Nos volumes de número 1 das obras Usberco (página 170), Tito (página 100) e Feltre (página 124) há gráficos do número de elétrons na camada de valência (ou do módulo numérico da valência mais comum) em função do número atômico, possivelmente para ilustrar que esta seria uma propriedade periódica. No caso de Usberco, a desconexão com o texto é total, pois não há sequer menção explícita ao gráfico no texto. Em Feltre, o gráfico é colocado como o primeiro exemplo de periodicidade no contexto da Química, mas as observações colocadas no texto são completamente diferentes daquelas que se poderia depreender a partir da análise do gráfico: o gráfico trata de elementos de número atômico até 20, enquanto o texto trata de todos os demais elementos, sem explicar o conteúdo do gráfico. Além disso, a identificação do eixo das ordenadas é apenas “número de elétrons”, não explicitando que são considerados apenas os elétrons do nível de valência. Entende-se que o autor da obra acreditou que o gráfico “falasse por si”, idéia contestada por trabalhos como o de Silva *et al.* (2006), já discutidos na introdução. Em Tito, o gráfico é colocado na vertical, ou seja, abscissa e ordenada são trocados. Com isto, existem diversos pontos com a mesma abscissa, o que denota, de acordo com o que os alunos aprendem até o primeiro ano do Ensino Médio, que o gráfico não expressa uma função. No entanto, Tito é a única obra que mostra conhecer a razão pela qual dispôs tal gráfico no livro: para discutir a relação entre valência e periodicidade, a qual toma, no texto, quase uma página inteira. Também

é a única obra que reconhece a existência de mais de uma valência para alguns elementos, e é a única que explicita que o gráfico foi elaborado pelos próprios autores.

O gráfico de Tito e o de Usberco descritos anteriormente são o primeiro exemplo de inscrição que se relaciona a uma propriedade periódica. Em Feltre, há, ainda, um gráfico na página anterior, reproduzido logo a seguir na Figura 25. O que se pode perceber por ele é a falta de planejamento do autor na escolha do gráfico e das palavras do texto e da legenda. Não é possível perceber se a curva do gráfico corresponde a um período (visto que, segundo o autor, esta curva se repete semana a semana) ou se o próprio gráfico já exibe uma série de períodos. Em outras palavras, não fica claro se o período é de um ou de sete dias. A falta de escala e de linhas de chamada para os dias da semana observada nesse gráfico já foi exaustivamente comentada para os gráficos em geral.

4.1. Introdução

Objetos com perfis “periódicos” (isto é, repetitivos) são muito comuns:

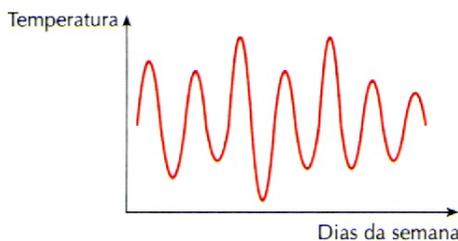


Em uma faca de cortar pão as ondulações se repetem.



Em uma corrente os elos se repetem.

Fatos que se repetem periodicamente são também comuns em nosso dia-a-dia. Alguns são fáceis de traduzir em um gráfico, como a variação da temperatura ambiente durante uma semana.



Os dias são mais quentes (são os “picos” do gráfico) e as noites, mais frias (são os “vales” do gráfico). A tendência deste gráfico é repetir-se na semana seguinte.

Figura 25 – Reprodução da página 123 do volume 1 de Feltre: dificuldade para entender a relação gráfico-texto

Lebo, mais lacônico, reproduziu apenas um gráfico para o tema *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*: a variação do raio atômico de acordo com o número atômico. É o gráfico que lhe serve para generalizar os demais gráficos de propriedades periódicas

– gráficos que, no entanto, são diferentes entre si. Lembo volta a reproduzir um gráfico muito semelhante aos de Usberco, Tito e Feltre descritos inicialmente, mas bem mais adiante no livro, ao tratar do tema *Ligações químicas*. Assim como os demais, o gráfico de Lembo parece apenas ilustrar o livro: não é essencial.

A propósito, em Usberco, volume 1, página 174, existe o Gráfico 36 reproduzido a seguir, que relaciona a primeira energia de ionização com a família do elemento representativo. A exemplo de Lembo, trata-se do único gráfico que relaciona propriedade periódica com a família ou o número atômico naquele livro, exceto, no caso de Usberco, um gráfico da variação do ponto de fusão com o número atômico.

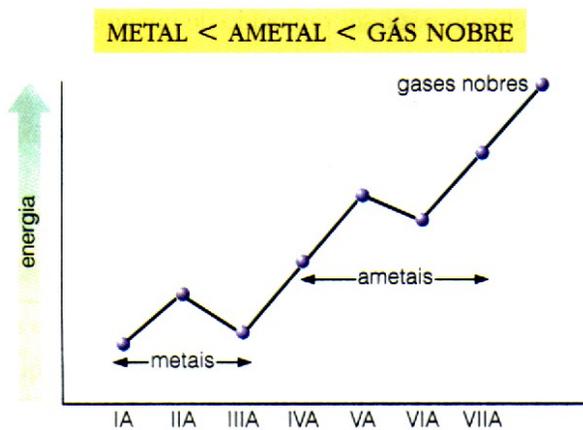


Gráfico 36 – Reprodução da página 174 do volume 1 de Usberco: relação entre energia de ionização e a família

No entanto, Usberco se esquivava de explicar por que essa energia não é linearmente crescente, caindo na família IIIA e na VIA. Na verdade, nenhum dos livros traz esta explicação. A diferença é que nenhum deles aponta tão explicitamente a existência de exceções, ao reproduzir, apenas, justamente o modelo gráfico mais difícil de explicar.

Como já se disse, no tema *Classificação periódica dos elementos e propriedades periódicas*, o destaque positivo é de Reis. Logo na primeira página da unidade “A tabela periódica”, Reis reproduz três gráficos genéricos que diferenciam curvas periódicas de curvas

não-periódicas. Mesmo sendo os gráficos genéricos, os exemplos de eventos periódicos e aperiódicos dados no texto estão em número suficiente para que os alunos tenham a oportunidade de refletir e fazer a associação com gráficos reais já vistos em outros meios, ainda que sejam gráficos 1D. É importante destacar, também, que Reis é a única obra em que se reproduziram gráficos de dispersão que colocam uma propriedade periódica em função de outra (eletronegatividade de Pauling em função do raio atômico, por exemplo). Tais gráficos são adequadamente interpretados no texto, o que contribui para que os alunos possam fazer inter-relações importantes entre as propriedades periódicas e se tornem independentes dos diagramas de flechas, como o que, talvez por praxe, aparece em Reis, volume 1, página 387, e está reproduzido na região à direita da figura 6, na seção 5.3.

Alternativa utilizada em Usberco é a de dispor uma tabela periódica tridimensional, em que as alturas das colunas de cada elemento correspondem à intensidade da grandeza periódica retratada. Um exemplo é a Figura 26, reproduzida da página 172 de seu volume 1. Lembo faz o mesmo em sua página 189 do volume 1, mas apenas para a eletronegatividade. Acreditamos que seria necessária grande ênfase no texto para que o aluno, ao fazer a leitura de tais diagramas, se detivesse na busca da periodicidade. Parecem substitutos adequados para o diagrama de flechas, mas, talvez, não para os gráficos.

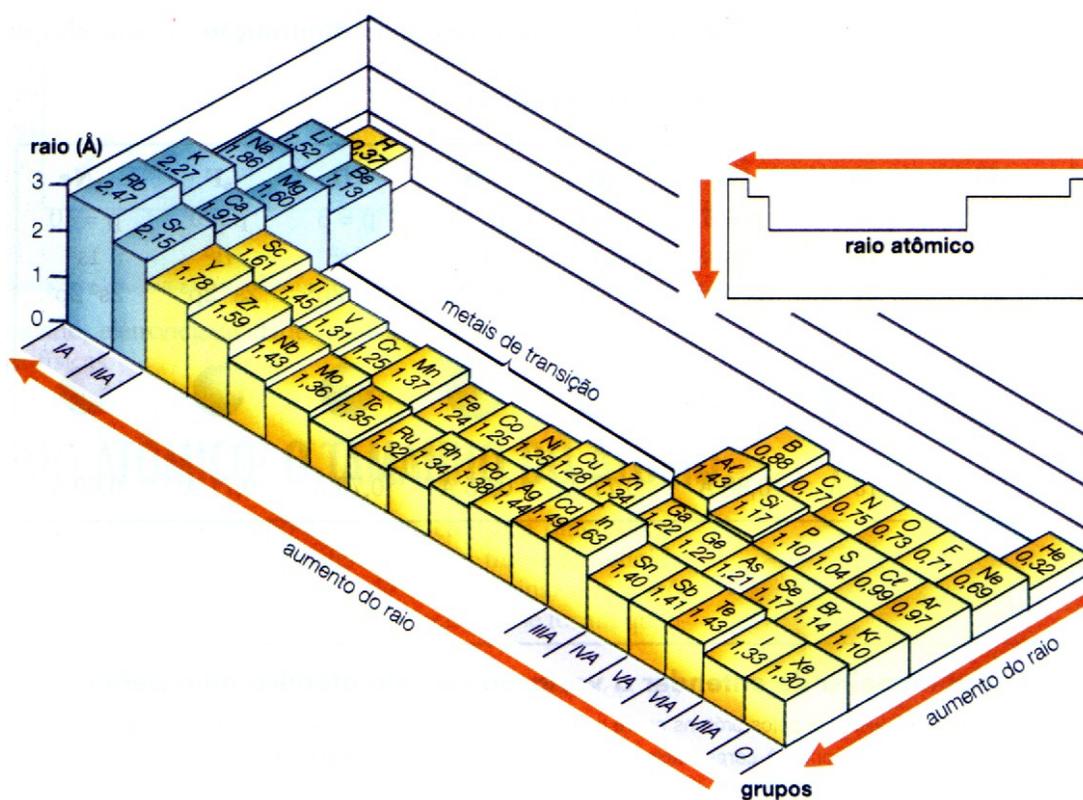


Figura 26 – Reprodução da página 172 do volume 1 de Usberco: diagrama alternativo para a exibição das tendências periódicas nas famílias e períodos

O que podemos perceber a partir desta análise sobre a abordagem gráfica das propriedades periódicas é que o assunto não recebe tratamento adequado. À exceção das obras de Reis e, de certa forma, de Tito, os gráficos não parecem ser mostrados como ferramentas indispensáveis ao entendimento do assunto.

A partir de agora, examinaremos alguns gráficos específicos, de temas que não foram considerados entre os mais ricos em gráficos.

