

ANTONIETA BIANCHI MAZON

APRENDIZAGEM DE QUIMICA: PARAMETROS DE SIGNIFICAÇÃO E  
DE INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE 2º GRAU  
- Um Estudo do Material Instrucional do PROQUIM -

Este exemplar corresponde  
à redação final da Dissertação  
defendida por Antonieta Bianchi  
Mazon e aprovada pela comissão  
julgadora em :

Data :

15/12/89

Assinatura



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1989

ANTONIETA BIANCHI MAZON

APRENDIZAGEM DE QUIMICA: PARAMETROS DE SIGNIFICAÇÃO E  
DE INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE 2º GRAU

- Um Estudo do Material Instrucional do PROQUIM -

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

1989

Dissertação apresentada  
como exigência parcial para a  
obtenção do título de Mestre em  
Educação, na área de Metodologia de  
Ensino, à Comissão Julgadora da  
Faculdade de Educação da  
Universidade Estadual de Campinas,  
sob a orientação da Profa. Dra.  
Roseli Pacheco Schnetzler.

Campinas - 1989

Comissão Julgadora

*Robt. J. ...*

*...*

*...*

## AGRADECIMENTOS

Gratidão e Reconhecimento, frutos de um trabalho fundamentado em contínuas relações significativas.

Gratidão muito especial à amiga Roseli, pela dedicação com que compartilhou e orientou nossas idéias.

Gratidão também à Rosa, pela contribuição efetiva neste trabalho.

Gratidão a vocês: Cecília, Lila, Rosária, Andréa, Adauto, Nelson, Augustina e Margot, pelas contribuições valiosas surgidas de nossos encontros.

Gratidão à Nice e ao Décio, pelo estímulo dado às idéias que resultaram neste estudo.

Gratidão à Kátia e à Dirce, pela inestimável ajuda na organização dos dados deste trabalho.

Gratidão à Sonia e ao Pasqual, à Rejane, e ao Silva, pelo empenho de profissionais, dedicado a este trabalho.

Gratidão aos manos Rosana e Walter, pela colaboração que tornou possível este estudo.

Gratidão carinhosa ao Kika, pela compreensão e incentivo em todos os momentos.

*Para minha mãe Elza (in memoriam),  
meu primeiro passo em busca da  
essência da vida ...*

*Para meu pai Walter,  
meu primeiro passo em direção aos  
experimentos ...*

*Para meu esposo Francisco,  
minha companhia nos passos de hoje  
em dia ...*

## SUMARIO

No presente trabalho, são propostos procedimentos e critérios de análise que foram aplicados a um material instrucional dirigido ao ensino de química de 2º grau - o PROQUIM - para investigar os parâmetros de significação e de investigação e, como estes naquele se relacionaram.

No âmbito do parâmetro de significação, analisou-se se a organização de conteúdo naquele material poderia facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, enquanto que no parâmetro de investigação procurou-se verificar se as atividades de aprendizagem nele propostas poderiam favorecer o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos. Por sua vez, através do relacionamento entre ambos os parâmetros, procurou-se investigar como se configurou a equilibrção entre conteúdos e processos naquele material.

De uma maneira geral, os resultados obtidos neste trabalho, permitem evidenciar que o PROQUIM pode preencher os requisitos definidos naqueles dois parâmetros. Por sua vez, o relacionamento entre ambos evidencia equilibrção "conteúdo-processo" sem, no entanto, associá-lo ao cotidiano do aluno.

## INDICE

	Página
SUMARIO .....	vi
LISTAS DE TABELAS .....	x
LISTAS DE FIGURAS .....	xi
LISTAS DE ANEXOS .....	xiii
INTRODUÇÃO .....	1
1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA .....	1
1.1 Parâmetro de Significação : Organização de Conteúdo e Aprendizagem Significativa .....	2
1.2 Parâmetro de Investigação : Atividades de Aprendizagem e Habilidades de Investigação .	4
2. JUSTIFICATIVAS DO PROBLEMA .....	7
2.1 Objetivos Propostos pelo PROQUIM .....	8
2.2 Principais Características dos Livros Didáticos de Química Brasileiros .....	9
2.3 Principais Características dos Cursos de Química de 2º Grau Brasileiros .....	10
2.4 Objetivos do Ensino de Química de 2º Grau Brasileiro .....	14
2.5 Objetivos e Tendências Internacionais do Ensino Secundário de Química .....	15
3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	18
4. LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	20

<b>1. FUNDAMENTOS TEORICOS PARA A ANALISE DOS PARAMETROS DE SIGNIFICACAO E INVESTIGACAO</b> .....	24
1.1 Parâmetro de Significação : Relações entre Organização de Conteúdo e Facilitação da Ocorrência de Aprendizagem Significativa ..	24
1.1.1 Princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa .	28
1.1.2 Organizadores Prévios .....	30
1.1.3 Relacionamento entre Fatos e Generalizações .....	32
1.1.4 Relacionamento entre Definições, Exemplos e Não-Exemplos de Conceitos .....	34
1.1.5 Relacionamento entre os Níveis Macroscópico, Representacional e Microscópico do Conhecimento Químico .....	36
1.1.6 Referencial de Análise do Parâmetro de Significação .....	38
1.2 Parâmetro de Investigação : Relações entre Atividades de Aprendizagem e Favorecimento do Desenvolvimento de Habilidades de Investigação nos Alunos .....	45
1.2.1 Referencial de Análise do Parâmetro de Investigação .....	46
1.3 Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e Investigação .....	49
1.3.1 Referencial de Análise do Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e Investigação ...	50
<b>2. PROCEDIMENTO E CRITÉRIO DE ANALISE DOS PARAMETROS DE SIGNIFICACAO, DE INVESTIGACAO E DO RELACIONAMENTO ENTRE AMBOS</b> .....	52
2.1 Procedimentos e Critérios de Análise do Parâmetro de Significação .....	52
2.1.1 Critérios para Identificar Conceitos Químicos .....	54
2.1.2 Procedimentos e Critérios para Identificar Generalizações e Fatos Relativos aos Conceitos-Chave ....	56

2.1.3	Procedimentos e Critérios para Identificar os Subsúncios dos Conceitos-Chave .....	64
2.1.4	Procedimentos e Critérios para Representar a Organização de Conteúdo .....	65
2.1.5	Procedimentos para Analisar a Representação da Organização de Conteúdo .....	70
2.1.6	Considerações Finais sobre a Análise do Parâmetro de Significação .....	73
2.2	Procedimentos e Critérios de Análise do Parâmetro de Investigação .....	75
2.3	Procedimentos e Critérios de Análise do Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e de Investigação .....	76
2.4	Considerações Finais sobre os Procedimentos e Critérios de Análise .....	77
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E CONCLUSOES .....</b>	<b>79</b>
3.1	Resultados e Conclusões Relativos ao Parâmetro de Significação no PROQUIM .....	79
3.1.1	Resultados e Conclusões Relativos à Representação da Organização de Conteúdo do PROQUIM .....	86
3.1.2	Resultados e Conclusões Relativos à Articulação entre Generalizações e Fatos no PROQUIM .....	108
3.1.3	Conclusões Finais Sobre o Parâmetro de Significação no PROQUIM .....	140
3.2	Resultados e Conclusões Relativos ao Parâmetro de Investigação no PROQUIM .....	142
3.3	Resultados e Conclusões Relativos ao Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e de Investigação no PROQUIM ..	155
3.4	Conclusões Finais sobre o PROQUIM .....	161
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	165
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	169
	ANEXOS .....	174

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Habilidades de Investigação Propostas em Cursos e/ou Materiais Instrucionais de Ciências .....	47
2. Especificação das Relações Conceituais Presentes na Representação da Organização de Conteúdos .	89
3. Especificação da Natureza das Relações Representadas no Mapa Conceitual, em Termos de Diferenciação Progressiva (DP), Reconciliação Integrativa (RI) e do Número de Conceitos que a compõem .....	96
4. Especificação das Relações Estabelecidas pelos Conceitos Incluídos na Representação da Organização de Conteúdo .....	102
5. Especificação de Atributos, Exemplos e Não-Exemplos Relativos ao Primeiro Conceito-Chave : SUBSTANCIA .....	110
6. Especificação de Atributos, Exemplos e Não-Exemplos Relativos ao Segundo Conceito-Chave : MISTURA .....	123
7. Especificação de Atributos, Exemplos e Não-Exemplos Relativos ao Terceiro Conceito-Chave : REAÇÃO QUIMICA .....	133
8. Especificação das Habilidades de Investigação solicitadas pelas Atividades Relativas à Procedimentos Experimentais no PROQUIM .....	144
9. Especificação das Habilidades de Investigação e dos Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados pelas Atividades de Aprendizagem Proposta no PROQUIM .....	146

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Representação do Processo de Subsunção .....	26
2. O Papel dos Principais Conceitos-Chave na Organização de Conteúdo de um Tópico Químico.	44
3. Um Modelo Simplificado de Mapa Conceitual ....	66
4. Representação da Organização de Conteúdo do PROQUIM - Mapa Conceitual .....	88
5. Representação do Movimento de "Descer-e-Subir" (Diferenciações Progressivas - DP - e Reconciliações Integrativas - RI) na Organização de Conteúdo .....	100
6. Representação da Organização de Conteúdo dos Três Conceitos-Chave do PROQUIM - Diagrama de Venn .....	106

## LISTA DE ANEXOS

Anexo	Página
I Material do PROQUIM Destinado ao Aluno .....	1
II Identificação e Frequência de Conceitos Químicos no Material Instrucional .....	87
III Especificação dos Conceitos Químicos Relacionados com Substância, Mistura e Reação Química no Material Instrucional .....	89
IV Especificação das Generalizações Relativas aos Conceitos-chave Substância (SB), Mistura (MT) e Reação Química (RQ) no Material Instrucional.	91

## INTRODUÇÃO

### 1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Em termos amplos, é no contexto do ensino de química de 2º grau brasileiro que devem ser inseridas as primeiras intenções para desenvolver-se o presente trabalho.

No entanto, ao se constatar a complexidade dos inúmeros problemas que vêm caracterizando o processo de ensino-aprendizagem em química, conforme apontados na literatura específica aqui também revisada, restringiu-se a elaboração e a contribuição deste trabalho à temática dos materiais instrucionais de química.

Neste âmbito, marcado pelas ações limítrofes da elaboração e da análise de materiais instrucionais, optou-se pela conciliação de ambas e, assim, determinou-se analisar um material instrucional de química - o PROQUIM - cuja fase de elaboração foi também por nós vivenciada.

Considerando o desejo de constatar coerência entre os objetivos educacionais pretendidos para aquele material e a sua real elaboração, optou-se, neste trabalho, por investigar se a organização de conteúdo no PROQUIM pode facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa e, se as suas atividades de aprendizagem propostas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Ao se considerar, por um lado, que são os alunos que

constituem o referencial convergente das idéias e preocupações que norteiam o desenvolvimento deste trabalho, por outro, isto significa também revelar a sua principal limitação. Isto porque a presente investigação é restrita, exclusivamente, à análise do material instrucional e, dentro deste, somente à consideração de dois parâmetros, isto é, o *parâmetro de significação* e o *parâmetro de investigação*.

Tais parâmetros são aqui referidos como tal, pois o primeiro compreende a análise da organização de conteúdo sob a perspectiva da aprendizagem *significativa*, enquanto que no segundo, atividades de aprendizagem são analisadas sob a ótica de desenvolverem habilidades de *investigação*.

A explicitação dos conceitos inseridos nestes dois parâmetros, bem como as razões para investigá-los neste trabalho são apresentadas a seguir.

### 1.1. Parâmetro de Significação: Organização de Conteúdo e Aprendizagem Significativa

Conforme mencionado anteriormente, o parâmetro de significação diz respeito à análise da *organização de conteúdo* do PROQUIM, com o propósito específico de verificar se a mesma pode ou não facilitar a ocorrência de *aprendizagem significativa*.

O termo *organização de conteúdo* refere-se à rede de relações estabelecida entre os componentes do conteúdo de uma disciplina, isto é, entre fatos, conceitos e princípios (SHAVELSON, 1972, 1974, REIGELUTH et alii, 1978).

Por sua vez, a *aprendizagem significativa* é definida como um processo, que ocorre quando novos significados são atribuídos e adquiridos pelo aprendiz através de um processo de interação de novas informações com a organização de idéias já existentes na sua estrutura cognitiva (1), de forma substantiva e não arbitrária, isto é, não-verbatim e não-aleatória.

Neste sentido, tal aprendizagem é qualitativamente distinta da aprendizagem mecânica, que é um processo no qual informações são incorporadas com pouca ou nenhuma relação com conceitos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. Isto implica, portanto, em uma aquisição arbitrária e literal de um novo conhecimento por parte do aluno, onde o produto desta aprendizagem caracteriza-se por memorização, com subsequente esquecimento rápido do conhecimento aprendido (AUSUBEL, 1968).

Por tais razões, a aprendizagem significativa é valorizada em detrimento da aprendizagem mecânica, justamente por ser aquela mais duradoura, ao considerar que o aluno retém o que tem significado, fato, que por sua vez, facilita a aquisição de outros significados (AUSUBEL, 1968).

Em termos de fundamentação, a relação entre *organização de conteúdo* e *aprendizagem significativa* se evidencia pela asserção de que um conteúdo organizado e apresentado de acordo com os princípios da teoria proposta por AUSUBEL (1968) pode facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa. Isto porque

---

(1) Estrutura cognitiva é o construto fundamental da Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel (1968) para explicar a aprendizagem e a retenção. Tal estrutura é, por hipótese, piramidal e organizada hierarquicamente, de maneira tal que sob conceitos mais amplos e inclusivos encontram-se subsumidos ou ancorados conceitos menos inclusivos e menos gerais (Aragão, 1976).

há uma estreita relação entre saber como um aluno aprende e saber o que fazer para auxiliá-lo a aprender melhor. Devido a essa relação, AUSUBEL (1968) sustenta que o processo de ensino consiste fundamentalmente em manipular os fatores que influenciam a aprendizagem significativa de um conhecimento específico, principalmente através da organização e da apresentação daquele conhecimento.

Em outras palavras, a organização e a apresentação de um conteúdo serão adequadas para favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa quando evidenciarem a aplicabilidade dos princípios da teoria proposta por AUSUBEL (1968). Por isso, neste trabalho, tais princípios são apresentados e discutidos visando, também, justificar os procedimentos metodológicos aqui adotados para analisar se a organização de conteúdo do PROQUIM pode facilitar ou não a ocorrência de aprendizagem significativa.

### 1.2. Parâmetro de Investigação: Atividades de Aprendizagem e Habilidades de Investigação

Com relação ao segundo parâmetro sob investigação neste trabalho, analisa-se as *atividades de aprendizagem* propostas no PROQUIM, com o propósito específico de verificar se as mesmas podem ou não favorecer o desenvolvimento de *habilidades de investigação*.

No âmbito do ensino de ciências, o termo *habilidades de investigação* é genericamente entendido como capacidades que devem ser desenvolvidas nos alunos, como resultado de seus envolvimento no estudo e na prática da ciência.

Em termos explícitos, são capacidades relativas à observação, organização e interpretação de dados experimentais; formulação e testagem de hipóteses; elaboração de generalizações e/ou conclusões; resolução de problemas novos e comunicação de idéias científicas (PRESTT, 1978; DES, 1985; KEMPA, 1986; DRIVER e MILLAR, 1987).

Para que estas capacidades possam ser desenvolvidas nos alunos, certas atividades de aprendizagem têm sido preferencialmente propostas em cursos de ciência, dentre os quais destacam-se: a realização de experiências por parte dos alunos, bem como a apresentação de questões e/ou problemas cuja resolução solicite que os alunos interpretem, discutam, busquem e analisem dados e/ou outras informações científicas, elaborem conclusões e apliquem conhecimentos adquiridos para solucionarem novos problemas.

Todavia, procurar investigar se as atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM simplesmente se coadunariam ou não àquelas acima mencionadas, pouco contribuiria para explicitar quais capacidades de investigação estariam sendo solicitadas aos alunos naquelas atividades. Em primeiro lugar, porque a simples proposta dos alunos realizarem uma experiência pode envolver a solicitação de diferentes capacidades dependendo se a abordagem metodológica de tal atividade for *ilustrativa* ou *investigativa*.

Conforme apontado por SCHNETZLER (1980, 1986), experiências ilustrativas têm a função de ilustrar que são "verdadeiras" as informações ensinadas anteriormente nas aulas teóricas, envolvendo, portanto, solicitações aos alunos,

restritas principalmente às capacidades de utilizarem materiais e técnicas de laboratório, de manterem uma sequência correta de operações e de observarem o que lhes é indicado.

Entretanto, qualitativamente distintas das experiências ilustrativas são as do tipo investigativas, as quais permeiam cursos de ciência onde são enfatizadas a aprendizagem por descoberta ou a aprendizagem por descoberta dirigida. Na primeira, os alunos são solicitados a "redescobrirem" conteúdos científicos ao invés de simplesmente recebê-los prontos (KORNHAUSER, 1979), enquanto que o processo de descoberta é auxiliado e, portanto, catalisado em termos de tempo e de eficiência, através de instruções, questões ou orientações propostas pelo professor e/ou pelo material em cursos que visem a ocorrência de aprendizagem por descoberta dirigida (MAYER, 1983a). Depreende-se, portanto, que a característica fundamental das experiências investigativas é não comprovar conteúdos anteriormente ensinados mas, sim solicitar que os alunos elaborem ou formulem conhecimentos a partir da observação, organização e interpretação de dados experimentais. Por tais razões, neste trabalho, procura-se inicialmente, analisar se o PROQUIM propõe a realização de experiências e, se estas são de natureza investigativa.

Entretanto, para que sejam identificadas quais capacidades de investigação são solicitadas aos alunos, tanto nas possíveis experiências propostas no PROQUIM, como em suas outras atividades de aprendizagem, necessário se faz adotar um procedimento de análise que possa ser aplicado a qualquer tarefa que o aluno tenha que cumprir, em um curso de ciência, isto é,

seja realizar um experimento, seja resolver problemas e/ou exercícios, seja responder a questões, seja debater assuntos científicos, seja planejar experimentos para testar hipóteses.

Considerando esta gama de atividades de aprendizagem potencialmente identificável em um material instrucional dirigido ao ensino de química, optou-se neste trabalho por adotar a listagem de capacidades de investigação proposta pelo Departamento de Educação em Ciências da Grã-Bretanha, a qual tem sido utilizada, segundo KEMPA (1986), para guiar o planejamento de programas e currículos de ciências, bem como para avaliar a consecução de seus objetivos educacionais.

Conforme será explicitado neste trabalho, tal listagem pode ser aplicada à qualquer atividade de aprendizagem proposta em cursos de ciências, visando identificar quais as capacidades de investigação nelas solicitadas.

## 2. JUSTIFICATIVAS DO PROBLEMA

Os dois parâmetros adotados neste trabalho para análise do PROQUIM, isto é, o parâmetro de significação e o parâmetro de investigação - *organização de conteúdo e facilitação de ocorrência de aprendizagem significativa* - e - *atividades de aprendizagem e favorecimento do desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos* - podem ser justificados pela consideração dos objetivos educacionais pretendidos pelo PROQUIM e pela discussão das principais características do ensino de química de 2º grau.

## 2.1. Objetivos Propostos pelo PROQUIM

Conforme expressa a coordenadora do PROQUIM, (SCHNETZLER, 1985) os objetivos educacionais pretendidos por este material instrucional visam:

- i. propiciar a ocorrência de aprendizagem significativa de tal forma que os alunos apliquem o conteúdo químico adquirido na resolução de problemas;
- ii. propiciar o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos através da realização de experiências, para coleta, organização e análise de dados experimentais, com vistas à elaboração de generalizações, isto é, conceitos, princípios e leis.

A fim de favorecer a consecução destes objetivos, os autores do PROQUIM propuseram organizar o conteúdo químico em torno de um tema central - Reações Químicas visando, com isso, selecionar noções fundamentais sobre aquele tema, desenvolvendo-as ainda de forma integrada, através da explicitação de suas inter-relações. Além disso, sugeriram a adoção de uma abordagem metodológica que enfatizasse o ensino experimental associado à aprendizagem por descoberta dirigida, concebendo, desta forma, um papel ativo ao aluno no processo de ensino-aprendizagem em química.

Tais pretensões refletem a intenção dos autores em elaborar um material instrucional com características bastante distintas daquelas usualmente identificadas em livros didáticos de química brasileiros, as quais são discutidas a seguir.

## 2.2. Principais Características dos Livros Didáticos de Química Brasileiros

A constatação de que o livro didático tem sido considerado o representante por excelência na veiculação do conhecimento, além de ser o material didático mais utilizado no processo de ensino-aprendizagem (SCHNETZLER, 1980), levou alguns educadores químicos brasileiros a analisarem livros de química dirigidos ao ensino de 2º grau visando a identificação de suas principais características.

Neste sentido, livros antigos e modernos foram analisados por SCHNETZLER (1980), a qual verificou que a ausência de experimentação constitui uma característica daqueles materiais, pois, dentre os 28 livros analisados, somente 4 (14%) continham experiências em quase todos os conteúdos abordados. Quanto ao relacionamento do conteúdo químico com temas da vida cotidiana, SCHNETZLER (1980) identificou uma pequena presença somente nos livros antigos, isto é, naqueles publicados no período de 1875 a 1940, sendo nestes, ainda, que detectou um tratamento do conteúdo que não enfatizava, como verificado nos livros modernos, a ocorrência de aprendizagem mecânica. São tais constatações que levaram a autora a concluir que:

*se esses livros tiverem sido utilizados no ensino de química sem uma considerável interferência transformadora do professor, eles refletem características de um ensino tradicional. Em outras palavras, refletem que o ensino secundário de química brasileiro tem sido eminentemente teórico, centrado na veiculação de conhecimentos dissociados da sua própria natureza experimental, negligenciando, desta forma, o seu caráter investigativo, a sua importante aplicação à sociedade e conseqüentemente a sua potencialidade para desenvolver o espírito crítico nos alunos. (SCHNETZLER, 1981, p. 15)*

Com a mesma preocupação de identificar as principais características dos livros didáticos de química mais recentemente adotados no ensino, HARTWIG e FOLGUERAS (1982) detectaram uma excessiva ênfase no tratamento matemático do conteúdo, pois, o uso de fórmulas e regras é priorizado naqueles manuais em detrimento de explicações. Resultados semelhantes foram obtidos por TFOUNI et alii (1978) ao analisarem os exercícios presentes naqueles livros, pois, identificaram que para a resolução dos mesmos são solicitadas, exclusivamente, a memorização de regras e procedimentos e a utilização de fórmulas.

Os trabalhos aqui referidos revelam, portanto, que as principais características dos livros didáticos de química brasileiros são a ausência de experimentação e de relação da química com a vida cotidiana, além da ênfase em memorização.

Ao se invocar que o livro didático tem sido considerado o elemento determinante do processo ensino-aprendizagem (SCHNETZLER, 1986), não é estranho constatar-se a presença das mesmas características em trabalhos que procuraram analisar a situação de cursos de química em escolas de 2º grau brasileiras.

### 2.3. Principais Características dos Cursos de Química de 2º Grau Brasileiros

Na medida em que a realização sistemática de pesquisas brasileiras sobre educação química teve seu início somente há cerca de 10 anos, não são numerosos e nem suficientemente amplos os trabalhos que detectam e/ou analisam a situação dos nossos cursos de química de 2º grau.

Todavia, a consideração de poucas pesquisas que investigaram situações restritas de alguns cursos, bem como de levantamentos efetuados junto a alguns professores de química e a alunos de 2º grau, pode revelar, sem o propósito de generalizar seus resultados, algumas características do processo de ensino-aprendizagem em química, no contexto da escola de 2º grau brasileira.

Dentro desta perspectiva, é que são sumarizados, a seguir, os principais resultados de 4 trabalhos publicados nos Resumos dos Encontros Nacionais de Ensino de Química e de um publicado na revista Química Nova, que se configuram como as principais fontes de divulgação de pesquisas brasileiras sobre educação química.

Com o objetivo de analisar a realidade do ensino de química das escolas da rede oficial da cidade de Campinas, (SP), SCHNETZLER et alii (1982a) aplicaram um questionário que foi respondido por 36 professores de química daquelas escolas. A análise dos dados revelou as seguintes constatações: i) apesar da maioria das escolas possuir laboratório e biblioteca, os professores não os utilizam, alegando falta de tempo; ii) a maioria dos professores ministra aulas com o objetivo específico de preparar seus alunos para o vestibular; iii) a totalidade dos professores adota e utiliza algum livro didático em suas aulas, as quais se reduzem à leitura do livro e à resolução dos exercícios nele contidos.

Em outro trabalho, SCHNETZLER et alii (1982b) procuraram detectar as condições em que os ingressantes de 1982 do curso de química da UNICAMP cursaram química durante as

três séries do 2º grau. Os dados obtidos evidenciaram que os alunos que cursaram escolas estaduais tiveram um ensino bastante deficiente, pois além deste ter sido marcado pela inexistência de aulas experimentais, não proporcionou um domínio de conhecimento químico suficiente para enfrentarem o vestibular, bem como para lhes garantir embasamento necessário para cursarem a disciplina de química geral no 3º grau.

AMBROGI et alii (1982) analisando as respostas dos vestibulandos às questões de química do exame da FUVEST de 1981, detectaram que os alunos limitaram-se exclusivamente à utilização de expressões matemáticas e que não evidenciaram a compreensão dos conceitos envolvidos.

Por sua vez, BORI et alii (1981) identificaram que as condições de ensino adotadas por professores de química das escolas da cidade de São Carlos, (SP), propiciavam a ocorrência de aprendizagem mecânica manifestada principalmente, pelo ensino de conteúdos químicos compartimentalizados, isto é, sem relações explícitas entre os mesmos.

Levando em consideração a estreita relação entre os processos de ensino e de aprendizagem, SCHNETZLER et alii (1988) afirmaram que um ensino inadequado de temas fundamentais em química, tais como Reações Químicas e Estrutura Atômica, além de propiciar um reduzido nível de conhecimento, pode promover a "aprendizagem" de incorreções conceituais. Tais conclusões derivaram da pesquisa que realizaram junto a 1414 alunos de escolas públicas da cidade de Campinas, (SP), para investigar seus problemas de aprendizagem relativos aos dois temas acima

citados. Os resultados obtidos indicaram que apenas 14% dos alunos expressaram concepções corretas, enquanto que 30% e 16% apresentaram incorreções conceituais respectivamente sobre Reações Químicas e Estrutura Atômica e os demais, total desconhecimento sobre os mesmos. Segundo os próprios alunos, as suas principais dificuldades de aprendizagem foram devido à falta de base, à insuficiência de explicações por parte do professor, à falta de tempo para estudarem e ao nível de abstração dos conceitos envolvidos nos temas sob investigação.

Tais conclusões confirmam um levantamento anterior de SCHNETZLER et alii (1985) efetuado junto a outros alunos de escolas de 2º grau da região de Campinas, (SP), no qual foi ainda identificado que aqueles não têm interesse em estudar química porque o que lhes é ensinado não tem relação com a sua vida cotidiana.

A consideração dos resultados obtidos nos trabalhos aqui citados permite apontar que os cursos de química de 2º grau brasileiros têm se caracterizado pela ausência de experimentação e de relacionamento do conhecimento químico com a vida cotidiana dos alunos, além de veicularem a compartimentalização daquele conhecimento por não explicitarem as relações entre os diversos tópicos e, conseqüentemente, enfatizarem a memorização de conteúdos. Diante disto, pode-se também constatar a identidade de características entre os livros didáticos e os cursos de química e, assim concluir, que ambos têm contrariado os objetivos propostos para o ensino de química do 2º grau.

#### 2.4. Objetivos do Ensino de Química de 2º Grau Brasileiro

Desde a implantação do ensino de química como disciplina autônoma na escola secundária brasileira em 1925 até os dias atuais, verifica-se praticamente a mesma essência nos objetivos daquele ensino, conforme propostos pelas várias reformas educacionais que se sucederam ao longo destes quase 70 anos.

Em termos gerais, os objetivos do ensino de química foram e são os de levar os alunos a: i) compreenderem a importância social e econômica da química através do conhecimento de suas inúmeras aplicações à vida cotidiana; ii) vivenciarem a metodologia experimental que caracteriza a química através da realização de experiências, promovendo o desenvolvimento de habilidades de investigação e, iii) dominarem conceitos e princípios fundamentais da química, através de uma aprendizagem significativa de tais noções, evitando a memorização de informações específicas e enfatizando as respostas aos porquês (SCHNETZLER, 1980).

A mais recente consideração destes objetivos é encontrada na proposta curricular para o ensino de química de 2º grau da CENP (2), a qual enfatiza ainda que tal ensino deve partir da experiência do aluno, de seus conceitos espontâneos, possibilitando ao mesmo a compreensão da natureza e do processo de produção do conhecimento químico. Além disso, o ensino de química deve capacitar o aluno a identificar onde e como tal conhecimento vem sendo utilizado (HINO et alii, 1986).

(2) Proposta Curricular elaborada pela equipe técnica de química da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas - CENP - e divulgada em 1986 pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Entretanto, tais objetivos parecem não estarem sendo atingidos, conforme indicam os vários trabalhos citados no item anterior desta Introdução.

Além da contradição existente entre o que tem sido feito na prática e o que tem sido proposto pelas reformas educacionais brasileiras, constata-se, ainda, um significativo distanciamento entre as tendências do nosso ensino de química de 2º grau e aquelas que caracterizam o ensino de química ao nível internacional.

### 2.5. Objetivos e Tendências Internacionais do Ensino Secundário de Química

Inúmeros são os trabalhos existentes na literatura internacional que focalizam a evolução do ensino de química e de ciências em geral (FRAZER, 1975 e 1979; KLOPPER, 1971; SCHULMAN e TAMIR, 1973; HODSON, 1985). Comum a todos eles é a constatação de que durante os anos 60 e 70 ocorreu uma profunda alteração nos objetivos e, conseqüentemente, nos currículos dos cursos de ciências. Isto foi ocasionado pelo surgimento de projetos de ensino de química como o Chems, CBA e Nuffield e de seus similares para o ensino de física e biologia, os quais foram genericamente classificados pelos educadores como "cursos modernos de ciências" em oposição aos "cursos tradicionais" até então vigentes.

Conforme apontado por KLOPPER (1971), os cursos modernos de ciências passaram a enfatizar a natureza e a estrutura conceitual da ciência, bem como os processos de investigação científica. Passaram a ressaltar ainda, as

diferenças entre observação e interpretação e, entre dados e esquemas conceituais. Deste modo, o papel do laboratório nos cursos modernos era introduzir, explorar e sugerir problemas, ao invés de confirmar o tratamento dado a um conteúdo específico. Esta nova postura, antagônica aos cursos tradicionais de ciências, mostrava, também, contrastes marcantes no que diz respeito ao conteúdo pois, enquanto os programas tradicionais procuravam cobrir um grande número de tópicos dissociados entre si, os novos enfatizavam e aprofundavam relações entre os diversos conteúdos.