5.12. Análise qualitativa de gráficos selecionados

Selecionamos alguns gráficos importantes, que ficaram de fora das classificações anteriores, mas que nos auxiliaram na abordagem de pontos específicos não tratados por nenhum gráfico ou grupo de gráficos até este ponto.

Cinturão de estabilidade

Um dos gráficos que mais chama a atenção por sua riqueza de informações mas, ao mesmo tempo, pela falta de clareza é aquele encontrado em Reis, volume 1, página 546, reproduzido como Gráfico 37 a seguir.

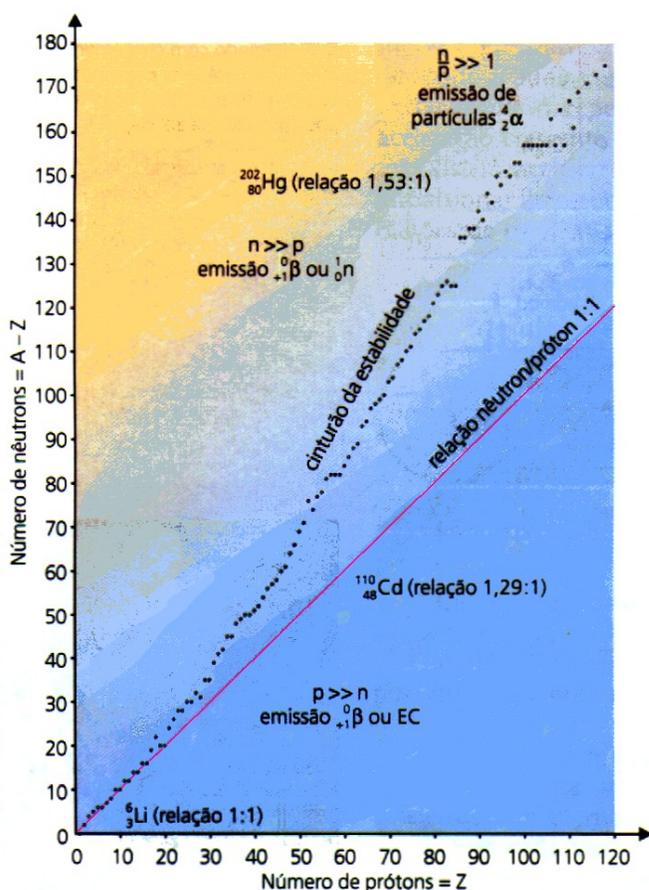


Gráfico 37 – Reprodução da página 546 do volume 2 de Reis: cinturão de estabilidade nuclear

O referido gráfico, sobre o tema *Química nuclear*, tenta mostrar quais são os isótopos estáveis dos diversos elementos químicos, além de pretender examinar qual o tipo mais provável de decaimento radioativo para um nuclídeo instável. No entanto, o que se nota, é um conjunto de equívocos na reprodução e adaptação do gráfico que, embora não se explicita, deve ter tido como fonte um livro de nível universitário ou um periódico científico da área.

O texto que acompanha o gráfico deixa claro, ao ser lido com atenção, que, quando $n \gg p$, a emissão mais comum é a de uma partícula beta (${}_{-1}^0\beta$), e que, quando $p \gg n$, a emissão comum é a de um pósitron (${}_{+1}^0\beta$). No entanto, não é o que aponta o gráfico, que coloca o pósitron como emissão comum aos dois casos. Informações sobre os nuclídeos de mercúrio (Hg) e cádmio (Cd) encontram-se desligadas de qualquer outra informação do gráfico ou do texto. Por fim, não há a explicação sobre o que significa EC, o que parece ser a sigla, em inglês, para *captura eletrônica*.

O gráfico exposto tinha um grande potencial explicativo, podendo ser complementar ao texto. No entanto, da maneira como foi reproduzido, com contradições e desinformações, não completou a recontextualização e prestou um desserviço aos alunos e aos professores.

Escala logarítmica versus escala linear

O gráfico que aparece na página 221 do volume 2 de Feltre pretende relacionar o grau de ionização de uma solução de ácido acético, um ácido fraco, com a concentração da solução, ilustrando as consequências da lei de diluição de Ostwald. Ao lado do gráfico, é disposta uma tabela que, supõe-se, aponta alguns dos pontos experimentais que serviram para compor o gráfico. Esta tabela, que é reproduzida juntamente com o gráfico na Figura 27, tem a sua primeira coluna com dados em escala logarítmica ou exponencial. A segunda coluna também cresce, aproximadamente, em progressão geométrica, só que de razão 3.

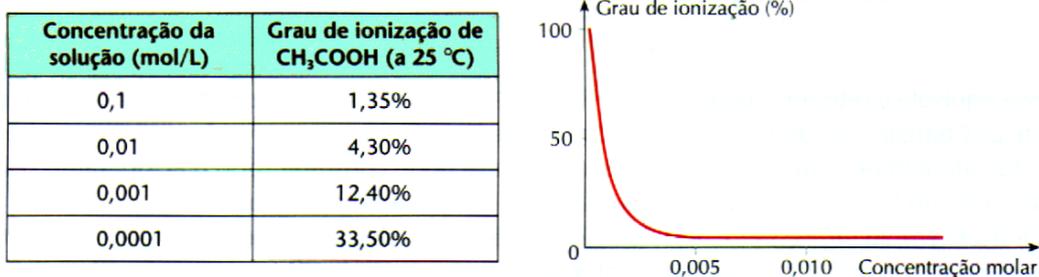


Figura 27 – Reprodução da página 221 do volume 2 de Feltre: dados crescentes em escala geométrica

Estes dois fatos nos levam à idéia de que o gráfico poderia ter sido construído, não somente em escala linear, mas também em escala logarítmica. É com essa escala que os cientistas conseguem fazer relações entre determinadas grandezas, especialmente quando estas grandezas se relacionam da forma mostrada pelos dados da tabela. A pouca familiaridade dos estudantes com os gráficos em escala logarítmica não deveria servir de justificativa para a não-disposição de tais dados, alternativamente, na forma mencionada. Afinal, os professores devem ter esta familiaridade, podendo explorar as diferenças entre gráficos lineares e logarítmicos com os mesmos dados de origem, durante o ensino do graficismo. A Figura 27, por exemplo, poderia ter servido de ponto de partida para a exploração de gráficos envolvendo escala de pH em seu eixo de ordenadas, uma vez que a definição de pH envolve logaritmos e, portanto, a escala do eixo ao qual se refere é logarítmica, fato que passou despercebido em todas as obras examinadas. Com isso, mais uma vez, insistimos na importância de se explorar, ensinar e aprender habilidades gráficas com o maior número de gráficos quanto possível.

Em outras obras, no entanto, observamos gráficos em escala logarítmica. Um exemplo é o gráfico de Reis, volume 2, página 138, que ilustra o diagrama de fases do carbono e foi reproduzido a seguir sob o número 38.

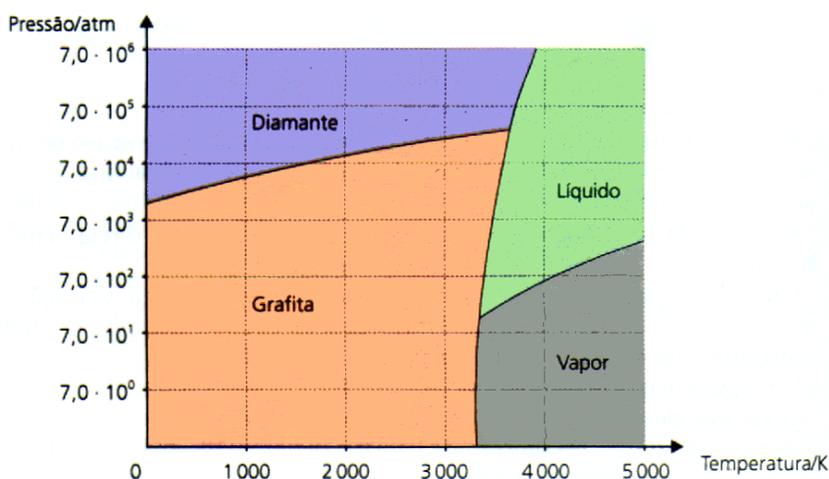


Gráfico 38 – Reprodução da página 138 do volume 1 de Reis: escala logarítmica

Curva de decaimento radioativo

Gráfico comum a todas as obras examinadas é o que representa a curva da cinética do decaimento radioativo. Seja qual for o radionuclídeo escolhido como exemplo, há uma função exponencial associada à curva, a qual possibilita encontrar a massa de radionuclídeo restante em função do tempo. No entanto, apenas duas das obras fizeram alguma menção à função exponencial na forma matemática: Usberco e Reis. Em Usberco, a exponencial aparece em uma forma bastante simplificada, que mostra que a razão entre a massa original de radionuclídeo e a massa restante é igual a 2^x , onde x é o número de meias-vidas decorridas. Reis vai mais longe e, além de fórmula semelhante à constante em Usberco, ainda anota, no corpo do gráfico, a equação $n = n_0 \cdot e^{-ct}$, onde n e n_0 representam as quantidades final e inicial de nuclídeos, e t representa o tempo decorrido. No entanto, não é explicado o significado de c , e a forma como varia c de acordo com o tempo de meia-vida do nuclídeo não mereceu destaque no texto. Tito não dispôs nenhuma fórmula matemática: apenas apontou, no próprio gráfico, a curva como sendo “exponencial de decaimento”.

A forma como os dados do eixo das ordenadas foram apresentados também variou muito entre as obras, sugerindo que não há consenso sobre a nomenclatura a ser utilizada. Reis e Feltre sugerem “número de átomos”, sendo que a primeira obra traz dados literais (n_0 , $n_0/2$ etc.) e a segunda, números absolutos, sendo 100 o valor inicial. Usberco também usa números absolutos, começando por 16, mas seu eixo das ordenadas retrata a massa de radionuclídeo “remanescente”. Lembo também traz os dados em termos de massa, mas os usa na forma literal (m_0 , $m_0/2$ etc.). Por fim, Tito sugere usar “percentual de radionuclídeo”, partindo, portanto, de 100% como valor inicial.

Também não foi consensual o uso de ilustrações, no corpo dos gráficos, que representassem o desaparecimento proporcional de um nuclídeo e o surgimento de outro: apenas Lembo e Usberco o fizeram. O gráfico presente em Usberco encontra-se reproduzido logo a seguir, sob o número 39.

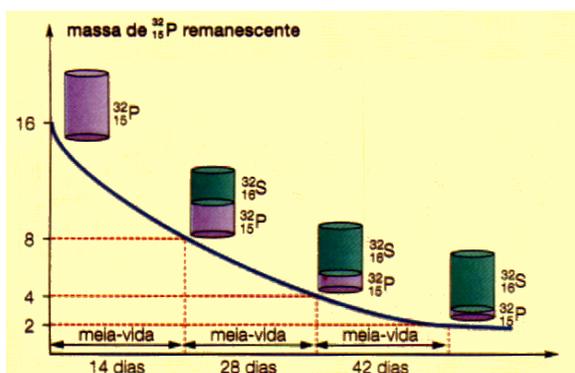


Gráfico 39 – Reprodução da página 470 do volume 2 de Usberco: uso de ilustração no corpo do gráfico da curva de decaimento

Nenhum dos autores faz qualquer relação gráfica entre o conteúdo do tema *Cinética química* e este conteúdo, embora as analogias sejam óbvias. E os gráficos parecem muito pequenos: a sua dimensão horizontal só é maior que meia página em Reis; nas demais obras, o gráfico não recebeu destaque, sugerindo que os autores o consideraram pouco importante.

Acreditamos que o conteúdo aqui abordado, sobre a cinética das desintegrações radioativas, merecia um tratamento matemático mais bem elaborado, servindo para facilitar aos alunos, também, a aprendizagem de conceitos sobre funções exponenciais e logarítmicas, úteis desde os cursos superiores de Humanas Aplicadas, como Economia, até os de ciências exatas mais básicas, como Física e Astronomia. A ênfase na interdisciplinaridade, neste e em outros conteúdos, poderia contribuir para uma maior atenção e aproveitamento do aluno sobre o assunto estudado. Friel, Curcio e Bright (2001) citam trabalhos de outros autores que comprovam a necessária relação entre o domínio das ferramentas matemáticas e o graficismo para o aluno. Esta relação entre o graficismo e a interdisciplinaridade mereceria um estudo mais aprofundado.

5.13. Análise qualitativa geral das obras

Um olhar sobre o conjunto das obras examinadas, em relação à presença e ao uso de gráficos cartesianos 2D, sugere que estas inscrições parecem não receber a atenção mais adequada em termos da busca de uma maior facilitação didática. Pelas análises quantitativa e qualitativa anteriores, foi possível notar irregularidades no momento de: integrar texto e gráfico, fazendo com que este último fosse realmente imprescindível e que acrescesse alguma explicação difícil de expressar por palavras; facilitar a leitura do gráfico, adicionando ícones, conceitos, símbolos, números à área desse gráfico; incluir alguma explicação sobre a forma como gráficos como aqueles são construídos por cientistas em seus laboratórios; acrescentar, paralelamente aos modelos gráficos, gráficos verdadeiros, ou seja, gráficos que possuíssem as escalas corretas e as linhas de chamadas para valores numéricos.

Também percebemos haver irregularidade em garantir que a leitura dos gráficos fosse realizada corretamente, por meio de um apêndice, quadro explicativo, ou mesmo um capítulo que abordasse o graficismo. Embora os livros de Química não pareçam fazer uso tão intenso dos gráficos quanto os livros de Física, por exemplo, ainda assim o número de gráficos é expressivo. Duas das obras parecem reconhecer expressamente a importância dos gráficos na aprendizagem da Química: Feltre e Tito.

Em Feltre, volume 1, páginas 24 (cerca de um quinto da página) e 25 (a página completa), observamos uma seção intitulada “A importância dos gráficos no dia-a-dia”. Nesta seção, é exposto um único gráfico 2D, que mostra a variação da densidade da água em função de sua temperatura. Ao lado dele, na mesma página 24, a obra lembra que é “muito comum e importante expressar o resultado de nossas medições por meio de gráficos.” Toda a página 25 é ocupada por 4 gráficos considerados 1D, como gráficos de linhas, de setores e de barras, sendo que nenhum deles tem intenção de explicar ou expor conceitos químicos – são apenas gráficos motivacionais. No topo da página 25, o autor apresenta tais gráficos: “Diariamente encontramos, nos jornais e nas revistas, uma série de gráficos mostrando relações entre fatos do nosso cotidiano.” De fato, como já discutimos na introdução deste trabalho, os gráficos 1D são os mais comuns na mídia jornalística, em especial a impressa, mas não são os mais comuns em livros didáticos, de forma que a seção exposta em Feltre é irrelevante, do ponto de vista didático: além de exibir os gráficos menos prováveis de se encontrar na sua própria obra, ainda não contribui com qualquer explicação sobre o graficismo, ou seja, sobre como um gráfico (seja 1D ou 2D) pode ser lido. No entanto, a frase utilizada por Feltre na página 24 e reproduzida anteriormente neste parágrafo sugere que a sua intenção seria a de apresentar o graficismo ao leitor, o que nos leva à conclusão de que o autor não conseguiu atingir o seu nobre objetivo.

Em Tito, a atenção aos gráficos pareceu ser a maior de todas as obras examinadas. Como já se disse aqui, Tito é a única das obras que reserva alguns quadros suplementares para relembrar alguns aspectos dos gráficos matemáticos abstratos, como a associação de retas com funções de 1º grau e de hipérbolas com funções inversas. Em dois desses quadros, chamados “Em destaque”, sendo um na página 273, com título “Considerações matemáticas sobre proporção direta e proporção inversa” e outro na página 279, intitulado “Algo mais sobre proporções diretas”, ambos no volume 1, Tito apresenta ao aluno o que ele deve depreender dos modelos gráficos que se seguem aos quadros, sobre o tema *Estudo do estado gasoso ideal*, mas não só: também são apresentadas as funções matemáticas que dão origem a curvas retilíneas e hiperbólicas, assim como pares de dados x e y adimensionais e a ampliação do conceito da proporcionalidade direta com a exposição do conceito de variação linear, diferenciando, assim, os dois tipos de gráficos que relacionam volume e temperatura: um com unidade de temperatura kelvin, outro com grau Celsius. Ambos os quadros são apresentados nas Figuras 28 e 29 que seguem.

Em destaque

CONSIDERAÇÕES MATEMÁTICAS SOBRE PROPORÇÃO DIRETA E PROPORÇÃO INVERSA

Considere os seguintes pares de dados:

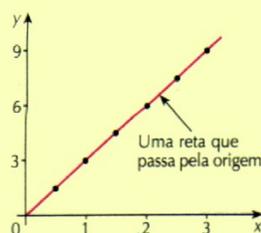
y	x
1,5	0,5
3	1
4,5	1,5
6	2
7,5	2,5
9	3

Perceba que, se x duplica, y também duplica; se x triplica, o mesmo acontece com y ; se x é dividido por 2, y também é. Dizemos que duas grandezas, nessas condições, são **grandezas diretamente proporcionais**. Colocando esses valores em um gráfico, obtemos uma reta que passa pela origem, isto é, pelo ponto $(0, 0)$.

Podemos expressar a proporção direta entre duas grandezas, x e y , do seguinte modo:

$$\frac{y}{x} = k \quad \text{ou} \quad y = k \cdot x$$

em que "k" representa um valor numérico constante.



Considere, agora, um outro exemplo:

y	x
12	1
6	2
4	3
3	4
2	6
1,5	8

Perceba que, nesse caso, se x duplica, y fica dividido por 2; se x triplica, y fica dividido por 3. Quando x é dividido por 2, y fica duplicado. Dizemos que x e y são **grandezas inversamente proporcionais**. Colocando esses valores em um gráfico, obtemos uma curva chamada de hipérbole equilátera.

A proporção inversa entre duas grandezas, x e y , pode ser expressa matematicamente da seguinte forma:

$$x \cdot y = k \quad \text{ou} \quad y = \frac{k}{x}$$

em que "k" representa um valor numérico constante.

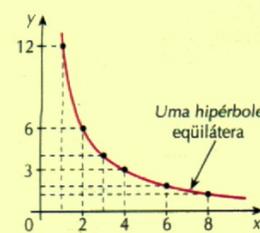


Figura 28 – Reprodução da página 273 do volume 1 de Tito: considerações matemáticas sobre proporção direta e proporção inversa

Em destaque

ALGO MAIS SOBRE PROPORÇÕES DIRETAS

Considere os gráficos (A) e (B), ao lado. Nos dois casos vemos que, quando x aumenta, y também aumenta. Como em ambas as situações temos gráficos que são linhas retas, podemos dizer que, tanto em (A) quanto em (B), y **varia linearmente** com x .

Contudo apenas em (A) podemos dizer que y é **diretamente proporcional** a x . Em (B) isso não ocorre.

Para entender, basta perceber que no caso do gráfico (A), quando x duplica, y também duplica, ao passo que, no caso do gráfico (B), quando x duplica, y aumenta mas não chega a duplicar.

Resumindo, um gráfico da grandeza y em função da grandeza x que corresponda a uma linha reta expressa uma **variação linear**. Se, além de ser uma linha reta, o gráfico passar pela origem — ponto $(0, 0)$ — então, além de uma variação linear, o gráfico também expressará um caso de **proporção direta**.

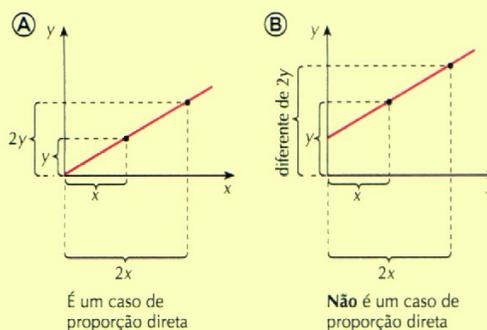


Figura 29 – Reprodução da página 279 do volume 1 de Tito: algo mais sobre proporções diretas

Acreditamos que dispor as informações descritas nos quadros em uma seção exclusiva do texto corrente chamaria a atenção dos professores sobre a importância do graficismo e sobre a importância de este conceito ser ensinado aos alunos, de ser trabalhado com os alunos de forma extensiva, possivelmente em conjunto com os professores de outras disciplinas. Este trabalho, obviamente, deve ser realizado com o uso de gráficos 2D, do mesmo tipo que mais se encontra, efetivamente, em um livro didático de Química. Não podemos nos esquecer do papel social exercido pelos autores dos livros didáticos, de formadores de opinião, de referência, frente aos professores usuários de suas obras. Quando um certo conhecimento parece ser valorizado nas suas obras, os professores tendem a lhe dar maior atenção.

Outra característica particular da obra de Tito em relação às demais obras por nós estudadas é o fato de Tito alertar, em parte dos gráficos – mas não em todos – quando um certo gráfico foi “elaborado pelos autores”, isto é, quando um gráfico não reproduz dados experimentais reais, mas dados criados única e exclusivamente para que a relação entre o gráfico e a expressão matemática que lhe dá origem seja mais simples. Em outras palavras: são criados dados numéricos “redondos”, para facilitar o entendimento da situação expressa pelo gráfico. Belmiro (2000) menciona a existência de dois tipos de ilustrações: aquelas usadas em livros didáticos e aquelas feitas especialmente para os livros. Com os gráficos, dá-se o mesmo, mas apenas em uma das obras estudadas tal fato foi explicitado.