Em outras palavras, o ensino de química e de ciências nos anos 60 e 70 foi caracterizado pela ênfase na organização de esquemas conceituais e pela ênfase nos processos de investigação científica, os quais deveriam ser compreendidos e executados frequentemente pelos alunos (SCHULMAN e TAMIR, 1973). São estas duas ênfases que definiram, e ainda definem, uma característica básica do ensino de ciências, a qual tem sido usualmente denominada por binômio e/ou equilíbrio entre *conteúdos e processos*.

Tal binômio é o referencial de análise utilizado por FRAZER (1979) para discutir as tendências e os objetivos dos cursos de química secundários nos anos 70. Segundo suas palavras, não se pode negar que um propósito daqueles cursos era ensinar conhecimentos básicos de química mas, também, se pretendia desenvolver habilidades de investigação, confiança e interesse pela química nos alunos. Assim ele inclui que a tendência dos cursos de química nas escolas secundárias durante os anos 70 era enfatizar uma melhor equilíbrio entre aqueles objetivos, isto

é, entre conteúdos e processos.

A busca desta melhor equilibração vem também marcando a história dos cursos de química e de ciências nos anos 80. Todavia, se ela se caracterizava como meta prioritária nos anos 60 e 70, nos dias atuais, ela divide a sua importância com o objetivo imperioso de relacionar a química (ciências) com a vida cotidiana. Assim, como aponta EDWARDS (1987), a educação química dos anos 80 se dirige no sentido da "química para o cidadão".

De acordo com tal tendência, a UNESCO, através de seu programa para melhoria do ensino de ciências sugere alguns princípios que devem nortear qualquer proposta de educação em ciências. Assim, dentre os objetivos essenciais do ensino de ciências, deve-se considerar: i) a realização de experimentos pelo aluno, visando sua capacitação para a aquisição de conhecimentos; ii) o desenvolvimento de habilidades e atitudes que são relevantes para o estudo e a prática da ciência e sua aplicação no cotidiano; iii) o estímulo à curiosidade e ao interesse pela ciência e seus métodos de investigação; iv) o interesse e os cuidados com o meio-ambiente (LOCKARD, 1986; KEMPA, 1986).

Em termos operacionais, a adoção de tais princípios implica, nas palavras de EDWARDS (1987) em: i) uma redução na quantidade de informação factual a ser aprendida; ii) maior ênfase ao encorajamento dos alunos no sentido de compreenderem a importância da matéria para suas próprias vidas; iii) maior ênfase para o desenvolvimento de diversas habilidades intelectuais e práticas, importantes não somente para o estudo e prática da ciência, mas também úteis na vida diária

(EDWARDS, 1987, p. 176).

Contraopondo as considerações aqui feitas com aquelas apresentadas nos itens 2.2, 2.3 e 2.4, pode-se constatar que os objetivos propostos para o ensino de química de 2º grau brasileiro não se distanciam dos que definem aquele ensino à nível internacional. No entanto, a mesma conclusão não pode ser atribuída às tendências que respectivamente os caracterizam. Neste particular, são marcantes as diferenças já apontadas entre cursos tradicionais - representantes frequentes do ensino de química de 2º grau brasileiro - e cursos renovados - exemplos caracterizadores do ensino de química a nível internacional.

Assim, é neste contexto de distorções tão agudas no ensino de química de 2º grau brasileiro que se encontram justificativas para centrar-se atenção em um material instrucional - o PROQUIM - o qual, em linhas gerais, pretende enfatizar algo inexistente nos livros didáticos de química brasileiros, qual seja o aspecto da equilibração entre conteúdos e processos.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Decorrente do objetivo de se analisar os parâmetros de significação e de investigação no PROQUIM, alguns procedimentos e critérios metodológicos, condizentes com tal fim, foram adotados neste trabalho. Para isso, realizou-se, inicialmente, uma revisão da literatura com o propósito de detectar e selecionar possíveis procedimentos e instrumentos de análise que pudessem ser aqui utilizados.

Com relação ao parâmetro de investigação, a consulta a

publicações recentes sobre habilidades que devem ser desenvolvidas nos alunos em cursos de ciências (SCHIBECI, 1984; GAULD e HUKINS, 1980; DRIVER e MILLAR, 1987 e KEMPA, 1986) revelou a propriedade de se adotar o mesmo referencial de análise sugerido pelo Departamento de Educação em Ciências da Grã-Bretanha, já que aquele vem sendo frequentemente utilizado em trabalhos de planejamento e de avaliação de programas e currículos em ciências (KEMPA, 1986).

O citado referencial consiste de uma tabela de habilidades de investigação que representa os principais e os mais recentes objetivos propostos para o ensino de ciências, principalmente no nível dos seus processos.

Além disso, uma outra razão para a sua adoção neste trabalho, diz respeito à aplicabilidade das categorias que o compõem. Conforme indicado no item 1.2 desta Introdução, tais categorias podem ser adequadamente aplicadas ao amplo espectro de atividades de aprendizagem propostas em cursos e/ou materiais instrucionais de ciências que, semelhantemente ao PROQUIM, pretendem enfatizar o binômio "conteúdo-processo".

Por sua vez, com relação à investigação do parâmetro de significação, nenhum procedimento de análise foi possível de ser detectado na literatura sobre educação em ciência. Na realidade, foram encontradas orientações gerais para aquele fim, sendo estas provenientes da Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, bem como, foram identificados alguns critérios relativos à aprendizagem de conceitos químicos.

A consideração destas contribuições, acrescida de outras sugestões aqui propostas, implicou que neste trabalho

fosse também desenvolvido um procedimento metodológico, cuja adoção possibilita analisar o potencial de significação em um material instrucional dirigido ao ensino de química de 2º grau.

Neste sentido, as explicitações dos fundamentos teóricos que embasam aquele procedimento, bem como das etapas e critérios que o compõem são, respectivamente, apresentadas nos capítulos 1 e 2 deste trabalho. Nestes são também incluídas discussões semelhantes, concernentes ao parâmetro de investigação. Resultados relativos à análise de ambos os parâmetros no PROQUIM são, então, apresentados e discutidos no capítulo 3, o qual precede as considerações finais deste trabalho.

#### 4. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Conforme mencionado, são analisados neste trabalho os parâmetros de significação e de investigação no PROQUIM para, respectivamente, evidenciar se o conteúdo químico abordado naquele material é organizado de modo a facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa e, se as suas atividades de aprendizagem propostas podem favorecer o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Apesar dos termos envolvidos nos dois parâmetros representarem conceitos fundamentais no contexto da educação em ciências, aqueles devem ser compreendidos dentro de determinadas condições advindas das limitações desta investigação.

A principal delas diz respeito à restrição da análise feita neste trabalho, já que esta é centrada unicamente no material instrucional. Isto significa que os resultados e as

conclusões aqui apresentadas só podem ser consideradas como tais dentro do âmbito da organização do ensino, e não como representativos do processo de ensino-aprendizagem, e nem mesmo passíveis de transferência direta para o contexto da sala de aula.

Em outras palavras, isto significa que a ocorrência de aprendizagem significativa, facilitada ou não pela organização de conteúdo no PROQUIM, só poderia ser completamente investigada se aqui fossem também analisados dois outros processos. O processo de ensino do professor - elemento fundamental para a significação e/ou transformação do material instrucional - e, principalmente, o processo de aprendizagem dos alunos porque são estes últimos que determinam a intenção e a disponibilidade de aprenderem significativamente um conteúdo.

Por sua vez, seria somente através da observação, do acompanhamento e da análise do desempenho dos alunos na execução das atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM que se poderia analisar se aquelas efetivamente favorecem o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Além desta principal limitação, duas outras neste trabalho dizem respeito à própria análise da organização de conteúdo no PROQUIM. A primeira é decorrente do fato de que aqui não se analisa todo o conteúdo químico abordado naquele material que, como um todo, é proposto de ser desenvolvido durante as três séries do 2º grau. Portanto, respeitadas as condições de viabilidade para se desenvolver esta pesquisa, optou-se por analisar somente o conteúdo destinado à 1ª série daquele grau, cujo material instrucional correspondente - volume 1 da versão

experimental do PROQUIM - constitui o Anexo I deste trabalho. Tal opção é justificada pelo fato de ser naquela série que geralmente se dá o primeiro contato sistemático dos alunos com a química e, por isso, implicar que a organização daquele ensino seja feita visando favorecer a ocorrência de uma aprendizagem inicial significativa que, por sua própria natureza, possa facilitar a aprendizagem dos conteúdos subsequentes.

Neste sentido, as conclusões obtidas neste trabalho não podem ser estendidas ao PROQUIM como um todo, devendo ser atribuídas exclusivamente ao material acima especificado.

Por sua vez, é no âmbito da análise da organização de conteúdo daquele material que se situa uma outra limitação deste trabalho. Em primeiro lugar, porque para aquela pretensão, o que é passível de análise não é a organização de conteúdo em si, mas sim, uma parcial representação da mesma.

Conforme apontado por SCHNETZLER (1987), aquela parcialidade na representação é decorrente do fato de que para se analisar um conteúdo, este deve ser inicialmente convertido em uma lista de sentenças. Simplesmente devido a este procedimento, várias questões podem emergir: deve-se considerar todas as sentenças que compõem o conteúdo? Aquelas relativas a exemplos e analogias devem ser também incluídas? Ou somente devem ser consideradas aquelas mais fundamentais? E, se assim for, como estas podem ser identificadas? Independentemente da tomada de decisão acerca destas questões, o fato é que, ao se converter o conteúdo - neste caso particular, o texto do material instrucional - em uma série de sentenças independentes, ele sofre reduções levando, portanto, à uma representação parcial do mesmo.

Pelo exposto, faz-se necessário explicitar, então, que neste trabalho é analisada somente uma representação parcial da organização de conteúdo no volume 1 do PROQUIM. Todavia, para compensar tal limitação, a representação que aqui se analisa pode, conforme justificativas apresentadas no próximo capítulo, refletir as características principais daquela organização e, assim, se constituir como um dos referenciais principais do parâmetro de significação investigado nesta pesquisa.

Embora tenham sido apontadas as limitações acima, julga-se que apesar delas, a relevância deste trabalho possa ser evidenciada pela tentativa que aqui se faz em propor um procedimento sistematizado, para analisar materiais instrucionais de química que centralizam ou não seus objetivos no aprimoramento de capacidades cognitivas do aluno de 2º grau.

Além disso, na medida em que neste trabalho também se adotam procedimentos que enfocam aspectos relativos à organização de conceitos e aos processos de investigação dos mesmos, é possível sugerir, ainda, que as contribuições advindas do mesmo possam não só auxiliar a análise de materiais instrucionais em química, como também, nortear a sua elaboração.

## CAPITULO 1

### FUNDAMENTOS TEORICOS PARA A ANALISE DOS PARAMETROS DE SIGNIFICAÇÃO E INVESTIGAÇÃO

Neste capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos que embasam a análise dos parâmetros de significação e investigação considerados neste trabalho.

Como mencionado anteriormente, o parâmetro de significação compreende a análise da organização de conteúdo do PROQUIM, sob a perspectiva desta facilitar ou não a ocorrência de aprendizagem significativa. Já o parâmetro de investigação, relaciona-se à análise das atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM como agentes facilitadores ou não do desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Fundamentar teoricamente esses dois parâmetros, significa discutir as relações entre os termos que os definem. Em outras palavras, significa abordar as relações entre organização de conteúdo e aprendizagem significativa, bem como, entre atividades de aprendizagem e habilidades de investigação.

#### 1.1 Parâmetro de Significação: Relações entre Organização de Conteúdo e Facilitação da Ocorrência de Aprendizagem Significativa

Como especificado anteriormente, o termo organização de conteúdo refere-se à rede de relações estabelecidas entre os componentes do conteúdo de uma disciplina, isto é, entre

conceitos, fatos e princípios (SHAVELSON, 1972, 1974, REIGELUTH et alii, 1978).

Com relação a conceitos, pode-se afirmar que estes são, em geral, considerados como idéias abstratas, genéricas e idiossincráticas (HERRON et alii, 1977; AUSUBEL, 1968).

Todavia, têm-se indicações de que não há muita concordância entre os pesquisadores sobre a definição de conceito, já que algumas idéias são consideradas conceitos por alguns e por outros não (HERRON et alii, 1977).

Esta discordância deve-se ao fato de que alguns pesquisadores compreendem conceito como uma classe de entidades, as quais partilham características ou atributos comuns (MARKLE e TIEMANN, 1970), enquanto que outros também consideram identidades como conceito (KLAUSMEYER et alii, 1974). Neste sentido, 'amor' e 'justiça' não são considerados conceitos para os primeiros, mas o são para os últimos.

No entanto, apesar de existir diferentes modos de se definir conceito, pesquisadores concordam que conceitos são idéias abstratas e idiossincráticas, representados em linguagem e na comunicação entre pessoas através de palavras, símbolos ou nomes (HERRON et alii, 1977).

Porém, a maioria das palavras adquire significado de acordo com o contexto em que é empregada - geralmente em sentenças - através de suas relações com outras palavras, isto é, com outros conceitos (PREECE, 1976). Assim, pode-se afirmar que os determinantes fundamentais de uma organização de conteúdo são os conceitos (palavras) que a compõem e as relações estabelecidas entre os mesmos.

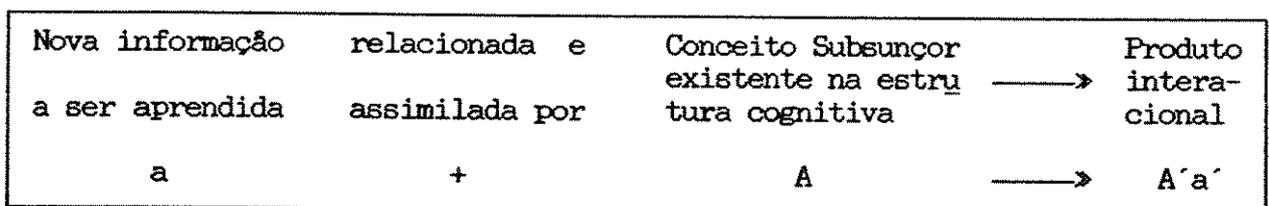
Por sua vez, a organização de conteúdo pode configurar-se como um agente facilitador para a ocorrência de aprendizagem significativa, desde que nela sejam enfatizados relacionamentos entre os conceitos que a compõem. Tal condição pode ser justificada, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel (1968), pelo fato desta aprendizagem ser caracterizada pela relacionabilidade entre idéias.

Conforme definida anteriormente, a aprendizagem significativa é um processo no qual uma nova informação relaciona-se à(s) idéia(s) relevante(s), já existente(s) na estrutura cognitiva do sujeito. AUSUBEL (1968) denomina estas idéias relevantes como conceitos subsunçores ou, simplesmente, subsunçores. Assim, durante a aprendizagem significativa, a nova informação interage com subsunçor(es) relevante(s) existente(s) na estrutura de conhecimento de um indivíduo, resultando em crescimento e modificação adicionais daquele(s) subsunçor(es).

Nestes termos, o processo de subsunção pode ser representado na Figura 1, como se segue.

**Figura 1**

**Representação do Processo de Subsunção**



Conforme representado na Figura 1, o processo de subsunção ocorre quando uma nova informação (a) é assimilada sob uma outra idéia mais inclusiva (A) - já existente na estrutura cognitiva - como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação da mesma. Tal como indicado, ambas as idéias, isto é, a nova informação (a) e o subsunçor (A) com o qual (a) se relaciona, são modificados pela interação. Além disso, a' e A' permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade A'a', que constitui o verdadeiro produto do processo interacional que caracteriza a aprendizagem significativa (MOREIRA, 1983).

Vale ratificar que tal tipo de aprendizagem difere qualitativamente da aprendizagem mecânica, marcada por pouco ou nenhum relacionamento e, assim, caracterizada pela memorização.

A explicitação das relações entre organização de conteúdo e aprendizagem significativa é feita neste trabalho segundo dois níveis. Um primeiro mais geral, no qual são considerados os princípios que norteiam a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa, conforme propostos por AUSUBEL (1968) em sua Teoria da Aprendizagem Significativa.

Os princípios a que se referem AUSUBEL e seus seguidores são o da diferenciação progressiva e o da reconciliação integrativa, os quais, por sua vez, são mais eficazmente aplicados quando organizadores prévios também são empregados no tratamento do conteúdo (ARAGAO, 1976).

Como decorrência da discussão inicial desses princípios, abordar-se-á, em seguida, a relação entre organização de conteúdo e aprendizagem significativa em um nível mais específico, através da consideração de alguns critérios

operacionais relativos à aprendizagem de conteúdos químicos.

Neste sentido, são apresentadas a seguir as principais idéias que fundamentam as relações entre organização de conteúdo e aprendizagem significativa, em ambos os níveis.

### 1.1.1. Princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

Com relação à aplicação do princípio da diferenciação progressiva, deve-se organizar o conteúdo de uma disciplina de modo a apresentar, primeiramente, as idéias mais gerais e inclusivas e, em seguida, diferenciá-las progressivamente em relação a detalhes e especificidades.

AUSUBEL (1968) propõe a aplicação desse princípio, baseando-se em duas hipóteses: i) é menos difícil para seres humanos captarem aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo, aprendido previamente, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas; ii) o conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é organizado hierarquicamente, de modo que as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Portanto, na medida em que se considera que a estrutura cognitiva é, por hipótese, hierarquicamente organizada, e que a aquisição de conhecimento é facilitada através da diferenciação progressiva, é que se justifica organizar deliberadamente o conteúdo específico de qualquer disciplina de maneira semelhante (MOREIRA, 1983). Em outras palavras, isto significa organizar o conteúdo através de temas centrais, isto é, de idéias amplas e

relevantes no âmbito da disciplina, as quais devem, então, ser progressivamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidades, com o intuito de facilitar que tais informações venham a ser significativamente aprendidas.

Por outro lado, a organização do conteúdo não deve manifestar somente a diferenciação progressiva de idéias amplas e relevantes mas, também, deve explorar relações entre idéias e/ou conceitos, explicitando semelhanças e diferenças importantes e reconciliando inconsistências reais ou aparentes. Este princípio é aplicado em um conteúdo para se configurar o que AUSUBEL (1968) chama de reconciliação integrativa, usualmente inexplorada em materiais didáticos que, contrariamente, apresentam idéias e tópicos separados em capítulos e seções não relacionadas entre si.

Alguns educadores como NOVAK (1981a,b) e MOREIRA (1983), adeptos da teoria ausubeliana, reiteram a importância da aplicação dos princípios de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa, para organizar conteúdos e explicitam como tais princípios podem ser operacionalizados no âmbito do ensino. Neste sentido,

*do ponto de vista ausubeliano, o desenvolvimento de conceitos ocorre da melhor forma quando os elementos mais gerais e inclusivos são introduzidos em primeiro lugar e, então, o conceito é progressivamente diferenciado em termos de detalhe e especificidade. Por outro lado, (...) para se atingir a reconciliação integrativa de forma mais eficaz deve-se organizar o ensino 'descendo e subindo' nas estruturas conceituais hierárquicas, à medida que a nova informação é apresentada. Isto é, começa-se com os conceitos gerais, mas é preciso ilustrar logo de que modo os conceitos subordinados estão a eles relacionados e, então, voltar, através de exemplos [e outras relações] a novos significados para os conceitos de ordem mais alta na hierarquia (MOREIRA, 1983, p. 64).*

Em função de tais considerações, pode-se depreender que uma organização de conteúdo, que vise a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa, deve revelar a identificação das seguintes características:

- i) presença de tema(s) central(is), significando a seleção e a abordagem de um conteúdo que seja relativo a conceito(s) fundamental(is) da disciplina.
- ii) presença de uma hierarquia conceitual onde os conceitos mais gerais e amplos apareçam em níveis mais altos ou superiores, enquanto aqueles mais específicos se situem em níveis mais baixos ou inferiores na hierarquia.
- iii) presença de relações conceituais que expressem diferenciação e reconciliação de idéias e que sejam sequenciadas de forma a conferir um movimento de "descer-e-subir" na estrutura de conteúdo.

#### 1.1.2. Organizadores Prévios

A principal estratégia proposta por AUSUBEL (1968) para manipular deliberadamente a estrutura cognitiva do aprendiz, a fim de facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, é o uso apropriado de organizadores prévios. Estes devem servir de ancoragem ideacional para o novo conhecimento, além de levar ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente.

Organizadores prévios são materiais geralmente introdutórios, apresentados antes do novo conteúdo a ser aprendido, mais aprimorados do que este em termos de abstração, generabilidade e inclusividade. Assim, os organizadores prévios

não devem ser entendidos como introduções que simplesmente forneçam uma visão geral sobre o assunto a ser discutido, já que, neste caso, se caracterizariam pelo mesmo nível de abstração, generabilidade e inclusividade do conteúdo a ser aprendido (AUSUBEL, 1968). Contrariamente a isto, a função do organizador prévio é colocar em disponibilidade, na estrutura cognitiva do aprendiz, o(s) subsunçor(es) necessário(s) para a nova aprendizagem, atuando assim, como uma "ponte cognitiva" entre o que ele já sabe e o que necessita saber para aprender a tarefa com bons resultados.

Em outras palavras, os organizadores prévios são úteis para facilitar a ocorrência da aprendizagem, na medida em que preenchem a lacuna entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber, para que o novo conhecimento possa ser aprendido de forma significativa.

Decorrente destas considerações, depreende-se que uma organização de conteúdo, que vise facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, deve incluir a presença de organizador(es) prévio(s), o(s) qual(is): i) preceda(m) o tratamento específico do novo conteúdo a ser aprendido e, ii) aborde(m) o(s) subsunçor(es) necessário(s) para a ancoragem daquele novo conteúdo.

Se tanto a adoção dos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, como o emprego de organizadores prévios são pautados na característica fundamental da relacionabilidade entre idéias, é esta, ainda, que também norteia a adoção de alguns critérios específicos para organizar conteúdos químicos.

Nesta perspectiva, ou seja, a de promover relacionamentos explícitos entre informações químicas, SCHNETZLER (1986) apoiada em idéias de outros educadores (CARIN e SUND, 1975; TENNYSON e PARK, 1980; JOHNSTONE, 1982; KEAN, 1982) propôs critérios operacionais que, se adotados na organização de conteúdos químicos, podem contribuir para facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa. Tais critérios dizem respeito à relacionabilidade entre: i) fatos e generalizações; ii) definições, exemplos e não-exemplos de conceitos químicos e, iii) níveis macroscópico, representacional e microscópico do conhecimento químico, os quais são, respectivamente, discutidos a seguir.

### 1.1.3. Relacionamento entre Fatos e Generalizações

Considerar o relacionamento entre fatos e generalizações, significa abordar uma classificação de conhecimentos científicos, caracterizada por um intercâmbio dinâmico entre aqueles dois tipos de informação.

De acordo com tal informação, fatos são eventos observáveis e reproduzíveis sobre os quais se efetuam as generalizações. Assim, estas são formulações que exprimem regularidades observadas em fatos e, que são apresentadas sob a forma de conceitos, princípios, leis ou teorias, e que permitem ao homem tanto construir explicações para os fenômenos que observa, como efetuar previsões acerca de outros fenômenos (CARIN e SUND, 1975).

Devido à dependência entre estes dois tipos de conhecimentos científicos, depreende-se que a apresentação de uma

generalização deve ser precedida ou sucedida de vários fatos, para que a mesma possa ser logicamente compreendida. Conforme exemplifica SCHNETZLER:

*se a seguinte generalização - carbonatos reagem em soluções ácidas liberando gás carbônico - for apresentada, tal princípio deve ser precedido ou sucedido de vários fatos, os quais, no caso particular, serão descrições ou realizações de reações envolvendo diferentes carbonatos com diversas soluções ácidas. Assim, a compreensão de tal princípio provirá do procedimento de se extrair regularidades naquelas diversas reações. Por outro lado, se generalizações forem apresentadas sem fatos ou com um único fato se estará contrariando a lógica na articulação e na dependência entre estes dois tipos de conhecimento científico. Tal procedimento, por consequência, gerará a necessidade de memorizar a generalização, já que esta não poderá ser entendida, explicada ou justificada (SCHNETZLER, 1986, p. 9,10).*

Desde que a compreensão, ou o significado de uma generalização decorre da sua articulação, ou do seu relacionamento com vários fatos, a consideração deste critério, em termos do parâmetro de significação, justifica a proposição da seguinte afirmativa: uma organização de conteúdo, que vise facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, deve apresentar todas as suas generalizações componentes devidamente relacionadas com fatos.

Em termos operacionais, isto significa identificar cada generalização, isto é, cada idéia genérica, relacionada com exemplos, já que estes representam os fatos no discurso oral e/ou escrito sobre um conteúdo científico. Além disso, adotando a sugestão de TENNYSON e PARK (1980), cada generalização deve ser, no mínimo, relacionada com três ou quatro exemplos.

#### 1.1.4. Relacionamento entre Definições, Exemplos e Não-Exemplos de Conceitos

Em termos de aprendizagem de conceito, o relacionamento entre definições, exemplos e não-exemplos corresponde àquele entre generalizações e fatos na classificação do conhecimento científico. Isto porque definições de conceitos são generalizações, enquanto exemplos e não-exemplos correspondem a fatos.

No que diz respeito especificamente a formação de conceitos, é possível afirmar-se que tal processo é baseado, essencialmente, na abstração das características determinantes e comuns - atributos criteriais - de um conjunto de objetos ou eventos. Assim, são os atributos criteriais que permitem determinar e discriminar membros (exemplos) de não-membros (não-exemplos) do conceito (AUSUBEL, 1968; TENNYSON e PARK, 1980; KEAN, 1982).

Neste sentido, a aprendizagem de um conceito compreende tanto a identificação dos seus atributos criteriais, os quais podem ser generalizados para novos exemplos, como a discriminação entre exemplos e não-exemplos do mesmo (TENNYSON e PARK, 1980).

Por esta razão, os educadores aqui citados propõem que ao se apresentar uma definição de conceito ao aprendiz, esta deve incluir os atributos criteriais do mesmo e, ainda, ser acompanhada de um número suficiente de exemplos e de não-exemplos daquele conceito pois, os primeiros são necessários para generalizar, enquanto os segundos levam à discriminação. Por isso, espera-se que em uma organização de conteúdo que vise

facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, as definições de conceitos sejam acompanhadas por exemplos e não-exemplos dos mesmos, cujos respectivos números mínimos se situem, também, entre 3 e 4.

No tocante às definições de conceitos, um outro aspecto merece ser ainda discutido, pois, dependendo dos atributos criteriais do conceito, este pode ser definido operacionalmente e/ou formalmente.

Definições operacionais são aquelas que expressam atributos concretos ou perceptíveis, enquanto definições formais envolvem atributos abstratos ou, não perceptíveis (KEMPA e HODGSON, 1976). Por exemplo, ao se enunciar que uma reação química é uma transformação onde um novo material é formado, está se definindo aquele conceito operacionalmente, enquanto que sua definição formal pode ser expressa como uma transformação onde agregados de átomos ou íons são rompidos e formados.

Na medida em que exemplos e não-exemplos são fundamentais para formar e aprender um conceito, a proposta educacional, decorrente para cursos introdutórios de ciências, é a de que sejam enfatizadas definições operacionais e que estas precedam as formais pois, para elas, não será possível apresentar exemplos e não-exemplos perceptíveis (HERRON et alii, 1977).

A aplicação desta proposta em uma organização de conteúdo introdutório que vise facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa implica, portanto, que uma ênfase substancial em definições operacionais seja constatada e que, estas últimas sejam apresentadas, ainda, antes de possíveis

definições formais.

Uma ampliação destas idéias, em termos de classificação de conteúdos químicos, é discutida a seguir, no último critério adotado neste trabalho, para investigar as relações entre organização de conteúdo e facilitação de ocorrência de aprendizagem significativa.

#### **1.1.5. Relacionamento entre os Níveis Macroscópico, Representacional e Microscópico do Conhecimento Químico**

Com relação ao conhecimento químico, JOHNSTONE (1982) não restringe os adjetivos operacionais e formal às definições de conceitos, mas os estende às outras informações químicas componentes daquele conhecimento, ao propor que este pode ser classificado segundo três níveis: macroscópico, representacional e microscópico.

O nível macroscópico caracteriza-se pela visualização concreta ou pelo manuseio de materiais, de substâncias e de suas transformações. Portanto, neste nível, são classificadas tanto as definições operacionais de conceitos, como inúmeras outras informações químicas relativas à descrição, análise e determinação das propriedades dos materiais e de suas transformações.

O nível representacional caracteriza-se por uma natureza simbólica e, assim, nele são classificadas informações inerentes à própria linguagem da química, incluindo, então, as representações das substâncias por meio de fórmulas e de suas transformações através de equações químicas.

Por sua vez, o nível microscópico caracteriza-se por

uma natureza atômico-molecular, isto é, envolvendo informações e explicações baseadas em termos abstratos como átomo, molécula, íon, elétron, etc. Assim, por nele estarem classificados os modelos e as teorias atômico-moleculares, ele possui a importante função de explicar e de prever o comportamento dos materiais e de suas transformações. Em outras palavras, a função do nível microscópico é explicar e prever o nível macroscópico.

A fim de que este relacionamento entre ambos os níveis seja operacionalizado, é que JOHNSTONE (1982) propõe que a apresentação e a problematização de informações no nível macroscópico precedam a consideração de noções microscópicas. Caso contrário, como aponta SCHNETZLER (1986):

*ensinar conteúdos abstratos sem introduzir previamente conteúdos macroscópicos, impossibilita justificar a necessidade de se aprender noções microscópicas que expliquem e racionalizem os fenômenos macroscopicamente observados. (p.8)*

Decorrente destas considerações, depreende-se que uma organização de conteúdo, que vise facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, deve, portanto, revelar ênfase em informações macroscópicas, cuja apresentação e problematização preendam as noções microscópicas, a fim de que se tornem explícitos os relacionamentos entre ambas.

Após a discussão dos fundamentos teóricos e dos critérios que embasam a análise do parâmetro de significação, resta condensá-los em um todo abrangente, para que assim seja explicitado, a seguir, o referencial de análise adotado neste trabalho para aquele parâmetro.

### 1.1.6. Referencial de Análise do Parâmetro de Significação

A constatação de que não há um método proposto na literatura específica para analisar se uma organização de conteúdo pode ou não facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, implicou a adoção, neste trabalho, de um referencial de análise no qual fossem incorporadas as considerações feitas neste capítulo.

Neste sentido, faz-se necessário evidenciar a articulação existente entre os principais fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa, apresentados nos itens 1.1.1 e 1.1.2 e os critérios relativos à aprendizagem de conteúdos químicos, abordados nos três itens anteriores.

Para isto, basta considerar que a relacionabilidade entre idéias, que caracteriza os critérios aqui enfocados, manifesta a aplicação dos princípios de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa.