Como já foi comentado, é, também, comum que gráficos sejam chamados, freqüentemente, diagramas ou esquemas, como Lembo, por exemplo, na página 164 do volume 2, em um quadro reproduzido na Figura 30 a seguir.

Entendendo diagramas de cinética

Conhecendo os valores da concentração de um reagente ou produto em vários tempos de ocorrência da reação, podemos construir os seguintes diagramas:

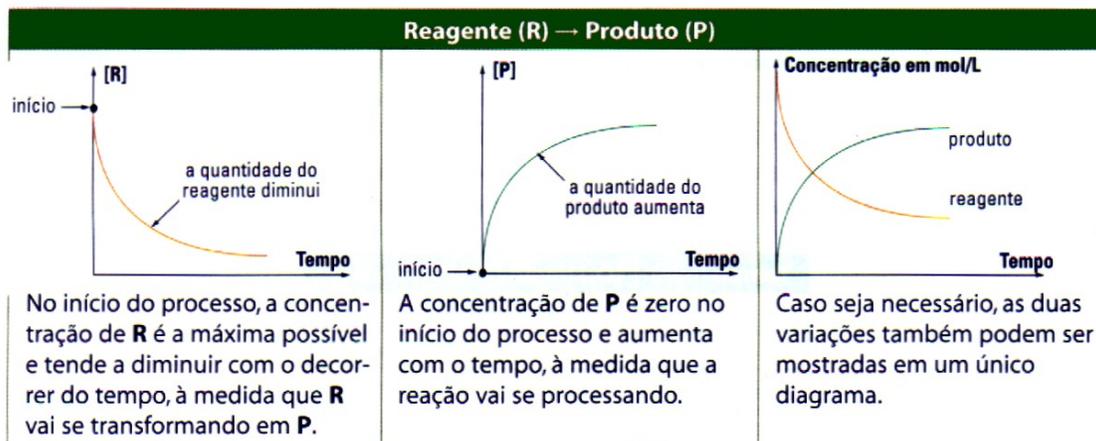


Figura 30 – Reprodução da página 164 do volume 2 de Lembo: modelos gráficos chamados de diagramas

De fato, segundo o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, *diagrama* significa, pela acepção 1, “representação gráfica, por meio de figuras geométricas (pontos, linhas, áreas etc.), de fatos, fenômenos, grandezas, ou das relações entre eles; gráfico, esquema”; *esquema* significa, entre outras coisas, “figura que dá uma representação muito simplificada e funcional de um objeto, um movimento, um processo etc.; esboço”. Mas a palavra *gráfico* é a única que tem acepções limitadas o suficiente para denominar, de forma inequívoca, o que aqui, neste trabalho, consideramos gráfico: “representação plana de dados físicos, econômicos, sociais ou outros por meio de grandezas geométricas ou figuras; diagrama, curva”; “conjunto finito de pontos e de segmentos de linhas que unem pontos distintos”; “curva num sistema de coordenadas, que representa uma função [A curva pode ser substituída por uma superfície, uma série de colunas etc.]” são algumas dessas acepções. Em outras palavras, todo gráfico pode ser considerado, também, um diagrama ou esquema, mas nem todo diagrama ou esquema é um gráfico. Delimitar tais diferenças e restringir o uso indistinto das expressões contribuiria para que o professor tivesse a sua atenção voltada para a verificação da presença suficiente de elementos informativos

e de escala, para que possa estar mais certo de que a referida inscrição será compreendida pelos alunos; também contribuiria para que os alunos fossem mais críticos sobre a utilidade de um determinado diagrama no contexto da explicação dada pelo livro.

A propósito do uso de diagramas e gráficos no tema *Termodinâmica*, Feltre e Reis optaram por gráficos em que há um eixo chamado “caminho da reação”. Como já foi discutido, consideramos mais apropriado o uso da expressão “coordenada de reação”. As demais obras, Tito, Lembo e Usberco, simplesmente diagramaram a entalpia da forma como vista na Figura 31, reproduzida da página 124 do volume 2 de Lembo.

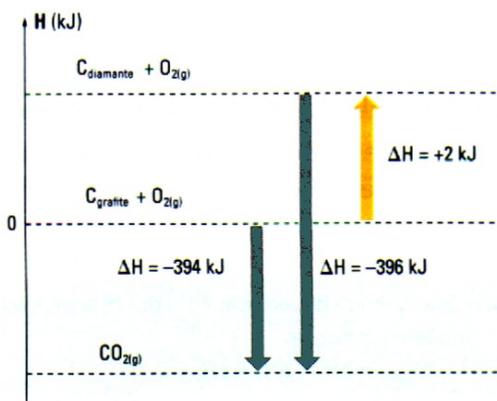


Figura 31 – Reprodução da página 124 do volume 2 de Lembo: diagrama que não foi considerado gráfico cartesiano

Se, por um lado, algumas das reações apresentadas são irreversíveis, o que implica a existência de uma coordenada de reação predeterminada, por outro, de acordo com a lei de Hess, a variação de entalpia da reação inversa, se possível, seria exatamente oposta à variação de entalpia da reação direta, de forma que a coordenada de reação é irrelevante. Na verdade, em casos mais simples, em que há apenas duas situações ou sistemas possíveis (a Figura 31 referida representa três), o diagrama é irrelevante, podendo ser substituído diretamente pela equação termoquímica correspondente.

6. CONCLUSÕES

A distribuição de gráficos, ao longo dos textos dos livros didáticos analisados, parece privilegiar assuntos em que os autores supõem que estes explicam mais que as palavras. Ou seja, temas em que as representações gráficas supostamente dizem “mais” ou de forma mais simples que as representações verbais. Foi o caso, entre outros, dos temas *Propriedades coligativas* e *Cinética química*, em que os autores, muitas vezes, interrompem o texto escrito para chamar a atenção para um dado gráfico. No entanto, gráficos só são capazes de expressar mais que palavras aos alunos para os quais as ferramentas do graficismo estão muito bem desenvolvidas. Verificamos também que houve um grande grau de concordância entre os autores sobre os temas mais privilegiados para a integração com as inscrições.

É necessário enfatizar que, embora os capítulos mais ricos em gráficos na parte teórica tenham sido, salvo exceções, os mais ricos em gráficos na parte dos exercícios propostos, a seleção dos mesmos, realizada pelos autores, pode não refletir adequadamente a quantidade e os tipos de gráficos cujos princípios básicos os alunos necessitarão compreender, com mais propriedade, ao sair da escola, seja no vestibular, na universidade, na profissão, no cotidiano, etc. Futuramente, poderá ser alvo de pesquisas a avaliação e a comparação das habilidades e comportamentos necessários ou associados aos gráficos de teoria e aos gráficos de exercícios, para que se possa investigar se a seleção de exercícios com gráficos foi, realmente, a mais adequada, e se a abordagem do graficismo na parte teórica condiz com tal seleção.

Foi possível perceber, também, que muitos dos gráficos contidos nas obras têm deficiências estruturais graves, como a falta de escalas na construção dos eixos. Como foi dito ao longo do trabalho, a primeira leitura dos gráficos costuma ser feita pelos alunos supondo que a

escala desses gráficos é adequada e correta. Com isso, a ausência de escala correta reduz a capacidade de interpretação adequada dos fenômenos naturais associados ao gráfico. A presença destes modelos gráficos em maioria, em detrimento da maior presença dos gráficos verdadeiros, pode prejudicar o aprendizado das ferramentas do graficismo.

Os gráficos têm origem nas inscrições geradas nos locais de produção da Ciência, nos dispositivos de inscrições, tendo, por esta razão, função inicialmente exposicional. Em sua contextualização em artigos científicos, tais gráficos ganhariam, predominantemente, a função de explicar ou dar suporte a uma determinada tese. No entanto, na recontextualização escolar, surpreende que os gráficos presentes nos livros brasileiros de Química voltem a ter, como função predominante (51% dos gráficos analisados), a de, unicamente, expor uma informação sobre a Natureza, sem no entanto, pretender explicá-la, ou seja, sem pretender dar base científica a um raciocínio explicativo. Com isto, não surpreende perceber que muitos alunos do Ensino Médio acreditem que estudar Ciências e, em particular, Química, é uma questão, predominantemente, de memorização de informações desconexas. A predominância de uma função mais superficial, menos elaborada, dos gráficos pode contribuir para a formação desta opinião.

Visto que o graficismo, como discutimos, é uma questão de prática, é importante a existência de gráficos, nas obras estudadas, com função retencional. Em outras palavras, é importante a existência de gráficos que pretendam auxiliar a retomada do estudo de um tema. Não temos condição de saber se o valor encontrado – 7% dos gráficos se associam a esta função – é suficiente. Seria necessária uma análise mais ampla, envolvendo também o contexto em que tais gráficos surgem, mas sugerimos que essa proporção deva ser insuficiente.

A presença de elementos informativos na região do gráfico não foi algo muito comum, sendo a maior proporção positiva encontrada aquela associada à presença de termos ou conceitos: 60%. As demais ficaram dentro do limite máximo de 50%. No entanto, tais elementos

informativos têm potencial para contribuir para uma melhor compreensão dos gráficos, em especial durante o início do estudo de temas diferentes, aos quais os estudantes ainda não foram apresentados ou sobre os quais estes estudantes ainda não têm familiaridade com seus gráficos característicos. Após este momento inicial, o excesso de elementos informativos pode prejudicar o desenvolvimento de um graficismo independente nos alunos, pois estes deixariam de ter a necessidade de elaborar suas próprias estratégias de leitura: a forma “padrão” de leitura dos gráficos sugerida pelos elementos informativos predominaria.

Talvez esta baixa presença de elementos informativos, mesmo nos gráficos iniciais, faça com que, com os livros didáticos brasileiros, o domínio do graficismo seja um objetivo difícil de alcançar. O mesmo se verifica em outros países: nos livros espanhóis de Química do *bachillerato* (Ensino de nível Médio) examinados por García e Cervantes (2004), a proporção de gráficos que incluíam elementos informativos na região do próprio gráfico também foi inferior a 50% para todos os seis classificadores. Ou seja, não são apenas os livros brasileiros a ter poucos elementos potencialmente facilitadores da leitura. No entanto, esta informação não exime os livros brasileiros de seus compromissos didáticos.

O nível de integração dos gráficos com o texto também não pôde ser considerado alto, surpreendendo, principalmente: que a inclusão de práticas científicas associadas à elaboração do gráfico, tais como experimentos, provas, ensaios e tabelas de dados, só se verificasse em pouco mais da metade dos gráficos; que a definição, no texto, de variáveis presentes no gráfico só estivesse presente em dois terços deles; e que a referência a fenômenos cotidianos ou a aplicações tecnológicas relacionados com as representações gráficas fosse associada a apenas 31% das inscrições.