Assim, quando a apresentação de uma generalização (ou definição de conceito) é seguida de fatos (exemplos e/ou não-exemplos), tal sequência revela a aplicação do princípio de diferenciação progressiva pois, parte-se de uma idéia mais geral para idéias mais específicas. Por sua vez, quando os fatos (exemplos e não-exemplos) precedem a apresentação da generalização (ou definição de conceito), isto é, quando se parte de idéias específicas para uma mais geral, tal sequência revela a aplicação do princípio de reconciliação integrativa.

Em termos de níveis macroscópico e microscópico do conhecimento químico (item 1.1.5), o relacionamento entre ambos

manifesta, também, a aplicação dos princípios de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa. Isto porque, em termos lógicos, a busca de explicações para os fenômenos macroscópicos (eventos específicos), norteando a consideração de algum modelo atômico-molecular (idéia mais geral), revela a aplicação do princípio de reconciliação integrativa, enquanto que, a previsão de outros fenômenos macroscópicos a partir daquele modelo, manifesta a aplicação do princípio de diferenciação progressiva.

Muito embora, no ensino dos modelos atômicos se objetive que estes venham a ser aprendidos como idéias amplas e gerais na química, isto não significa que se deva iniciar o ensino por eles.

Na realidade, o que se pretende é que aquela concepção de modelos seja atingida através de um processo no ensino, cujo início deve ser baseado em noções macroscópicas já que estas, por sua concretude e significação, se configuram como idéias mais amplas e gerais para os alunos.

Esta "aparente incoerência" em termos de idéias mais amplas e gerais, não pode ser encarada como uma contradição pois, como enfatizado por AUSUBEL (1968), o significado lógico e o significado psicológico apresentam naturezas distintas. O primeiro é determinado no âmbito da disciplina, cujo ensino visa comunicar uma representação acurada da estrutura da mesma, enquanto que o significado psicológico é determinado no processo da aprendizagem, do qual se espera uma representação idiossincrática daquela estrutura (SHAVELSON, 1974 e JOHNSON, 1967).

Tais considerações indicam que o significado lógico de um conteúdo pode (e deve) ser transformado em psicológico no curso da aprendizagem, na medida em que sejam estabelecidas relacionabilidades não-arbitrárias e substantivas entre o conteúdo lógico e a estrutura cognitiva do aluno (ARAGAO, 1976).

Na medida em que se constata articulação entre as idéias apresentadas nos cinco itens anteriores deste capítulo, justifica-se, então, reuni-las para comporem o referencial da análise do parâmetro de significação.

Isto implica que sejam reunidas todas as características específicas até aqui enunciadas, que devam ser identificadas em uma organização de conteúdo que vise facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa. Em outros termos, a organização de conteúdo deve apresentar:

- Tema(s) central(is).
- Hierarquia Conceitual, onde nos níveis mais altos se situem os conceitos mais gerais e amplos e nos mais baixos, os conceitos mais específicos.
- Relações conceituais que expressem diferenciação e reconciliação de idéias e, que sejam sequenciadas, de forma a conferir um movimento de "descer-e-subir" na estrutura de conteúdo.
- Organizador(es) prévio(s), precedendo o tratamento específico do novo conteúdo.
- Organizador(es) abordando o(s) subsunçor(es) necessário(s) para a ancoragem do novo conteúdo.
- Generalizações devidamente articuladas com fatos, de

tal forma que, de 3 a 4 exemplos, no mínimo, estejam relacionadas à cada uma delas.

- Exemplos e não-exemplos acompanhando definições de conceitos, de tal forma que, de 3 a 4, no mínimo, estejam relacionadas à cada uma delas.

- Ênfase em definições operacionais de conceitos, as quais precedam as de natureza formal.

- Ênfase em noções macroscópicas, cuja apresentação e problematização precedam as noções microscópicas.

Na medida em que estas últimas quatro características envolvam elementos que usualmente aparecem em grande número num conteúdo, então a identificação das mesmas deve ser feita através de procedimentos que evidenciem aquele fator numérico. Isto significa que a maior ou menor presença daquelas características em uma organização de conteúdo pode ser expressa em termos percentuais, para assim ser refletida a sua maior ou menor adequação a fim de facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

No que diz respeito às demais características componentes do referencial de análise, isto é, às cinco primeiras indicadas, constata-se que aquele fator numérico não se aplica aos elementos que as constituem. Isto implica, portanto, que estas devam ser identificadas através de procedimentos qualitativos que, assim, possam refletir a maneira pela qual elas estejam ou não presentes no conteúdo sob análise.

Portanto, à luz do parâmetro de significação, quando se constata a presença na organização sob análise das cinco primeiras características e de altos percentuais para as demais,

pode-se depreender que a organização de conteúdo analisada tende a facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Contrariamente, quando a análise não revelar a presença das cinco primeiras características e indicar baixos percentuais para as demais, pode-se depreender que a organização de conteúdo analisada não tende a facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Finalmente, resta especificar neste trabalho, em qual contexto o parâmetro de significação é investigado.

Desde que a maior ou menor tendência de uma organização de conteúdo em facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa só pode ser evidenciada através da análise de uma representação parcial daquela organização, necessário se faz especificar como esta representação pode ser obtida.

Para que sejam evidenciadas as principais características de uma organização de conteúdo é condição prioritária que os conjuntos fundamentais de idéias que a compõem sejam incluídos na sua representação.

Segundo SCHNETZLER (1987), tais conjuntos fundamentais podem ser determinados através da identificação dos conceitos-chave no conteúdo sob análise e das respectivas relações que estabelecem com os demais conceitos naquele tópico.

Isto porque em uma organização de conteúdo, nem todos os conceitos que a compõem são enfocados da mesma maneira. Alguns são considerados pré-requisitos, enquanto outros são introduzidos pela primeira vez, em geral, através de definições. Ainda, dentre estes conceitos definidos há os que são mais enfatizados pois

sobre eles são dadas mais informações. Tais conceitos são denominados conceitos-chave, já que sua maior ênfase no conteúdo, é uma consequência direta do seu relacionamento com um grande número de outros conceitos.

Quando o conteúdo for de natureza química, os conceitos-chave são conceitos químicos definidos, que se relacionam com um grande número de outros conceitos.

Por sua vez, o número de conceitos-chave depende do conteúdo químico sob análise. É possível identificar um ou alguns conceitos-chave. Isto acontece quando o conteúdo é organizado em torno de um ou de alguns temas centrais, isto é, quando a maioria das relações conceituais ou proposições que compõem tal conteúdo expressa atributos ou propriedades daquele(s) tema(s) central(is).

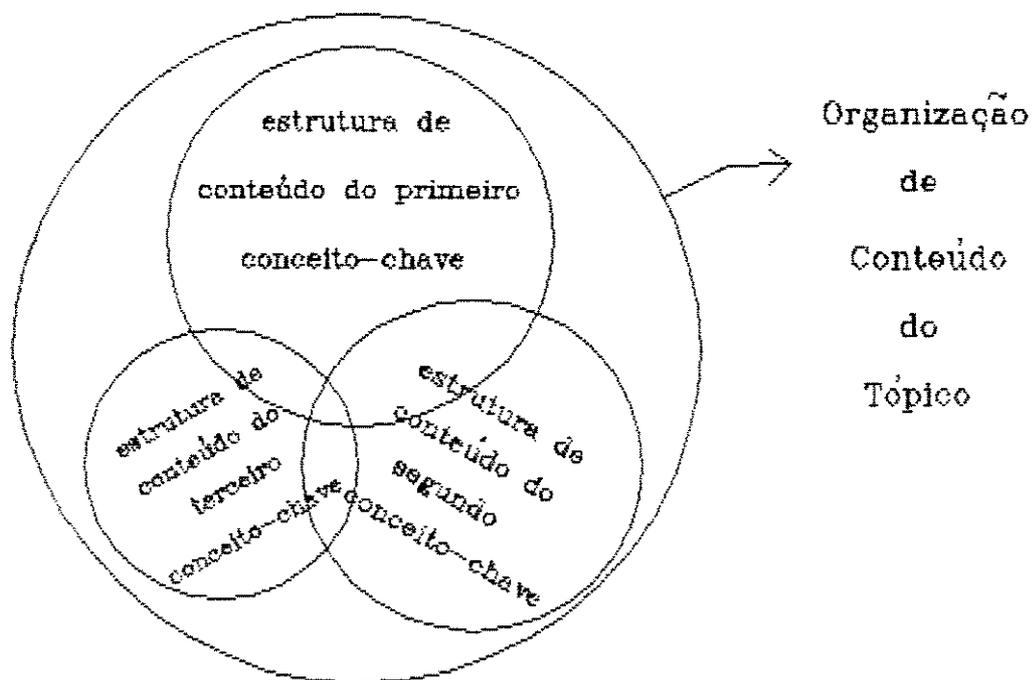
Neste sentido, SCHNETZLER (1987) propôs um método que permite identificar e hierarquizar os principais conceitos-chave de um conteúdo químico, sendo que a hierarquia dos mesmos é refletida pela ordem decrescente do número de conceitos a eles relacionados. Assim, o primeiro conceito-chave é aquele que se relaciona com um maior número de conceitos químicos no tópico.

Deste modo, o método desenvolvido por SCHNETZLER (1987), assume que a identificação de todos os conceitos relacionados com um conceito-chave, bem como a especificação de todas essas relações, compõem os conjuntos fundamentais de idéias em um conteúdo, que devem, então, serem considerados para obter uma representação parcial adequada de como tal conteúdo é organizado.

Tais idéias podem ser visualizadas na Figura 2, que ilustra um diagrama de Venn, no qual representa-se a organização de conteúdo e o papel da estrutura de cada conceitos-chave na mesma.

Figura 2

O Papel dos Principais Conceitos-Chave na Organização de Conteúdo de um Tópico Químico (SCHNETZLER, 1987, p.34)



A Figura 2 revela, portanto, que a reunião das estruturas dos principais conceitos-chave pode levar a uma representação adequada da organização de conteúdo sob análise.

Por sua vez, os procedimentos necessários para a elaboração de tal representação são detalhados no capítulo que se segue.

## 1.2. Parâmetro de Investigação: Relações entre Atividades de Aprendizagem e Favorecimento do Desenvolvimento de Habilidades de Investigação nos Alunos

Como já mencionado, o segundo parâmetro sob investigação neste trabalho, analisa as atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM, com o objetivo de verificar se estas favorecem ou não o desenvolvimento de habilidades de investigação.

Em termos amplos, as atividades de aprendizagem referem-se às diversas tarefas que devem ser realizadas pelos alunos.

Nos cursos renovados de ciências, dentre os vários tipos de atividades de aprendizagem, têm sido priorizadas aquelas relativas à realização de experiências e à resolução de questões e/ou problemas. Estas últimas, geralmente não são restritas à simples verificação de conhecimento e/ou compreensão mas, solicitam dos alunos não só a aplicação do conteúdo ensinado, como também, sínteses, avaliações e análises, principalmente naquelas atitudes que requerem elaboração e testagem de hipótese.

A importância em analisar atividades de aprendizagem decorre do fato de que elas podem promover nos alunos o desenvolvimento de conceitos científicos, de atividades positivas em relação à ciência e, principalmente, de habilidades de investigação.

Por tais razões, justifica-se também, centrar o interesse deste trabalho no parâmetro de investigação, cujo referencial de análise é apresentado a seguir.

### 1.2.1. Referencial de Análise do Parâmetro de Investigação

Como mencionado anteriormente, adota-se, neste trabalho, o mesmo referencial de análise sugerido pelo Departamento de Educação em Ciências da Grã-Bretanha, o qual tem sido frequentemente utilizado para nortear a elaboração e a avaliação de programas e currículos de ciências.

Tal referencial é composto de 16 habilidades de investigação, que representam os mais recentes objetivos propostos para o ensino de ciências.

A especificação dessas habilidades é feita na Tabela 1, a seguir, a qual é utilizada neste trabalho para identificar quais delas são solicitadas pelas atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM.

A consulta à Tabela 1 revela que as habilidades *a* e *b* estão necessariamente envolvidas em atividades concernentes à realização de experiências. As habilidades que se seguem, isto é, *c*, *d*, *e* e *e*, também *h*, dizem respeito à análise e interpretação de dados experimentais, enquanto que *f* e *g* e *m*, *n*, *k* e *l* relacionam-se, respectivamente, à elaboração de generalizações e resolução de problemas. Já as habilidades *i* e *j*, envolvem a previsão de novos eventos, enquanto *o* e *p* são relativas ao reconhecimento da importância da ciência.

Através das especificações acima, pode-se constatar o amplo espectro de aplicabilidade da Tabela 1 para analisar os vários tipos de atividades de aprendizagem, normalmente propostos em cursos e/ou materiais instrucionais de ciências. Por isso, é coerente adotá-la neste trabalho como referencial de análise do parâmetro de investigação.

Tabela 1

Habilidades de Investigação Propostas em Cursos e/ou Materiais Instrucionais de Ciências (3) (KEMPA, 1986, p. 13)

- (a) observar, medir e registrar precisa e sistematicamente;
- (b) seguir instruções precisamente para execução segura do experimento;
- (c) comunicar observações, idéias e argumentos científicos, logicamente, concisamente e de várias formas;
- (d) traduzir informações de uma forma para outra;
- (e) extrair, de informações disponíveis, dados relevantes para um contexto particular;
- (f) usar dados experimentais, reconhecer padrões nestes dados, formular hipóteses e deduzir relações;
- (g) tirar conclusões de, e avaliar criticamente, observações experimentais e outros dados;
- (h) reconhecer e explicar variabilidade e insegurança em medidas experimentais;
- (i) inventar e realizar testes experimentais ou outros para verificar a validade de dados, conclusões e generalizações;
- (j) inventar e realizar experimentos de outros testes para propostas particulares, selecionando o aparelho conveniente e utilizando-o efetivamente e com segurança;
- (k) explicar fatos familiares, observações e fenômenos em termos de leis, teorias e modelos científicos;
- (l) sugerir explicações científicas para fatos, observações e fenômenos não familiares;
- (m) aplicar idéias e métodos científicos para resolver problemas qualitativos e quantitativos;
- (n) tomar decisões baseadas na investigação de evidências e argumentos;
- (o) reconhecer que o estudo e a prática da ciência estão sujeitos à várias limitações e incertezas;
- (p) explicar aplicações tecnológicas da ciência e avaliar implicações sociais, econômicas e ambientais.

(3) Tradução própria.

Na medida em que um elevado número de atividades de aprendizagem é normalmente proposto em um material instrucional, torna-se necessário então, indicar a presença de cada habilidade de investigação em termos percentuais. Isto porque, assim pode ser revelada a ênfase dada àquela habilidade pelo total de atividades propostas no material.

Portanto, à luz do parâmetro de investigações, deve-se não só identificar quais habilidades listadas na Tabela 1 são envolvidas nas atividades de aprendizagem mas, também, quão frequentes elas são por estas solicitadas.

Isto significa que, em termos daquele parâmetro, dois fatores interdependentes devem ser levados em conta, a saber:

- 1º) quais e quantas habilidades de investigação, listadas na Tabela 1, são identificadas na análise das atividades de aprendizagem propostas no material sob consideração;
- 2º) quais e quantas habilidades de investigação, listadas naquela tabela, são enfatizadas pelas atividades de aprendizagem daquele material.

Deste modo, é a resultante da articulação entre estes dois fatores que permite evidenciar se um material tende ou não a favorecer o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Idealmente, espera-se que a análise do parâmetro de investigação de um material instrucional, que pretenda favorecer o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos, revele elevados percentuais para a grande maioria das habilidades listadas na Tabela 1.

Por outro lado, a explicitação destas expectativas não

esgota, ainda, todas as considerações que devem ser feitas neste trabalho, com relação ao parâmetro de investigação. Isto porque as habilidades nele consideradas devem, também, estar articuladas com o conteúdo científico, já que a ciência diz respeito a um amplo campo de conhecimento, envolvendo fatos, conceitos e teorias, os quais não são menos importantes do que são os processos (DRIVER e MILLAR, 1987).

Por isso, torna-se necessário que o relacionamento entre os parâmetros de investigação e significação seja também abordado neste trabalho, o que é feito no próximo item do presente capítulo.

### 1.3. Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e Investigação

Na literatura sobre educação em ciências, tem sido muito frequente encontrar-se críticas a cursos e/ou materiais instrucionais, onde é veiculada somente uma das duas dimensões que caracterizam a ciência. Neste particular, a dimensão enfatizada na maioria daqueles, reduz a ciência somente a um corpo de conhecimentos; em outros, é a exclusividade nos processos que a define.

A esse respeito, vários educadores argumentam em suas críticas que, em tais cursos e/ou materiais, é veiculada uma dimensão muito simplista da ciência, já que para sua adequada aprendizagem, conteúdos e processos devem estar intimamente relacionados (HODSON, 1985; DRIVER e MILLAR, 1987).

Isto significa que a ciência não pode ser concebida sem que sejam evidenciados relacionamentos explícitos entre os seus

processos, isto é, as habilidades de investigação e o conteúdo específico da disciplina.

Nesta perspectiva, é imprescindível evidenciar como os parâmetros de significação e de investigação se relacionam no PROQUIM, para que assim seja possível revelar como o binômio "conteúdo-processo" está articulado no material.

Neste sentido, apresenta-se a seguir, o referencial de análise adotado neste trabalho para atingir tal fim.

### **1.3.1. Referencial de Análise do Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e Investigação**

Na tentativa de se propor um referencial de análise para investigar o relacionamento entre os parâmetros de significação e investigação, partiu-se da consideração dos fatores que em cada um deles poderiam ser operacionalmente analisados.

Tal reflexão evidenciou que os conceitos-chave devem se constituir como o foco central no referencial pretendido, pois é a partir de seus atributos, isto é, de suas relações estabelecidas com os demais conceitos, que se obtém a representação da organização do conteúdo sob análise.

Isto implica, portanto, que aqueles atributos devam ser também identificáveis como solicitações das atividades de aprendizagem propostas no material.

Na medida em que nestas atividades são também solicitadas habilidades de investigação, pode-se propor que seja através da análise das atividades concernentes aos conceitos-chave, que se evidencie o relacionamento dos seus

atributos com as habilidades de investigação. Propõe-se tal procedimento com a finalidade de, assim, revelar como é estabelecida a articulação "conteúdo-processo" no material sob análise.

Neste sentido, tal articulação pode ser considerada adequada quando forem identificadas, nas atividades de aprendizagem propostas pelo material, as seguintes condições:

- que a grande maioria delas seja concernente aos conceitos-chave;
- que nelas sejam identificadas a grande maioria dos atributos dos conceitos-chave;
- que nelas seja identificada ênfase na grande maioria das habilidades de investigação listadas na Tabela 1.

Deste modo, é a resultante da articulação entre estas três condições, que permite evidenciar se em um material, a equilibrção "conteúdo-processo" é adequada ou não.

Idealmente, espera-se que a análise do relacionamento dos parâmetros de significação e investigação em um material instrucional revele que, em suas atividades de aprendizagem, seja identificada a grande maioria dos atributos dos conceitos-chave e das habilidades de investigação listadas na Tabela 1.

Após terem sido apresentados e discutidos os referenciais de análise adotados neste trabalho, necessário se faz, explicitar os procedimentos e critérios que respectivamente permitirão operacionalizá-los.

Tais explicitações configuram, portanto, o propósito do próximo capítulo.

## CAPITULO 2

### PROCEDIMENTO E CRITÉRIO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE SIGNIFICAÇÃO, DE INVESTIGAÇÃO E DO RELACIONAMENTO ENTRE AMBOS

No presente capítulo, são detalhados os procedimentos e critérios de análise utilizados neste trabalho, para a investigação dos parâmetros de significação, de investigação e do relacionamento entre ambos.

Consequentemente, este capítulo é composto de três seções, onde são descritos os procedimentos e critérios de análise, respectivamente adotados em cada uma das três investigações acima referidas.

Desde que estas situam-se no âmbito de um material instrucional, é a partir da sua leitura que se pode obter os dados necessários para realizá-las. Por isso, nas seções que se seguem, são também especificados os elementos daquela leitura, que se configuram como as fontes de dados para se investigar os parâmetros de significação, de investigação e do relacionamento entre ambos.

#### 2.1. Procedimentos e Critérios de Análise do Parâmetro de Significação

Conforme discutido no item 1.1.6 deste trabalho, a condição para se investigar o parâmetro de significação em um material instrucional implica em que uma representação adequada da sua organização de conteúdo seja primeiramente obtida.

Satisfeita tal condição, pode-se, então, analisá-la para verificar se ela pode, ou não, facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Por sua vez, para se representar adequadamente uma organização de conteúdo, deve-se, inicialmente, identificar quais conceitos e relações conceituais na mesma devem ser considerados para a sua representação. Isto porque tais elementos são os determinantes fundamentais daquela organização e, assim, devem ser identificados através da leitura do material instrucional sob análise.

Considerando que tanto os conceitos, como as relações conceituais, são generalizações (vide item 1.1.3), estas, ao nível do discurso oral e/ou escrito, correspondem às sentenças que expressam idéias genéricas.

Assim, a fonte de dados fundamental para a investigação do parâmetro de significação, consiste na identificação de todas as sentenças no material instrucional sob análise, que expressem idéias genéricas, as quais, neste trabalho são denominadas generalizações.

Portanto, em termos operacionais, à medida em que se lê o material instrucional, vai-se sublinhando e numerando no texto as sentenças que correspondem às generalizações.

Desde que estas incorporem conceitos, eles podem, então, ser concomitantemente identificados. Isto se faz sublinhando duplamente os termos que os representam.

Paralelamente a isto, constrói-se uma tabela onde são listados e numerados todos os conceitos identificados, registrando-se ainda as suas frequências, para refletir em

quantas generalizações estão incluídos.

Além disso, registra-se na mesma tabela, os conceitos que são definidos no material, isto é, que aparecem em sentenças onde dois ou mais termos são relacionados pelo verbo ser. Por exemplo: "reação química é um tipo de transformação"; "ponto de fusão é uma propriedade física de uma substância".

Um exemplo de tal tabela é apresentado no Anexo II deste trabalho. Neste, são registrados somente termos químicos - correspondentes a conceitos químicos - os quais, por sua vez, foram identificados em generalizações que expressam idéias genéricas de natureza química.

Obviamente, tal restrição é decorrente do propósito deste trabalho, onde se analisa um material instrucional de química.

Isto significa que o referencial básico para identificar-se as generalizações de interesse, é que nelas esteja presente um termo químico. Por isso, são descritos, à seguir, os critérios adotados para identificar conceitos químicos.

#### 2.1.1. Critérios para Identificar Conceitos Químicos

Os critérios adotados neste trabalho para identificar conceitos químicos são os propostos por SCHNETZLER (1987), os quais, por sua vez, foram baseados na taxionomia de conceitos químicos, desenvolvida por HERRON e colaboradores (1977).

Segundo SCHNETZLER (1987), um conceito químico pode ser identificado através de um termo de palavra, de um símbolo ou mesmo de uma frase, que expressem uma idéia unitária, de caráter científico sendo, portanto, utilizados em comunicações químicas.

Por sua vez, desde que várias definições são propostas para conceito (vide item 1.1), SCHNETZLER (1987) propõe critérios que as refletem e, assim, expressa que conceitos químicos podem corresponder à:

- i) *uma classe de entidades - por exemplo: ácido, base, reação química,  $\Delta H$ . Esta categoria também inclui conceitos de processos - por exemplo: destilação, ebulição, eletrólise, desde que estes termos refiram-se, também, a classes de eventos. Normas de aparelhos usados em química são também incluídas, já que eles correspondem a classes de entidades para as quais há inúmeros exemplos perceptíveis e, através dos quais, atributos são facilmente percebidos.*
- ii) *uma subclasse de entidades - por exemplo: ácido inorgânico, ácido orgânico, reação de precipitação,  $\Delta H_{vap}$ .*
- iii) *uma identidade - por exemplo: elétron, massa. Nesta categoria são também incluídos conceitos que correspondem a medidas de outros conceitos - por exemplo: grama, centímetro cúbico. Estes são identidades porque, todos os seus exemplos são idênticos.*
- iv) *conceitos por definição - isto é, que envolvem relação de outros conceitos - por exemplo: densidade, velocidade de reação. (SCHNETZLER, 1987, p. 54)*

Portanto, ao se aplicar tais critérios para identificar os conceitos (termos) químicos e, conseqüentemente, as generalizações de interesse, pode-se, a seguir, identificar dentre aqueles, quais são os conceitos-chave do conteúdo analisado. Em outras palavras, pode-se identificar aqueles conceitos químicos que se relacionam com um grande número dos demais conceitos no conteúdo, constituindo, assim, os seus conjuntos de idéias fundamentais.

Conforme mencionado no item 1.1.6, esses conjuntos de idéias fundamentais devem ser identificados e, posteriormente,

reunidos, para que seja possível obter-se uma representação adequada da organização do conteúdo sob análise.

Portanto, são descritos a seguir, os procedimentos e critérios adotados para, inicialmente, identificar os conceitos-chave, as relações que estabelecem com os demais conceitos no conteúdo, bem como, os exemplos e os não-exemplos a elas associados. Em outros termos, isto significa identificar as generalizações e os fatos relativos aos conceitos-chave do conteúdo sob análise.

#### **2.1.2. Procedimentos e Critérios para Identificar Generalizações e Fatos Relativos aos Conceitos-Chave**

Na medida em que os conceitos-chave são aqueles conceitos químicos definidos que se relacionam com um grande número de outros conceitos no material, sua identificação pode ser feita, inicialmente, através da consulta à tabela exemplificada no Anexo II.

Isto significa que dentre os termos químicos nela listados, aqueles que são definidos, e os que apresentam as maiores frequências são, em potencial, os conceitos-chave do conteúdo sob análise.

Considera-se esta potencialidade porque, além do primeiro conceito, os imediatamente seguintes, isto é, o segundo e/ou terceiro mais frequentes, também podem vir a ser considerados como conceitos-chave. Tal consideração, aparentemente aleatória, é justificada por SCHNETZLER (1987), da seguinte forma:

*quando o número dos possíveis conceitos-chave é menor do que quatro, isto reflete que o conteúdo é organizado através de poucos temas centrais. Por sua vez, um maior número de possíveis conceitos-chave sugere que a organização do conteúdo seja compartimentalizada, assemelhando-se à uma colcha de retalhos. Tal organização contradiz, portanto, a idéia da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa de conceitos amplos proposta por AUSUBEL (1968) para organizar conteúdos que facilitem a ocorrência de aprendizagem significativa. (p. 61)*

Portanto, para que os conceitos-chave sejam especificados através de procedimentos mais confiáveis, SCHNETZLER (1987) propõe que a sua determinação seja feita através do número de conceitos a eles relacionados.

Neste sentido, a referida autora propõe que, no mínimo, 75% dos conceitos químicos identificados no conteúdo sob análise sejam relacionados aos conceitos-chave. Isto porque, assim, pode-se garantir que uma porção substancial dos conceitos e das relações conceituais, que compõem a organização do conteúdo, esteja incluída na sua representação.

A adoção deste critério implica, portanto, que se analise as generalizações que incluem os três conceitos químicos definidos com maior frequência, para verificar se eles estão relacionados com, no mínimo, 75% dos outros conceitos químicos que compõem o conteúdo sob análise.

Isto é proposto para que sejam evitadas sucessivas leituras do material. Assim, através de uma única releitura do texto, detecta-se todas as possíveis fontes de dados necessárias, especificando em cada generalização identificada, qual(is) conceito(s)-chave é(são) incluído(s). Tal especificação é feita utilizando-se as perspectivas iniciais dos possíveis

conceitos-chave. Assim, por exemplo, uma generalização que inclui o possível conceito-chave reação química, é indicada no material como (Gn)(RQ).

No primeiro parêntesis, G significa generalização, enquanto n é um número que reflete a sua presença na sequência do texto. Por sua vez, as letras iniciais da reação química no segundo parêntesis, indicam que a generalização expressa uma, ou mais, relações conceituais estabelecidas por aquele possível conceito-chave (vide Anexo I para exemplos).

Por sua vez, a identificação de uma ou mais relações conceituais em uma mesma generalização depende, respectivamente, desta ser expressa por meio de uma sentença simples ou composta.

Uma sentença simples, também chamada proposição, expressa um atributo de um conceito pois, este é relacionado semanticamente a um outro conceito. Assim, uma proposição é composta por dois ou mais termos que designam conceitos e por um conceito relacional, em geral um verbo, que identifica a relação entre eles (NOVAK et alii, 1983; GAGNÉ, 1976; PHYTIAN, 1980).

Por outro lado, uma sentença composta pode conter duas ou mais sentenças simples, isto é, duas ou mais proposições expressando, assim, uma idéia principal e outra(s) subordinada(s) à ela, ou duas ou mais idéias coordenadas (GARDNER, 1975, 1977 e REDER, 1980).

Portanto, duas ou mais proposições podem estar contidas em uma única generalização que se configure como uma sentença composta. Neste caso, deve-se utilizar alguns critérios que permitam identificar as proposições simples nela contidas. Tais

critérios dizem respeito à presença na sentença de: i) um conectivo lógico; dois ou mais verbos finitos e, ii) dois ou mais sujeitos ou objetos.

Com relação ao primeiro critério, chamam-se conectivos lógicos as palavras ou frases que conectam sentenças ou proposições simples, ou ainda, que ligam uma proposição a um conceito, isto é, a uma palavra (GARDNER, 1975 e 1977).

Alguns exemplos de conectivos lógicos frequentemente utilizados no discurso oral e escrito são: e, mas, porque, ou, pois, etc. Assim, na generalização "substâncias têm propriedades físicas constantes, mas misturas não", a presença do conectivo lógico "mas", une duas proposições simples: "substâncias têm propriedades físicas constantes" e "misturas não têm propriedades físicas constantes".

Por sua vez, a presença de mais de um verbo finito em uma sentença, se configura como um critério, porque para cada verbo há sempre um sujeito, isto é, uma oração que determina uma idéia (PHYTIAN, 1980). Isto implica, também, que se identifique o conceito (termo) químico que é o sujeito de cada verbo finito na sentença. No entanto, vez por outra, o sujeito pode estar substituído por um pronome que aparece antes do segundo verbo finito na sentença. Assim, na generalização "substâncias têm propriedades físicas constantes, pois elas são materiais puros", a presença de dois verbos finitos (têm e são), do pronome elas e, ainda, do conectivo pois, permitem desdobrar aquela generalização nas seguintes proposições simples: "substâncias têm propriedades físicas constantes" e "substâncias são materiais puros".

Finalmente, o terceiro critério diz respeito à presença

de dois conceitos (termos) agindo como um sujeito ou objeto duplo, o qual vem sempre acompanhado de um único verbo finito. Assim, no desdobramento da generalização, o verbo é repetido em cada proposição correspondente a cada sujeito ou objeto. Como exemplo, a generalização "ponto de ebulição e densidade são propriedades físicas de uma substância" deve ser desdobrado, de acordo com seu sujeito duplo em: "ponto de ebulição é uma propriedade física de uma substância" e "densidade é uma propriedade física de uma substância".

Por sua vez, além do conectivo "e", a generalização "substância tem ponto de fusão e ponto de ebulição constantes", possui ainda, objeto duplo, determinando que o seu desdobramento seja feito nas duas proposições simples a seguir: "substância tem ponto de fusão constante" e "substância tem ponto de ebulição constante".