Quando o texto não explica qual a origem dos dados do gráfico, seja esta origem real ou imaginária, abre-se espaço para o surgimento dos diversos tipos de concepções errôneas que

impedem o aluno de avançar rumo ao domínio da linguagem científica e que prejudicam a relação professor-aluno. O que queremos dizer é que, mesmo que um dado gráfico tenha sido criado pelos autores a partir de dados fictícios, parece adequado explicar qual seria a sua origem real, dentro de um laboratório, ou em um possível trabalho de campo, por exemplo. Explicar o procedimento experimental que dá origem aos dados do gráfico pode contribuir para despertar no aluno a vocação científica, além de tornar mais fácil a sua relação com o professor, pelo compartilhamento mais intenso de significados. Como tratamos ainda na *Introdução*, concorda-se cada vez mais com a idéia de que seja inevitável que o aluno tenha de compartilhar os significados das expressões típicas da Ciência, ou seja, que domine o vocabulário científico.

A ausência de definição para as variáveis presentes nos eixos cartesianos, infelizmente, segue o mesmo caminho negativo, prejudicando o processo de aquisição da linguagem científica por parte dos pupilos. Embora tais modelos gráficos sejam matematicamente compreensíveis, estes não recebem um tratamento científico adequado, sugerindo que foram artificialmente construídos. Com isto, observa-se alienação, no livro, em relação à forma como a Ciência é construída, por conta desta tendência de elevar ao máximo o nível de abstração dos gráficos, por meio da generalização. Da mesma forma, um baixo índice de contextualização dos gráficos sugere que o conhecimento científico neles expresso pode estar dissociado do cotidiano, da vida e do mundo do aluno, sendo esta falta de sentido prático uma das possíveis fontes da aversão dos alunos à Química e às ciências naturais em geral. E é por isto que os autores devem, sim, tentar evitar que o conhecimento seja descontextualizado.

Assim, é desejável uma maior atenção à fidelidade aos dados originais por parte dos autores, bem como que se evite a inclusão de gráficos demasiadamente abstratos. Não se pode esquecer que os gráficos nos livros didáticos são dirigidos a alunos, e não a especialistas. Estes cuidados também auxiliam no sentido de deixar claro, ao aluno, que aquele gráfico é fruto de um

experimento científico específico, relacionado a um fenômeno natural particular. Apenas a partir dessa apresentação é que se devem fazer as generalizações, fazendo uso da função retencional do gráfico. É ainda recomendável que haja uma maior referência aos fenômenos cotidianos que podem ser expressos quantitativamente por aquela categoria de gráfico.

Sobre a avaliação da relação dos gráficos com o texto, com foco no próprio gráfico, constatamos que mais de dois terços dos gráficos se mantêm nos níveis mais básicos: o da motivação e o da “informação pronta”. No entanto, o que se espera dos alunos é que sejam capazes de analisar um gráfico (inscrição ou gráfico de dados) e dele extrair a informação necessária, tal como um padrão, ou uma relação, ou, ainda, uma função matemática. Ou seja, a relação de um gráfico com o texto deve ser profunda o suficiente para promover a reflexão dos alunos, embora, obviamente, isto não possa ser exigido na totalidade dos gráficos, mesmo dentro de um único tema. Os gráficos cuja relação com o texto é decorativa ou ilustrativa também têm a sua importância. O que se espera, no entanto, é que os gráficos sejam mais bem explorados em seu potencial explanatório; esta conclusão é similar àquela que derivou da análise da função desses gráficos.

Tratando, a partir de agora, especificamente, de cada uma das questões fixadas como objetivo deste trabalho, chegamos à conclusão geral de que os gráficos não cumprem plenamente o seu papel pedagógico nos livros didáticos de Química examinados. Como já foi citado anteriormente, Duval²⁵ (1999, *apud* GARCÍA; PERALES, 2006) observa que o ensino privilegia a formação e o tratamento das representações semióticas, mas não enfatiza os processos de conversão. O problema é que os conhecimentos assim aprendidos não podem ser transferidos para uso em contexto diferente. Lemos (2006) também conclui, ao analisar os gráficos dos livros

²⁵ DUVAL, Raymond. **Semiosis y pensamiento humano**: registros semióticos y aprendizajes intelectuales. Cali, Colombia: Universidad del Valle, Peter Lang, 1999.

didáticos brasileiros das séries iniciais do Ensino Fundamental, que o tratamento da informação nesses livros “encontra-se distante de possibilitar aos alunos a construção de procedimentos para coletar, organizar, comunicar e interpretar dados, utilizando tabelas, gráficos e representações que aparecem freqüentemente em seu dia-a-dia”. Para esta autora, isto ocorre porque a maioria das atividades propostas não se refere a situações nas quais os alunos precisem interpretar diferentes tipos de gráficos e resolver questões de conteúdos estatísticos e matemáticos variados. Ambas as observações só são corroboradas pelas nossas próprias conclusões, de que os livros analisados por nós não oferecem riqueza de gráficos verdadeiros, de gráficos explicativos (função), e de gráficos explanatórios ou complementares (relação com o texto). Como já se discutiu, o graficismo costuma ser específico, ou seja, é muito comum que uma pessoa domine um tipo de gráfico em particular, de seu uso cotidiano, mas não domine os demais. A maior riqueza de tipos de gráficos contribuiria para uma facilitação do processo de aquisição das habilidades de leitura e construção de gráficos. Ao mesmo tempo, o livro didático deve propor atividades do graficismo em número suficiente e com graus de exigência variados.

Quando fizemos a análise qualitativa dos gráficos de alguns temas selecionados, percebemos que estes gráficos, tal como são apresentados nos livros, representam, muitas vezes, obstáculos ao processo de aprendizagem da disciplina. Erros conceituais em gráficos, falta de integração com o texto, estruturação deficiente, enfim, várias razões impedem o aproveitamento mais significativo dos gráficos dos livros examinados no ensino de Química de nível Médio.

Obviamente, há honrosas exceções, em que os gráficos constituem um recurso não apenas válido, mas recomendado para o ensino de certos tópicos da matéria. Além, obviamente, dos casos em que as características essenciais de um gráfico são atendidas (escala correta, definição das variáveis, integração adequada com o texto, etc.). Percebemos que houve, por parte dos autores, em pontos específicos de cada livro, uma preocupação adicional com os gráficos, que

quase sempre resultaram em bons exemplos de uso dos gráficos para fins didáticos, seja para o ensino da Química e/ou do graficismo. Comparações entre gráficos relacionados, que poderiam ser, os gráficos ou os fenômenos por eles representados, confundidos pelos alunos; inclusão de gráficos de tipos mais raros no Ensino Médio, como gráficos em escala logarítmica e gráficos de dispersão verdadeiros; gráficos com riqueza de elementos explicativos no próprio corpo do gráfico, especialmente em temas mais sensíveis e em que o uso de gráficos parece indispensável; explicações matemáticas prévias, desde que bem elaboradas, sobre os tipos de curvas matemáticas comuns nos gráficos associados ao tema em estudo, são alguns desses exemplos. Em todos estes casos, o gráfico não é apenas bem-vindo: ele é um pré-requisito na facilitação da aquisição e domínio compartilhado da linguagem da Ciência.

Ao notarmos que os gráficos são, em níveis de função e de integração com o texto, tão superficiais, chegamos à conclusão de que, muito provavelmente, o domínio das ferramentas do graficismo não chega a ser indispensável para o entendimento dos textos dos livros examinados, na maior parte dos temas. Quando o tema não depende intensamente dos gráficos, mas é adequadamente suportado por ele, como *Aspectos macroscópicos da matéria*, por exemplo, os gráficos, da forma como são colocados e em sua maioria, não parecem relevantes ou integrados o suficiente para causar impacto significativo no entendimento e na aquisição do conhecimento por parte do aluno. Ou seja, ele não parece contribuir para o compartilhamento de significados. Obviamente, para alguns alunos, para os quais o domínio do graficismo e da linguagem da Ciência já é mais significativo, a presença dos gráficos pode facilitar o entendimento do texto, mas isto não valeria para a maioria desses alunos.

Nos temas em que o uso de gráficos é intensivo, como *Propriedades coligativas*, no qual existe um tópico em que o gráfico é o ponto central do estudo (o diagrama de fases), a situação é ainda mais grave: não parece ser possível compreender plenamente o assunto, seja pela existência

de erros elementares, ou pelas falhas de estrutura e integração, já discutidas ao longo do trabalho. Desta forma, concluímos que os autores dos livros não parecem estar atentos para esta necessidade de, ao mesmo tempo, explorar e ensinar o graficismo.

Quanto à existência de possibilidades de comunicação didática pela representação gráfica que não estariam disponíveis apenas por representações verbais para os temas estudados, de fato, estas existem. Todo o nosso trabalho mostra isto, desde a *Introdução*. Conceitos de curvas matemáticas, como crescimentos e decrescimentos, pontos de máximo e de mínimo, pontos de inflexão, são, obviamente, traduzíveis pela representação verbal, mas não em um conjunto sintético e simples o suficiente para ser considerado didaticamente eficiente. E, na representação verbal, faltariam elementos espaciais que só as representações não-verbais são capazes de ter.

Assim, ambas as representações, a gráfica e a verbal, são meios didáticos eficientes para o ensino dos diversos tópicos de Química do Ensino Médio, desde que o uso de ambas se dê de forma integrada. É necessário que os agentes educacionais, autores e professores, percebam que a Ciência e as suas formas de comunicação são constituídas, simultaneamente, por representações verbais e não-verbais, e que a didática utilizada deve contemplar a ambas, com suas respectivas características.