Portanto, através da aplicação destes três critérios às generalizações dos três possíveis conceitos-chave, pode-se então, identificar as proposições simples que expressam os seus atributos e, assim, identificar com quais conceitos eles se relacionam.

Para que tais considerações sejam operacionalizadas, constrói-se três tabelas onde, em cada uma, registra-se os respectivos atributos daqueles três possíveis conceitos-chave.

Na medida em que os atributos, isto é, as proposições são generalizações, eles também devem estar relacionados com fatos, isto é, com sentenças que expressem uma informação química específica, correspondendo a um exemplo ou a um não-exemplo daquele atributo. Por isso, são também registrados naquelas tabelas os exemplos e não-exemplos associados a cada proposição.

Além disso, registra-se ainda, a frequência de cada proposição, pois é muito frequente, tanto no ensino como em materiais instrucionais, que proposições sejam repetidas.

A repetição ocorre, fundamentalmente, porque proposições são, muitas vezes, necessárias para: i) apresentar ou explicar outras; ii) estabelecer comparações entre conceitos; iii) introduzir sumários ou revisões e, iv) resolver exercícios e/ou realizar atividades propostas no ensino e/ou no material (SCHNETZLER, 1987).

Por tais razões, dois efeitos positivos, de natureza qualitativa e quantitativa, são atribuídos à repetição, pois esta promove tanto uma melhor, quanto uma maior retenção de idéias na mente do aprendiz (MAYER, 1983b).

Tais considerações justificam, portanto, a importância em registrar a frequência com que aparecem as proposições em um material instrucional.

Na medida em que a repetição de uma proposição decorre da sua presença em várias generalizações, registra-se, então, os números destas para, assim, indicar a frequência da proposição.

Justifica-se construir as três tabelas simultaneamente pois, assim, evita-se sucessivas releituras do material. Exemplos de tais tabelas são apresentados nas páginas 110, 123 e 133 deste trabalho.

Por sua vez, a análise posterior dos dados registrados em tais tabelas poderá indicar se o conteúdo abordado no nível de cada conjunto fundamental de idéias evidencia ou não:

- i) uma articulação adequada entre generalizações e fatos;
- ii) frequências elevadas de atributos fundamentais;

- iii) definições de conceitos associados a exemplos e não-exemplos;
- iv) ênfase em definições operacionais, precedendo as de natureza formal;
- v) ênfase em noções macroscópicas, precedendo as microscópicas.

Além disso, é através da análise dos dados registrados naquelas tabelas que se pode identificar, com segurança, os conceitos-chave do material. Isto porque pelas proposições nelas listadas, pode-se indicar quais e quantos conceitos químicos se relacionam com os três possíveis conceitos-chave.

Conforme mencionado anteriormente, a inclusão de 75% de todos os conceitos químicos identificados nas generalizações que compõem o conteúdo sob análise, é uma condição para se obter uma representação adequada da sua organização.

Por sua vez, este propósito determina que os conceitos não podem ser escolhidos aleatoriamente, mas sim, serem selecionados de acordo com a hierarquia dos conceitos-chave. Isto significa que os primeiros conceitos químicos selecionados são aqueles presentes nas proposições do primeiro conceito-chave, isto é, daquele conceito químico definido e identificado com a maior frequência no material. Caso o número destes conceitos não corresponda à 75% do total de conceitos, prossegue-se a seleção considerando-se aqueles presentes nas proposições do segundo conceito-chave e, se necessário, também do terceiro.

Por isso, propôs-se que durante a segunda leitura do material, fossem construídas três tabelas, respectivamente relativas aos três conceitos químicos definidos que foram identificados com maior frequência no material.

Decorrente destas tabelas, constrói-se uma quarta, na qual são listados todos os conceitos químicos identificados no material e, dentre estes, especificados aqueles que estão relacionados com o(s) conceito(s)-chave (vide Anexo III para exemplo). Isto se faz para evitar que conceitos relacionados com mais de um conceito-chave sejam contados dupla e/ou triplamente, pois repetições de conceitos não são consideradas para o cálculo dos 75%.

Deve-se especificar, ainda, que no caso do conceito-chave se referir a uma classe, os conceitos químicos especificamente relacionados com as suas subclasses estarão, obviamente, relacionados a ele. Assim, estes conceitos devem ser selecionados antes daqueles relativos ao próximo conceito-chave.

Tendo-se descrito todos os procedimentos e critérios adotados neste trabalho para identificar-se os conjuntos fundamentais de idéias em um conteúdo sob análise, resta explicitar como estes podem ser reunidos, para com isso representar-se a organização de conteúdo do material sob análise.

O relacionamento entre tais conjuntos pode ser estabelecido através de, pelo menos, três tipos de proposições: i) as que incluem diretamente dois conceitos-chave; ii) as que incluem um conceito comum a dois conceitos-chave e, que são relevantes para a compreensão de atributos destes últimos; iii) as que incluem subsunçor e um conceito que esteja relacionado com algum conceito-chave.

Esta última possibilidade implica, portanto, que se descreva como o(s) subsunçor(es) para os conceitos-chave, pode(m) ser identificado(s).

### 2.1.3. Procedimentos e Critérios para Identificar os Subsunoçores dos Conceitos-Chave

Conforme justificado no item 1.1.2 deste trabalho, a existência ou não de subsunoçores depende, respectivamente, da presença ou não, de organizadores prévios no material, já que a função destes é abordar aqueles.

Portanto, se no material forem inicialmente identificados um texto e/ou atividades de caráter introdutório e ampla abrangência, que assim, precedam o conteúdo relativo aos conceitos-chave, então, somente neste caso, se justifica especificar os seus subsunoçores.

Por sua natureza, os subsunoçores não podem ser simples pré-requisitos mas sim, devem sustentar relações superordenadas com os conceitos-chave, configurando-se, portanto, como ancoradouros ideacionais para a incorporação estável destes conceitos.

Levando-se em conta tais considerações especifica-se, a seguir, os critérios e o procedimento adotados para identificar-se os possíveis subsunoçores para os conceitos-chave.

Na medida em que os subsunoçores devem ser introduzidos no material antes dos conceitos-chave, a consulta à tabela onde são listados os conceitos que compõem o material permite identificar os possíveis subsunoçores. Isto significa que estes são conceitos listados antes de qualquer conceito-chave.

Para a definitiva identificação consulta-se, por sua vez, as tabelas relativas aos conceitos-chave, para nestas identificar quais conceitos comuns dentre aqueles possíveis subsunoçores estão incluídos em proposições que expressam atributos fundamentais dos conceitos-chave, isto é, que os conceituam.

Por sua vez, se mais do que um subsunçor for identificado, suas especificações devem refletir os níveis decrescentes de generabilidade e inclusividade dos mesmos.

No caso de um material apresentar organizadores prévios, os subsunçores identificados pela função que exercem no conteúdo devem, então, ser incluídos na representação da organização de conteúdo daquele material.

Além disso, deve(m) ser, também, incluída(s) naquela representação as proposição(ões) estabelecida(s) entre este(s) e conceito(s) que esteja(m), por sua vez, relacionado(s) com algum conceito-chave.

Tal representação, constitui portanto, o foco de atenção do próximo item.

#### **2.1.4. Procedimentos e Critérios para Representar a Organização de Conteúdo**

Na tentativa de revelar as inúmeras relações entre os conceitos-chave, bem como destes com os demais conceitos químicos que compõem a organização de conteúdo, optou-se, neste trabalho, por representá-la através de um mapa conceitual.

Em termos amplos, mapear as estruturas conceitual e proporcional de um conteúdo significa não só representar os subsunçores relevantes para a aprendizagem, mas também, explicitar as inter-relações conceituais. Esta representação da organização de conteúdo, com base na sua estrutura conceitual deve, também, revelar a aplicação dos princípios ausubelianos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa.

Desta forma, mapas conceituais são diagramas que indicam relações conceituais e possibilitam sua visualização. Estes mapeamentos são hierárquicos e refletem a organização

conceitual de um tópicou disciplina (NOVAK, 1976, 1980, 1981; STEWART et alii, 1979; MOREIRA, 1979; NOVAK et alii, 1983).

O modelo escolhido para este trabalho pode ser entendido como um diagrama bidimensional. Assim, este apresenta organização nas dimensões vertical e horizontal e, explicita relações hierárquicas entre conceitos, as quais são derivadas do conteúdo abordado no material sob análise. A hierarquia vertical de cima para baixo, indica relações de subordinação entre conceitos. Isto significa que conceitos mais inclusivos são situados em níveis de hierarquia mais altos, enquanto aqueles mais específicos situam-se em níveis mais baixos.

Um mapa assim construído é ilustrado na Figura 3 e baseia-se no princípio ausubeliano da diferenciação progressiva (MOREIRA, 1979).

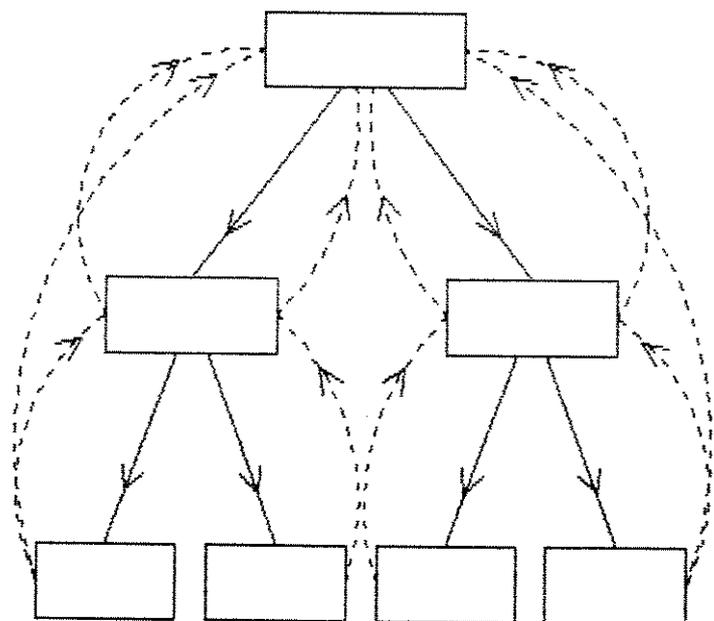
**Figura 3**

**Um Modelo Simplificado de Mapa Conceitual**

CONCEITOS SUPERORDENADOS;  
mais gerais e inclusivos

CONCEITOS SUBORDINADOS;  
menos inclusivos

CONCEITOS ESPECÍFICOS;  
pouco inclusivos



As linhas que aparecem na Figura 3, conectando os conceitos, representam as relações entre os mesmos. Conceitos que apresentam níveis de inclusividade semelhantes são denominados conceitos coordenados e, por aparecerem no mesmo nível de hierarquia, dão ao mapa sua dimensão horizontal.

É importante ressaltar que, apesar do modelo adotado estar de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, o mesmo não é construído só unidirecionalmente, isto é, representando relações exclusivamente de cima para baixo. Isto porque o modelo representa, também, as "subidas" nas hierarquias conceituais promovidas pelas reconciliações integrativas, as quais são representadas pelas linhas curvas pontilhadas.

Desta forma, o mapa revela não só como os conceitos mais gerais são inicialmente apresentados, mas também, como os conceitos a eles subordinados estão relacionados. Além disso, revela, ainda, como se dá a promoção, de baixo para cima, de novos significados para os conceitos de ordem mais alta na hierarquia.

A representação de relações de subordinação e superordenação em um mapa conceitual, revela a aplicação dos princípios de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa entre conceitos.

Explicitado o tipo de representação adotado neste trabalho, resta mencionar quais elementos devem compô-la e como estes são hierarquizados no mapa conceitual.

Conforme mencionado no item 2.1.2, os elementos

componentes do mapa conceitual são as proposições dos conceitos-chave, as de um conceito comum a dois deles, bem como aquelas estabelecidas entre um subsunçor e um conceito relacionado com algum conceito-chave. Devido à consideração destes dois últimos tipos de proposição, uma nova leitura do material é feita, não só para identificá-las, como também, para determinar a sequência de aparecimento de todas as proposições que devem ser incluídas no mapa conceitual.

Decidiu-se pela exclusão naquele, dos exemplos e não-exemplos associados àquelas proposições, de suas repetições e, também, dos verbos e de outras palavras que as explicitam. Caso contrário, uma enorme quantidade de informações deveria ser representada, tornando, assim, o mapa conceitual ininteligível.

Por isso, as sentenças que expressam as relações a serem representadas no mapa, são previamente listadas e numeradas em uma tabela, cuja consulta leva à construção do mesmo. Desta forma, no mapa conceitual, as relações são representadas através de linhas, às quais são atribuídos os mesmos números que, respectivamente, as indicam na referida tabela.

Além disso, os números inseridos em um círculo ao lado de linhas retas, indicam relações conceituais que promovem diferenciações progressivas, enquanto que, aqueles inseridos em um quadrado ao lado de linhas curvas indicam as que promovem reconciliações integrativas.

Por sua vez, conceitos químicos são representados no mapa através de seus termos em maiúsculo e, inseridos em retângulos. Conceitos considerados não químicos são escritos em

minúsculo e, inseridos em óvalos.

Para representar a hierarquia dos conceitos, isto é, para posicioná-los em diferentes níveis no mapa conceitual, adota-se o procedimento a seguir.

Se o material apresentar organizadores e, portanto, se abordar um ou mais subsunçores para os conceitos-chave, aqueles devem estar posicionados nos níveis mais altos da hierarquia. No caso de serem abordados mais que um subsunçor, sua ordenação deve refletir sua natureza. Isto significa que o mais abrangente deve estar posicionado em um nível superior ao seguinte.

A segunda consideração a ser feita é que seguidamente aos subsunçores devem ser posicionados, em níveis de hierarquia distintos, os conceitos-chave do material. Assim, o primeiro conceito-chave deve ocupar o primeiro nível de hierarquia abaixo dos subsunçores. No próximo nível inferior será posicionado o segundo conceito-chave e, abaixo deste, o terceiro, se houver.

Por sua vez, os vários níveis de hierarquia que se situam abaixo destes, devem refletir uma ordem decrescente de generabilidade, isto é, dos mais gerais para os mais específicos. Isto implica que nestes sucessivos níveis inferiores de hierarquia sejam situados, respectivamente, conceitos cuja abrangência seja determinada tanto por sua natureza química, como pela concepção que lhes é atribuída no material.

Uma vez explicitada como a representação da organização de conteúdo é feita neste trabalho, descreve-se, a seguir, procedimentos que permitam analisá-la.

### 2.1.5. Procedimentos para Analisar a Representação da Organização de Conteúdo

Dentre as nove características, isto é, os nove critérios que compõem o referencial de análise do parâmetro de significação (vide item 1.1.6), somente os dois que articulam generalizações com fatos, e definições com exemplos e não-exemplos, não podem ser evidenciados na representação da organização de conteúdo, isto é, no mapa conceitual.

No entanto, se o conteúdo analisado for amplo, alguns outros procedimentos de análise devem ser associados ao mapa, para que esta representação evidencie melhor os outros sete critérios que compõem aquele referencial.

Neste sentido, propõe-se que duas tabelas e duas figuras sejam elaboradas, as quais são descritas a seguir.

A primeira tabela é construída para especificar a natureza das relações representadas no mapa conceitual, em termos de promoverem diferenciação progressiva ou reconciliação integrativa. Além disso, para cada uma delas indica-se, também, o número de conceitos que a compõem (vide Tabela 3 para exemplo).