Aproveitamos o encerramento do trabalho para sintetizar algumas das recomendações aos autores dos livros didáticos:

- É difícil aceitar a existência de gráficos, em livros didáticos, ali dispostos sem que o autor tenha em mente, claramente, a razão pela qual os gráficos foram ali impressos. Gráficos em que as escalas ou as unidades foram ignoradas ou expressas inadequadamente, ou nos quais não ocorreu a identificação nos eixos cartesianos, ou a explicação devida sobre as grandezas expressas nesses eixos, mostram um descuido, um desleixo, muito grande em relação ao leitor. Assim, o autor deveria evitar gráficos que não atendam a estes requisitos, que podem ser

considerados mínimos e essenciais para o entendimento de um texto. Com a estrutura e a equipe disponíveis em uma grande editora, a serviço do autor, sem dúvida, não há razão para que não haja algum professor especialista em gráficos, que realize a revisão da obra neste aspecto. Ainda assim, uma situação ideal seria aquela em que o próprio autor tivesse tal percepção ampla sobre gráficos;

- A Ciência e o Ensino de Ciências têm caráter fortemente social. Desta maneira, é adequado que a obra aborde os aspectos sociais relacionados aos gráficos, como a forma como estes são ou poderiam ser produzidos por cientistas, ou o contexto cotidiano ou tecnológico de aplicação do conhecimento expresso por aqueles gráficos. O professor ou autor que mostra que a Ciência é compartilhada como um conhecimento útil e de valor no mundo e na sociedade tem vantagem imediata para conquistar a confiança do aluno e possibilitar a ele que também domine a linguagem da Ciência;

- A abstração e a complexidade de gráficos cartesianos caminham juntas. Afinal, os leitores dos gráficos – os alunos – não têm o graficismo suficientemente desenvolvido para níveis altos de abstração gráfica e, além disso, gráficos abstratos perdem o contato com aquilo que realmente deveriam representar ou explicar: os fenômenos naturais. Assim, a presença intensa de modelos gráficos, muito mais abstratos que os gráficos verdadeiros, não é recomendada. É urgente que se reverta a alta proporção de modelos gráficos em detrimento dos gráficos verdadeiros, como se vê, atualmente, nos livros didáticos de Química;

- É importante que a obra desenvolva, continuamente, as habilidades do graficismo nos alunos. De nada adianta uma obra que, embora tenha muito cuidado com todos os aspectos mencionados anteriormente sobre a estrutura e a contextualização do gráfico com o texto, não ensina o graficismo ou não facilita ao aluno o amadurecimento do seu nível de graficismo. A

articulação entre as diversas partes da obra, com o uso mais intensivo da função retencional dos gráficos, é uma sugestão que segue a mesma direção.

Os professores também devem estar atentos às falhas nas obras didáticas, sejam elas as mesmas mencionadas aqui ou outras. Ressaltamos que, com este trabalho, não pretendemos, de forma alguma, desqualificar ou desmerecer o trabalho de nenhum dos autores, com relação ao tratamento dado às representações gráficas em suas obras. Ao contrário, nosso trabalho pretendeu chamar a sua atenção, bem como de professores e alunos para a importância e a necessidade de uma preocupação maior com o processo de ensino e de aprendizagem das ferramentas do graficismo. Seguramente, ao dominarem tais ferramentas, os alunos podem acessar com maior facilidade a linguagem da Ciência. Estamos, com isto, sugerindo que tanto a parte teórica quanto a prática deveriam oferecer uma maior variedade de conteúdos gráficos, explorando didáticas e atividades que favoreçam a multiplicidade de métodos e técnicas para a formação do graficismo.

Durante a realização deste trabalho, percebemos que a Ciência tende a ganhar papel de destaque em uma sociedade que está sempre em busca de ferramentas que permitam aos seus membros viver com conforto, sendo também um dos pilares do capitalismo. Nessa perspectiva, o conhecimento é a grande fonte de vitalidade da Ciência. Assim, não parece enganada a previsão de Peter Drucker (1997) de que estamos entrando em uma nova era, a era do conhecimento. Desta forma, tornar o conhecimento acessível a todos parece, isto sim, ser o maior objetivo social desta nova era. Podemos arriscar dizer que a democratização do conhecimento deveria ser a “razão de existir” do socialista pós-moderno (para usar a expressão de Drucker). Desta forma, acreditamos que, com este trabalho, demos mais uma pequena contribuição para esta democratização.

REFERÊNCIAS*

ÅBERG-BENGTSSON, Lisbeth. "Then you can take half ... almost" – Elementary students learning bar graphs and pie charts in a computer-based context. **Journal of Mathematical Behavior**, n. 25, p. 116-135, 2006.

ACS-UnB. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. Para gostar de Química. Página da Assessoria de Comunicação da Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.unb.br/acs/bcopauta/educacao17.htm>>. Acesso em: 16 mar. 2007.

ARKIN, Herbert ; COLTON, Raymond R. **Gráficos: construção e emprêgo**. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do IBGE, 1946.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARTHES, Roland. **Elementos de semiologia**. São Paulo: Cultrix, 1974.

BATISTA, Antonio A. G. A avaliação do livro didático para a escola fundamental. **Presença Pedagógica**, v. 3, n. 15, p. 84-88, 1997.

BELMIRO, Celia Abicalil. A imagem e suas formas de visualidade nos livros didáticos de Português. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 72, 2000.

BERTIN, Jacques. **Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. Paris: Éditions de l'Ehess, 1998.

_____. **A neográfica e o tratamento gráfico da informação**. Curitiba: Editora da UFPR, 1986.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. O que é o livro didático? In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE LITERATURA INFANTO-JUVENIL, LIVRO DIDÁTICO E PARTICIPAÇÃO DA COMUNIDADE NA FORMAÇÃO DE LEITORES, 2., 1995, São Paulo. **Anais...: leitura e literatura para a infância e a juventude**. São Paulo, SP: Faculdades Teresa Martin, 1996.

_____. Em foco: História, produção e memória do livro didático. Editorial. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 471-473, 2004a.

_____. Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810-1910). **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 475-491, 2004b.

* De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **Livro didático e conhecimento histórico**: uma história do saber escolar. 1993. 383 f. Tese (Doutorado em História). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

BLEICHER, Robert E.; TOBIN, Kenneth G.; McROBBIE, Campbell J. Opportunities to talk science in a high school chemistry classroom. **Research in Science Education**, n. 33, p. 319-339, 2003.

BOWEN, G. Michael. Essential similarities and differences between classroom and scientific communities. In: YERRICK, Randy; ROTH, Wolff-Michael. (Eds.) **Establishing scientific classroom discourse communities**: multiple voices of teaching and learning research. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2005.

BOWEN, G. Michael; ROTH, Wolff-Michael. Data and graph interpretation practices among preservice science teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, n. 10, p. 1063-1088, 2005.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Determina diretrizes do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – Pnlem. Resolução nº 38, 15 de outubro de 2003. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/home/livro_didatico/res038_15102003.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria nº 366, de 31 de janeiro de 2006. Divulga o resultado das avaliações dos livros didáticos dos componentes curriculares de Física e Química. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 01 fev. 2006. Seção 1. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/port366_pnlem.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.

BRASSEUR, Lee. Florence Nightingale's visual rhetoric in the rose diagrams. **Technical Communication Quarterly**, v. 14, n. 2, p. 161-182, 2005.

CARNEIRO, Maria Helena da Silva. As imagens no livro didático. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1., 1997, Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1997. p. 366-373.

CARPENTER, Patricia A.; SHAH, Priti. A model of the perceptual and conceptual processes in graph comprehension. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v. 4, n. 2, p. 75-100, 1998.

CASSIANO, Webster Spiguel. **Análise de imagens em livros didáticos de Física**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

CENPEC. São Paulo: Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária, 2007. Página de Programas e Projetos: Avaliação dos Livros Didáticos. Disponível em: <http://www.cenpec.org.br/modules/xt_conteudo/index.php?id=7>. Acesso em: 9 mar. 2007.

CHAPMAN, Anne. Language and learning in school mathematics: A social semiotic perspective. **Issues in Educational Research**, v. 3, n. 1, p. 35-46, 1993.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

COLIN, Philippe; CHAUVET, Françoise; VIENNOT, Laurence. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 3, p. 313-332, 2002.

DANESI, Marcel. A conceptual metaphor framework for the teaching of mathematics. **Studies in Philosophy and Education**, v. 26, n. 3, p. 225-236, 2007.

De BOCK, D.; VERSCHAFFEL, L.; JANSSENS, D.; van DOOREN, W.; CLAES, K. Do realistic contexts and graphical representations always have a beneficial impact on students' performance? Negative evidence from a study on modelling non-linear geometry problems. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 441-463, 2003.

DECOKER, Gary; ERICKSON, Erica. Charts and graphs in Japanese Elementary School Social Studies textbooks. **Social Education**, v. 65, n. 3, p. 158-164, 2001.

DESCARDECI, Maria Alice Andrade de Souza. Ler o mundo: um olhar através da semiótica social. **Educação Temática Digital**, v. 3, n. 2, p. 19-26, 2002.

DIAGRAMA. In: Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

DIB, Siland Meiry França; MENDES, Jacqueline Ribeiro de Souza; CARNEIRO, Maria Helena da Silva. Texto e imagens no ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Bauru, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003. CD-ROM.

DIMOPOULOS, Kostas; KOULALIDIS, Vasilis; SKLAVENITI, Spyridoula. Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. **Research in Science Education**, n. 33, p. 189-216, 2003.

DRUCKER, Peter. **Sociedade pós-capitalista**. São Paulo: Pioneira, 1997.

DUCHASTEL, Philippe; FLEURY, Maurice; PROVOST, Guy. Rôles cognitifs de l'image dans l'apprentissage scolaire. **Bulletin de Psychologie**, v. XLI, n. 386, p. 667-671, 1990.

ECO, Umberto. **A estrutura ausente**: introdução à pesquisa semiológica. São Paulo: Perspectiva; Editora da USP, 1971.

_____. **Tratado geral de semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 1991a.

_____. **Semiótica e filosofia da linguagem**. São Paulo: Ática, 1991b.

_____. Tentativa e erro. **EntreLivros**, São Paulo, n. 0, abr. 2005. Disponível em: <<http://revistaentrelivros.uol.com.br/Edicoes/0/artigo6984-1.asp>>. Acesso em: 19 nov. 2005.

EDWARDS, Derek; MERCER, Neil. **Common knowledge**: the development of understanding in the classroom. London: Methuen, 1987.

ESQUEMA. In: Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

EYSENCK, Michael W.; KEANE, Mark T. **Psicologia cognitiva**: um manual introdutório. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha. Elementos para uma abordagem psicológica do desenvolvimento de conceitos científicos e matemáticos. In: DIAS, Maria da Graça; SPINILLO, Alina Galvão. (Orgs.) **Tópicos em Psicologia Cognitiva**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1996.

FANARO, Maria de los Angeles; OTERO, Maria Rita; GRECA, Ileana Maria. ¿Qué ideas tienen los profesores acerca de las imágenes en los materiales educativos? In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACION EN LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS, 7., 2005, Granada. **Enseñanza de las Ciencias**. n. extra. Barcelona: ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, 2005. CD-ROM.

FNDE. Brasília: Ministério da Educação, 2007a. Página do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação: Livro Didático Ensino Fundamental. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=/livro_didatico/livro_didatico.html>. Acesso em: 7 mar. 2007.

_____. Brasília: Ministério da Educação, 2007b. Página do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação: Livro Didático Ensino Médio. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=/ld_ensinomedio/ld_ensinomedio.html>. Acesso em: 7 mar. 2007.

FORSTER, Patricia A. Graphing in physics: processes and sources of error in tertiary entrance examinations in Western Australia. **Research in Science Education**, v. 34 p. 239-265, 2004.

FRANCO, Ana Leonor Santos Junqueira. **Diagnóstico das condições de formação dos professores e do ensino de Química no município de Barretos**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Química). Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

FRIEL; Susan N.; CURCIO, Frances R.; BRIGHT, George W. Making sense of graphs: critical factors influencing comprehension and instructional implications. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 32, n. 2, p. 124-158, 2001.

FRIENDLY, Michael; DENIS, Daniel. The early origins and development of the scatterplot. **Journal of the History of the Behavioral Sciences**, v. 41, n. 2, p. 103-130, 2005.

GARCÍA García, José Joaquín; CERVANTES Madrid, Agustín. Las representaciones gráficas cartesianas en los libros de texto de ciencias. **Alambique: didáctica de las ciencias experimentales**, v. 41, p. 99-108, 2004.

GARCÍA García, José Joaquín; PERALES Palacios, Francisco Javier. ¿Influye la formación académica de los estudiantes en su comprensión de las representaciones gráficas cartesianas? In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACION EN LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS, 7., 2005, Granada. **Enseñanza de las Ciencias**. n. extra. Barcelona: ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, 2005. CD-ROM.

_____. ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 247-259, 2006.

GÄRDENFORS, Peter. Cognitive science: from computers to anthills as models of human thought. **Human IT: tidskrift för studier av IT ur ett humanvetenskapligt perspektiv**, v. 3, n. 2, 1999. Disponível em: <<http://www.hb.se/bhs/ith/2-99/pg.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2007.

GARFINKEL, Harold; LYNCH, Michael; LIVINGSTON, Eric. The work of a discovering science construed with materials from the optically discovered pulsar. **Philosophy of the Social Sciences**, v. 11, n. 2, p. 131-158, 1981.

GASPAR, Alberto. **Física: Eletromagnetismo, Física Moderna**. São Paulo: Ática, 2000.

GATTI Júnior, Décio. Cultura escolar e massificação do ensino no Brasil: livros didáticos, saberes disciplinares e práticas pedagógicas (1960-1990). In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 2., 1998, São Paulo. **Atas...**, volume 1. São Paulo, SP: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1998.

GILLESPIE, Cindy S. Reading graphic displays: what teachers should know. **Journal of Reading**, v. 36, n. 5, p. 350-354, 1993.

GIORDAN, André. Les enzymes de l'estomac concassent, pétrissent, malaxent la nourriture ou... prélabres pour une didactique de l'image. **Bulletin de Psychologie**, v. XLI, n. 386, p. 672-686, 1990.

GOLD, Marvin. Chemical education: an obsession with content. **Journal of Chemical Education**, v. 65, n. 5, p. 780-781, 1988.

GRÁFICO. In: Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

GRECA, Ileana María. Algumas metodologias para o estudo de modelos mentais. In: dos SANTOS, Flávia Maria Teixeira; GRECA, Ileana María (Orgs.) **A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

GUEDES, Maurício Ferreira. **Análise de conteúdo de livros didáticos de ciências: os termos químicos apresentados e suas representações possíveis**. 1992. 209 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HACKING, Ian. The self-vindication of the laboratory sciences. In: PICKERING, Andrew (Ed.) **Science as practice and culture**. Chicago: University of Chicago Press, 1992.

HALLIDAY, Michael Alexander Kirkwood. **Language as social semiotic**: the social interpretation of language and meaning. Victoria: Edward Arnold, 1979.

HALLIDAY, Michael Alexander Kirkwood; MARTIN, J.R. **Writing science**: literacy and discursive power. London: University of Pittsburgh Press, 1993.

HAN, JaeYoung; ROTH, Wolff-Michael. Chemical inscriptions in Korean textbooks: semiotics of macro- and microworld. **Science Education**. n. 90, p. 173-201, 2006.

HÉNAULT, Anne. **História concisa da semiótica**. São Paulo: Parábola Editorial, 2006.

HESSEN, Boris. The social and economic roots of Newton's Principia. In: **Science at the cross roads**: papers from the second International Congress of the History of Science and Technology. London: Frank Cass, 1971. p. 147-203.

HODGE, Robert; KRESS, Gunther. **Social semiotics**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1988.

HÖFLING, Eloisa de Mattos. Notas para discussão quanto à implementação de programas de governo: em foco o Programa Nacional do Livro Didático. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 70, p. 159-170, 2000.

HUSSERL, Edmund. **Early writings in the philosophy of logic and mathematics**. Dordrecht: Kluwer, 1994.

JIMÉNEZ Valladares, Juan de Dios; PERALES Palacios, Francisco Javier. Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 1, p. 3-19, 2001.

_____. La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 2, 2002. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero2/Art5.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2006.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1983.

KOLATA, Gina. The proper display of data. **Science**, v. 226, n. 4671, p. 156-157, 1984.

KRAMARSKI, Bracha. Making sense of graphs: does metacognitive instruction make a difference on students' mathematical conceptions and alternative conceptions? **Learning and Instruction**, v. 14, p. 593-619, 2004.

KRESS, Gunther; van LEEUWEN, Theo. **Reading images: the grammar of visual design**. London: Routledge, 1996.

LANDES, David S. Falta de ar e recuperação do fôlego. In: _____. **Prometeu Desacorrentado: Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, desde 1750 até a nossa época**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. p. 239-302.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora Unesp, 2000.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. **Laboratory life: the construction of scientific facts**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.

LAURIA, Maria Paula Parisi. **Livro didático de português: entre as concepções de ensino, os trilhos da lei e as sendas do texto**. 2004. 317 f. Tese (Doutorado em Linguagem e Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LEINHARDT, Gaea; ZASLAVSKY, Orit; STEIN, Mary Kay. Functions, graphs, and graphing: tasks, learning, and teaching. **Review of Educational Research**, v. 60, n. 1, p. 1-64, 1990.

LEMKE, Jay L. Social semiotics and science education. **The American Journal of Semiotics**, v. 5, n. 2, p. 217-232, 1987.

_____. **Talking science: language, learning, and values**. Norwood, NJ: Ablex, 1990.

_____. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J. R.; VEEL, Robert. (Eds.) **Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science**. London: Routledge, 1998.

LEMOS, Maria Patrícia Freitas de. O estudo do tratamento da informação nos livros didáticos das séries iniciais do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 2, p. 117-184, 2006.

LOGUERCIO, Rochele de Quadros; SAMRSLA, Vander Edier Ebling; DEL PINO, José Claudio. A dinâmica de analisar livros didáticos com os professores de Química. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 557-562, 2001.

LOMBARDI, Giovanna; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco Antonio. Estudio preliminar de las representaciones no-textuales utilizadas em textos escolares de química general. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACION EN LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS, 7., 2005, Granada. **Enseñanza de las Ciencias**. n. extra. Barcelona: ICE de la Universitat Autònoma de Barcelona, 2005. CD-ROM.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 74, n. 177, p. 309-334, 1993.

LUKE, Allan. Introduction. In: HALLIDAY, Michael Alexander Kirkwood; MARTIN, J.R. **Writing science: literacy and discursive power**. London: University of Pittsburgh Press, 1993.

LYNCH, Michael. Extending Wittgenstein: the pivotal move from epistemology to the sociology of science. In: PICKERING, Andrew (Ed.) **Science as practice and culture**. Chicago: University of Chicago Press, 1992.

MACEDO, Elizabeth. A imagem da Ciência: folheando um livro didático. **Educação & Sociedade**, v. 25, n. 86, p. 103-129, 2004.

MAGALHÃES, Justino. O manual escolar no quadro da História Cultural: para uma historiografia do manual escolar em Portugal. **Sísifo: Revista de Ciências da Educação**, n. 1, p. 5-14, 2006.

MARTIN, J.R. Discourses of science: Recontextualisation, genesis, intertextuality and hegemony. In: MARTIN, J.R.; VEEL, Robert. (Eds.) **Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science**. London: Routledge, 1998.

MARTIN, Leonard L.; CLARK, Leslie F. Social cognition: exploring the mental processes involved in human social interaction. In: EYSENCK, Michael W. (Ed.) **Cognitive psychology: an international review**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1990.

MARTINS, Isabel. O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1., 1997, Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1997. p. 294-299.

MATHIS, Philip M. Justifying science in an era of vocationalism. **Science Education**, v. 61, n. 1, p. 99-104, 1977.

MENDES, Adelma das Neves Nunes Barros. **A linguagem oral nos livros didáticos de Língua Portuguesa do ensino Fundamental - 3º e 4º ciclos**: algumas reflexões. 2005. 211 f. Tese (Doutorado em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

MERCER, Neil; EDWARDS, Derek. Ground-rules for mutual understanding: a social psychological approach to classroom knowledge. In: MERCER, Neil. (Ed.) **Language in school and community**. London: Edward Arnold, 1981.

MEVARECH, Zemira R.; KRAMARSKY, Bracha. From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. **Educational Studies in Mathematics**, v. 32, p. 229-263, 1997.

MIRANDA, Sonia Regina; de LUCA, Tania Regina. O livro didático de história hoje: um panorama a partir do PNLD. **Revista Brasileira de História**, v. 24, n. 48, p. 123-144, 2004.

MORRIS, Charles William. **Fundamentos da teoria dos signos**. Rio de Janeiro: Eldorado Tijuca; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1976.

MORTIMER, Eduardo Fleury. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em Aberto**, v. 7, n. 40, p. 25-41, 1988.

_____. Apresentação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Caderno de Resumos...** Belo Horizonte, MG: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007.

MULES, Warwick. The social semiotics of mass communication. **Canadian Journal of Communication** [Online], v. 22, n. 1, 1997. Disponível em: <<http://www.cjc-online.ca/viewarticle.php?id=406>>. Acesso em: 16 abr. 2007.

NÖTH, Winfried. Semiótica e semiologia: os conceitos e as tradições. **ComCiência**, n. 74, 10 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=11&id=82&tipo=1>>. Acesso em: 11 ago. 2006.

OTERO, Maria Rita. Investigación en imágenes en la educación en ciencias: imágenes, palabras y conversaciones. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Bauru, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003. CD-ROM.

OTERO, Maria Rita; MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana Maria. El uso de imágenes en textos de Física para la enseñanza secundaria y universitaria. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n2/v7_n2_a2.html>. Acesso em: 05 ago. 2006.

OTTE, M. Limits of constructivism: Kant, Piaget, and Peirce. **Science and Education**, v. 7, p. 425-450, 1998.

PASSINI, Elza Yasuko. **Os gráficos em livros didáticos de Geografia de 5ª série: seu significado para alunos e professores**. 1996. 280 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PERALES, F. Javier; JIMENEZ, Juan de Dios. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: análisis de libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002.

PHILLIPS, Richard J. An investigation of the microcomputer as a mathematics teaching aid. **Computers and Education**, v. 6, p. 45-50, 1982.

PICKERING, Andrew (Ed.) **Science as practice and culture**. Chicago: University of Chicago Press, 1992a.

PICKERING, Andrew. From science as knowledge to science as practice. In: _____ (Ed.) **Science as practice and culture**. Chicago: University of Chicago Press, 1992b.

_____. The mangle of practice: agency and emergence in the sociology of science. **The American Journal of Sociology**, v. 99, n. 3, p. 559-589, 1993.

POZZER, Lilian Leivas; ROTH, Wolff-Michael. Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 10, p. 1089-1114, 2003.

POZZER-ARDENGHI, Lilian; ROTH, Wolff-Michael. Making sense of photographs. **Science Education**, v. 89, n. 2, p. 219-241, 2005.

ROTH, Wolff-Michael. **Toward an anthropologist of graphing**: semiotic and activity-theoretic perspectives. Dordrecht: Kluwer, 2003.

ROTH, Wolff-Michael. What is the meaning of “meaning”? A case study from graphing. **Journal of Mathematical Behavior**, n. 23, p. 75-92, 2004.

ROTH, Wolff-Michael; BOWEN, G. Michael. Decalages in talk and gesture: visual and verbal semiotics of ecology lectures. **Linguistics and Education**, v. 10, n. 3, p. 335-358, 2000.

ROTH, Wolff-Michael; BOWEN, G. Michael; MCGINN, Michelle K. Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 9, p. 977-1019, 1999.

ROTH, Wolff-Michael; BOWEN, G. Michael; MASCIOTRA, Domenico. From thing to sign and “natural object”: toward a genetic phenomenology of graph interpretation. **Science, Technology, & Human Values**, v. 27, n. 3, p. 327-356, 2002.

ROTH, Wolff-Michael; DUIT, Reinders. Emergence, flexibility, and stabilization of language in a physics classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 9, p. 869-897, 2003.

ROTH, Wolff-Michael; HWANG, SungWon. On the relation of abstract and concrete in scientists’ graph interpretations: a case study. **Journal of Mathematical Behavior**, n. 25, p. 318-333, 2006.

ROTH, Wolff-Michael; MCGINN, Michelle K. Graphing: cognitive ability or practice? **Science Education**, n. 81, p. 91-106, 1997.

_____. Knowing, researching, and reporting science education: Lessons from science and technology studies. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 35, p. 213-235, 1998.

ROTH, Wolff-Michael; MIDDLETON, David. Knowing what you tell, telling what you know: uncertainty and asymmetries of meaning in interpreting graphical data. **Cultural Studies of Science Education**, n. 1, p. 11-81, 2006.

ROTH, Wolff-Michael; POZZER-ARDENGHI, Lilian; HAN, Jae Young. **Critical Graphicacy**: understanding visual representation practices in school science. Dordrecht: Springer, 2005.

SÁENZ-LUDLOW, Adalira. Signs and the process of interpretation: sign as an object and as a process. **Studies in Philosophy and Education**, v. 26, n. 3, p. 205-223, 2007.

SCOTT, Philip H. Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. **Studies in Science Education**, n. 32, p. 45-80, 1998.

SEBATA, Cláudio Ernesto; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; CARNEIRO, Maria Helena da Silva. As imagens em textos didáticos de temas sociais em um livro didático de química: análise de seu papel pedagógico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. **Atas...** Bauru, SP: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005. CD-ROM.

SEMETSKY, Inna. Introduction: semiotics, education, philosophy. **Studies in Philosophy and Education**, v. 26, n. 3, p. 179-183, 2007.

SHAH, Priti; MAYER, Richard E.; HEGARTY, Mary. Graphs as aids to knowledge construction- signaling techniques for guiding the process of graph comprehension. **Journal of Educational Psychology**, v. 91, n. 4, p. 690-702, 1999.

SHARMA, Sashi Varta. High school students interpreting tables and graphs: implications for research. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 4, p. 241-268, 2006.

SILVA, Henrique César da; ZIMMERMANN, Erika; CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza; CASSIANO, Webster Spiguel. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência & Educação**. v. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.

SILVEIRA, Marcelo Pimentel da. **Uma análise epistemológica do conceito de substância em livros didáticos de 5ª a 8ª série do ensino Fundamental**. 2002. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Química). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOUSA, Carlos Eduardo Batista de. Fundacionalismo, evolução e relativismo no Über Gewißheit de Wittgenstein. **Abstracta**, v. 1, n. 1, p. 82-91, 2004. Disponível em: < <http://www.abstracta.pro.br/revista/publicados/v1n1a6%20-%20Souza%20-%20Fundacionalismo.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2007.

STILLINGS, Neil A.; FEINSTEIN, Mark H.; GARFIELD, Jay L.; RISSLAND, Edwina L.; ROSENBAUM, David A.; WEISLER, Steven E.; BAKER-WARD, Lynne. **Cognitive science: an introduction**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1987.

STYLIANIDOU, Fani; ORMEROD, Fiona; OGBORN, Jon. Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 3, p. 257-283, 2002.

SUMMERS, Donald B. Are high school chemistry texts up-to-date? **Journal of Chemical Education**, v. 37, n. 5, p. 263-264, 1960.

TAVEIRA, Mariana Cutrim; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza; CARNEIRO, Maria Helena da Silva. O livro Química e Sociedade em sala de aula: um estudo de caso sobre o seu uso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 28., 2005, Poços de Caldas. **Anais...** São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Química, 2005.

TESTA, Italo; MONROY, Gabriella; SASSI, Elena. Students' reading images in kinematics: the case of real time graphs. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 3, p. 235-256, 2002.

TILLING, Laura. Early experimental graphs. **The British Journal for the History of Science**, v. 8, n. 30, p. 193-213, 1975.

TUFTE, Edward Rolf. **The Visual Display of Quantitative Information**. Cheshire: Graphics Press, 2001.

VALENTE, Wagner Rodrigues. Livros didáticos e história da matemática escolar no Brasil (1730-1930). In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 2., 1998, São Paulo. **Atas...**, volume 2. São Paulo, SP: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2000.

van ZEE, Emily H.; MINSTRELL, Jim. Reflective discourse: Developing shared understandings in a high school physics classroom. **International Journal of Science Education**, v. 19, n. 2, p. 209-228, 1997.

VELHO, Léa. **Curso de especialização em jornalismo científico: estudos sociais da ciência e da tecnologia**. Campinas: Labjor, 1999.

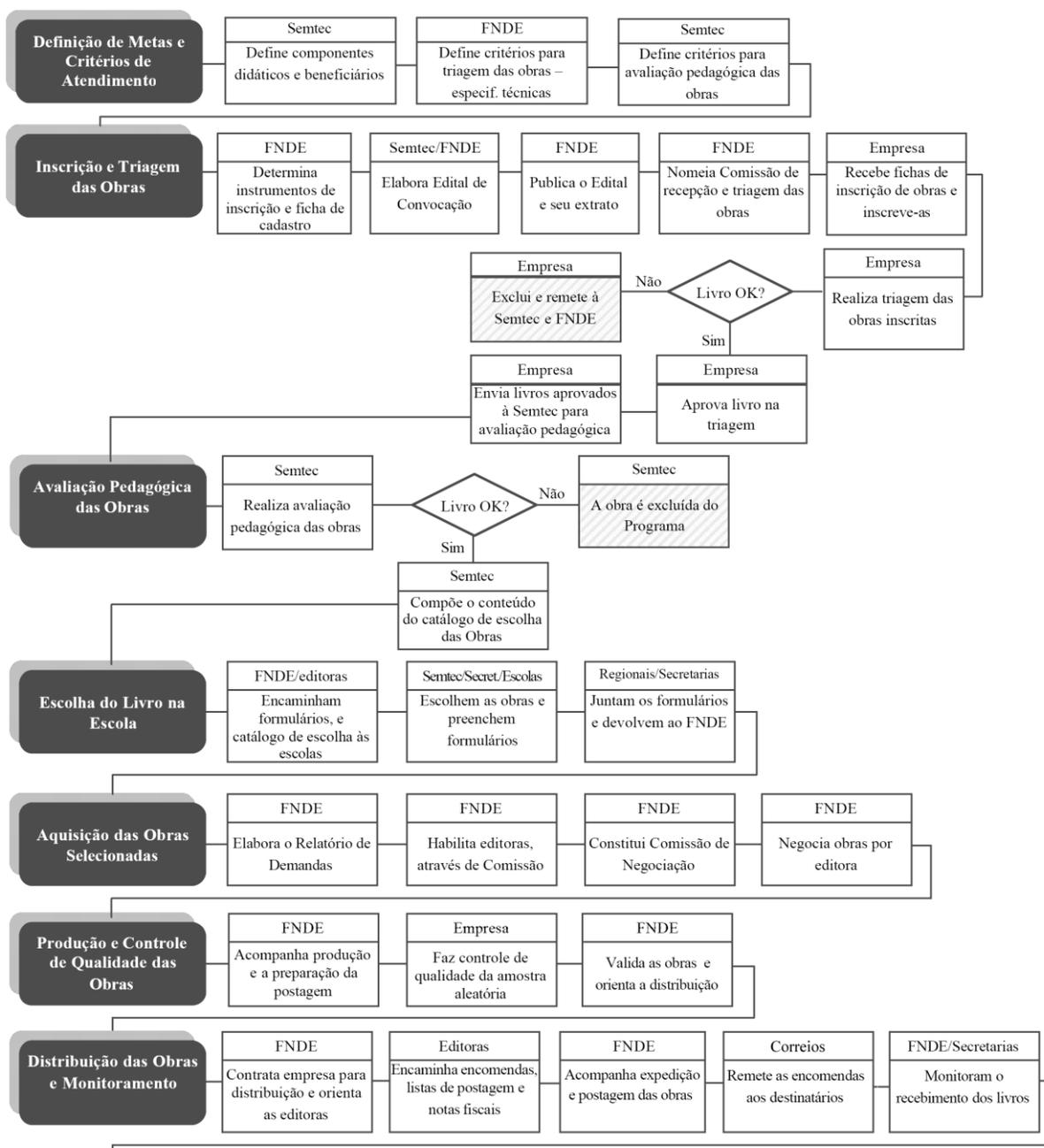
VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VOGT, Carlos. Semiótica e Semiologia. Editorial. **ComCiência**, n. 74, 10 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=11>>. Acesso em: 11 ago. 2006.

WUO, Wagner. **A Física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio**. São Paulo: Educ; Fapesp, 2000.

ANEXO A – FLUXOGRAMA OPERACIONAL DO PNLEM

Fluxograma operacional do Pnlem, indicando o processo de inscrição, avaliação, escolha, aquisição e entrega do livro didático para o ensino Médio, de acordo com o Anexo II da Resolução nº 038 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, de 15 de outubro de 2003.



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)