Assim, a consulta a esta tabela permite evidenciar a proporção entre as relações que promovem diferenciação progressiva ou reconciliação integrativa de idéias, bem como se nelas o relacionamento se limita somente a dois conceitos ou não. Justifica-se tal análise porque a evidência de relações envolvendo três ou mais conceitos reflete, obviamente, uma maior rede de inter-relações dos conceitos que compõem o conteúdo, indicando assim uma maior adequação da sua organização.

Por sua vez, a partir da consulta à referida tabela,

elabora-se uma figura para melhor evidenciar o movimento de "descer e subir", representado no mapa conceitual. Isto significa que linhas verticais de sentidos opostos, são utilizadas naquela figura para representarem a sequência das relações conceituais que, respectivamente, promovem diferenciação progressiva ou reconciliação integrativa de idéias, no conteúdo sob análise (vide Figura 5 para exemplo).

Assim, a presença de inúmeras alterações no sentido das linhas incluídas naquela figura, pode melhor evidenciar se a organização de conteúdo, representada no mapa, manifesta a aplicação dos dois princípios fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa.

A partir de tais considerações, depreende-se que os procedimentos até aqui sugeridos auxiliam fundamentalmente a análise do segundo e terceiro critérios estabelecidos no referencial de análise.

No sentido de melhor visualizar a participação de cada conceito na organização de conteúdo, isto é, de cada termo representado no mapa conceitual, constrói-se uma tabela, na qual são especificadas todas as relações estabelecidas pelos conceitos incluídos na representação. Isto significa que, para cada conceito, são especificados tanto o tipo como o número de relações que ele estabelece no conteúdo (vide Tabela 4 para exemplo).

Por sua vez, a consulta àquela tabela permite evidenciar primeiro quais conceitos promovem a alteração de movimento na estrutura. Isto é indicado pela participação do mesmo conceito em relações que se sucedem, mas que ora promovem

diferenciação progressiva, ora reconciliação integrativa de idéias.

Como decorrência, a constatação de que este papel é atribuído a vários conceitos no conteúdo sob análise, revela, por sua vez, uma rede adequada de inter-relações na sua organização. Obviamente, isto pode ser evidenciado, também pelo maior número de relações no qual cada conceito é envolvido. Por isso, naquela tabela listam-se os conceitos em ordem decrescente do número de relações conceituais estabelecidas.

Por outro lado, a constatação, naquela tabela, de conceito(s) apresentando elevado número de relações em comparação com os demais, indica que aquele(s) é(são) conceito(s)-chave, configurando-se, portanto, como o(s) tema(s) central(is) do conteúdo sob análise.

Para melhor visualizar o papel fundamental que este(s) tema(s) exerce(m) na organização de conteúdo - primeiro critério do referencial de análise - bem como para evidenciar a adequação de representá-la através dele(s), elabora-se um diagrama de Venn, onde o tema central é representado por um círculo.

No caso de haver mais que um tema central, isto é, mais que um conceito-chave, os círculos que os representam devem ter tamanhos diferentes, para refletir a sua hierarquia. Já, a intersecção destes círculos tem a função de representar as inter-relações daqueles temas.

Nas várias possíveis seções daquele diagrama, são registrados, por sua vez, os conceitos e as relações que as definem. Isto significa, portanto, que os dados necessários para a elaboração desse diagrama são extraídos da tabela anteriormente

referida (vide Figura 6 para exemplo).

Em termos de procedimentos associados ao mapa conceitual, resta mencionar ainda, que a tabela que originalmente o acompanha (vide item anterior), permite que sejam enfocados o oitavo e o nono critérios especificados no referencial de análise do parâmetro de significação.

Finalmente, o quarto e o quinto critérios, naquele referencial, podem ser também enfocados pela análise do mapa conceitual pois, se neste estiver(em) incluído(s) subsumor(es), organizadores prévios foram identificados no material.

Após tais considerações, incluem-se outras, com a finalidade de sumarizar como o parâmetro de significação é analisado neste trabalho.

#### **2.1.6. Considerações Finais sobre a Análise do Parâmetro de Significação**

Com o propósito de síntese, apresenta-se, a seguir, as principais considerações relativas à análise do parâmetro de significação neste trabalho.

Na medida em que aquele parâmetro investiga se a organização de conteúdo de um material instrucional de química pode facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, necessário se faz verificar se ela revela as nove características especificadas no referencial de análise aqui adotado. Para tal, deve-se:

10) Identificar, inicialmente, as generalizações que compõem o conteúdo e, através delas, especificar os conceitos químicos e determinar a frequência de cada um.

2º) Analisar as generalizações e os fatos que incluem os três conceitos químicos definidos, e com maior frequência, para respectivamente especificar as suas proposições, exemplos e não-exemplos.

3º) Identificar, a seguir, quantos e quais são os conceitos-chave, através do seu relacionamento com, no mínimo, 75% dos conceitos químicos presentes naquelas generalizações.

4º) Construir a representação da organização de conteúdo, a partir das proposições dos conceitos-chave, daquelas relevantes para compreensão de seus atributos e, das estabelecidas por seus subsunçores.

Tais considerações viabilizam, na verdade, a análise das nove características do referencial proposto para o parâmetro de significação.

Especificamente, a segunda e a terceira considerações tornam possível a análise da característica inicial daquele referencial, isto é, a presença de temas centrais.

Por sua vez, a quarta consideração permite analisar outras quatro características listadas no referencial, quais sejam, a presença de: hierarquia conceitual, relações que promovem diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de idéias, organizadores prévios e organizadores que abordem os subsunçores dos conceitos-chave.

Finalmente, a segunda consideração permite a análise de características de âmbito mais específico. São elas: articulação entre generalizações e fatos, exemplos e não-exemplos associados à definições de conceitos, ênfase em definições operacionais precedendo as formais e ênfase em noções macroscópicas precedendo

as microscópicas. Estas duas últimas características podem ser também analisadas, agora, num nível mais amplo, levando-se em conta a quarta consideração.

Esta mesma sequência de análise é adotada no próximo capítulo, para investigar o parâmetro de significação no PROQUIM.

## 2.2 Procedimentos e Critérios de Análise do Parâmetro de Investigação

Conforme mencionado anteriormente, uma das intenções deste trabalho é analisar se as atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM podem favorecer ou não, o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Tal intenção configurou o segundo parâmetro aqui considerado, cuja análise é baseada no referencial apresentado na Tabela 1, onde são listadas 16 habilidades de investigação (vide item 1.2.1).

Desde que a análise objetive identificar quais e quantas das 16 habilidades são solicitadas pelas atividades de aprendizagem, estas devem ser especificadas. Isto se faz localizando-as no material e numerando-as conforme a sequência de seu aparecimento no mesmo.

A medida em que se especifica cada atividade de aprendizagem, esta é analisada, e os respectivos dados são registrados em uma tabela composta de três colunas, onde, na primeira, registra-se o número que especifica a atividade de aprendizagem. Na segunda coluna, registra-se sua localização no material e, na terceira, as habilidades de investigação por ela solicitadas. Para isso, utiliza-se as letras que as correspondem,

conforme especificação no referencial de análise (vide tabela 8 para exemplo).

Conforme mencionado no item 1.2.1, os dados registrados em tal tabela são expressos posteriormente em termos percentuais. Isto se faz para que a sua análise revele a ênfase dada à cada uma das 16 habilidades de investigação, nas atividades de aprendizagem propostas no material.

Por sua vez, na medida em que estas habilidades devam estar também articuladas com o conteúdo abordado no material (vide justificativas no item 1.2.1), duas outras colunas são adendadas à tabela acima referida. Isto é feito para que sejam registrados os dados que viabilizam a investigação do relacionamento entre os parâmetros de significação e de investigação.

### 2.3 Procedimentos e Critérios de Análise do Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e de Investigação

Conforme justificado no item 1.3.1 deste trabalho, é a importância da equilibrção no binômio "conteúdo-processo", que fundamenta investigar o relacionamento entre os parâmetros de significação e de investigação.

Para tal, propôs-se um referencial de análise que integra habilidades de investigação e atributos dos conceitos-chave.

Consequentemente, faz-se necessário investigar se as atividades de aprendizagem propostas no material, solicitam tanto habilidades de investigação como a aplicação dos atributos dos conceitos-chave para a sua realização.

Isto justifica a inclusão de duas outras colunas à tabela referida no item anterior, para que na primeira se indique a qual conceito-chave ela se refere e, na segunda, se especifique quais dos seus atributos são solicitados. Isto porque tais análises das atividades de aprendizagem são concomitantes à identificação das habilidades de investigação por elas solicitadas. Em outras palavras, isto significa que, ao se analisar cada atividade de aprendizagem proposta no material, procura-se nela verificar a solicitação, tanto de habilidades de investigação como dos atributos dos conceitos-chave.

Resta mencionar que tal procedimento é adaptado para evitar uma outra releitura do material.

#### 2.4. Considerações Finais sobre os Procedimentos e Critérios de Análise

No nível das considerações finais deste capítulo, deve-se mencionar que, para se investigar os parâmetros aqui abordados, é necessário que se faça três leituras do material sob análise.

A primeira para identificar todas as suas generalizações. Durante esta leitura, constrói-se uma tabela onde se registra a frequência de todos os conceitos químicos que compõem o material.

A segunda leitura é feita para especificar as generalizações dos três possíveis conceitos-chave e identificar os exemplos e não-exemplos à elas associados. Concomitantemente, identifica-se e analisa-se todas as atividades de aprendizagem, especificando, não só as habilidades de investigação, como também

os atributos dos três possíveis conceitos-chave por elas solicitados. Durante esta segunda leitura constroem-se, portanto, quatro tabelas onde em três delas são, respectivamente, registrados os dados relativos a cada um dos três possíveis conceitos-chave. Na quarta, são registrados os dados concernentes à identificação e análise das atividades de aprendizagem.

Finalmente, a terceira leitura é feita para se identificar o relacionamento entre os conjuntos de idéias fundamentais no conteúdo.

Em outras palavras, para especificar a sequência do primeiro aparecimento das relações conceituais que devem ser incluídas no mapa.

Para isto, tal leitura é norteada pelos três critérios especificados para aquele relacionamento (vide item 2.1.2) e, portanto, também acompanhada de consultas às tabelas relativas aos três conceitos-chave, bem como, àquela que lista os conceitos químicos a eles relacionados.

Durante tal leitura, constrói-se a tabela em que são registradas todas as proposições que devem ser representadas no mapa conceitual.

Com tais objetivos, foram feitas três leituras do material instrucional do PROQUIM, cujos resultados são apresentados a seguir.

## CAPITULO 3

### RESULTADOS E CONCLUSOES

Neste capítulo são apresentados os resultados e as conclusões relativas à análise dos parâmetros de significação, de investigação e do relacionamento entre ambos no material instrucional do PROQUIM.

Por isso, este capítulo é composto de três seções, respectivamente concernentes a cada uma das três investigações acima.

#### 3.1. Resultados e Conclusões Relativos ao Parâmetro de Significação no PROQUIM

Em termos do parâmetro de significação, analisou-se a organização de conteúdo no PROQUIM, para verificar se ela pode facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Conforme explicitado no item 2.1, o ponto de partida para tal investigação implica na identificação de todas as generalizações que compõem o material sob análise. Neste caso, daquelas que compõem os dois capítulos do PROQUIM, aqui analisados.

Neste particular, faz-se necessário explicar como várias das generalizações foram consideradas.

Tal necessidade decorre do fato que, no material instrucional do PROQUIM, todas as suas generalizações não são explicitamente expressas no texto. Isto porque, de acordo com a

natureza investigativa que o caracteriza, o material solicita que várias generalizações sejam formuladas e expressas pelos alunos. Por outro lado, para viabilizar esse propósito, inúmeras questões são apresentadas no mesmo, as quais devem ser também respondidas pelos alunos.

Isto significa que o texto do PROQUIM apresenta inúmeros espaços em branco, cujo preenchimento, neste trabalho, é indicado em itálico (vide Anexo I).

Por sua vez, tanto respostas como generalizações expressas em itálico, naquele anexo, representam as mais frequentemente dadas e formuladas pelos alunos, conforme atestam vários dos professores que utilizam o PROQUIM em suas aulas.

Tendo-se composto, desta forma, o texto do PROQUIM, o qual é reproduzido no Anexo I deste trabalho, pôde-se, a seguir, identificar todas as generalizações que o compõem, através da leitura do anexo.

Todavia, antes de especificá-las, apresentam-se abaixo, algumas informações de caráter geral, extraídas daquela leitura.

O Anexo I é composto por dois capítulos, onde, no primeiro são abordados os conceitos de reação química, transformação física e mistura.

O segundo capítulo versa sobre a identificação da ocorrência de reação química através do estudo das propriedades físicas das substâncias (ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade). Estas são, ainda, diferenciadas de misturas, para as quais são apresentados quatro métodos de separação (decantação, filtração, recristalização e destilação).

Dez experimentos, quatro textos e inúmeros exercícios estão envolvidos nos dois capítulos.

O primeiro capítulo possui um texto introdutório abordando o conceito de transformação, o qual é seguido por uma atividade relativa à transformação de materiais. A isto seguem-se dois guias experimentais, onde, o primeiro versa sobre transformação química, física e mistura e, o segundo, evidências de ocorrência de transformação química.

No segundo capítulo, após um texto introdutório, são propostos quatro guias experimentais que abordam, respectivamente, quatro propriedades físicas das substâncias. Seguem-se, então, dois textos relativos à identificação de substâncias e sua diferenciação de misturas, através daquelas propriedades físicas. Estas levam, finalmente, ao estudo dos quatro métodos de separação de misturas, que são, respectivamente, feitos em quatro guias experimentais.

Além disso, várias questões são incluídas dentro de cada guia experimental, o qual é sucedido por inúmeros exercícios.

Após tais informações gerais, apresentam-se os resultados específicos relativos ao parâmetro de significação no PROQUIM.

Conforme indicado no Anexo I deste trabalho, 164 generalizações foram identificadas no material. Nelas, foram detectados 56 diferentes conceitos químicos, cujas respectivas frequências de aparecimento em tais generalizações são registradas no Anexo II. Dentre aqueles conceitos químicos, 39 (70%) são definidos no material, e os três mais frequentes

mostraram ser substância, mistura e reação química. Portanto, eles se configuram como os três possíveis conceitos-chave do conteúdo, o que implicou, a seguir, que se especificasse quais generalizações dentre aquelas 164 os incluem.

Elas são identificadas no Anexo I como: SB, MT e RQ, para respectivamente indicar a presença dos três possíveis conceitos-chave nas mesmas.

Conforme indicado no item 2.1.2, o procedimento para identificar o(s) conceito(s)-chave no conteúdo implica na construção de três tabelas para registrar-se os dados relativos a cada um daqueles possíveis conceitos-chave.

Estes dados compreendem as proposições, isto é, as relações conceituais que foram identificadas nas generalizações relativas, a cada possível conceito-chave, bem como, os exemplos e não-exemplos a elas associados.

A Tabela 5 registra tais dados para o conceito substância, enquanto nas Tabelas 6 e 7 são indicados aqueles relativos aos conceitos mistura e reação química.

Tais tabelas são apresentadas e analisadas mais adiante neste item. No entanto, a menção à elas, neste momento, se justifica, pois a análise das proposições nelas registradas permite evidenciar quais e quantos conceitos químicos no material relacionam-se com aqueles três possíveis conceitos-chave.

Os resultados desta análise estão indicados no Anexo III, cuja consulta comprova que substância, mistura e reação química são, de fato, os conceitos-chave do conteúdo. Isto porque eles se relacionam com 45 conceitos dentre os 56 identificados no conteúdo, o que corresponde, portanto, a 80% do

número total de conceitos químicos que o compõem.

Na medida em que 28 desses 45 se relacionam com substância, e que 25 e 10 o fazem, respectivamente, com a mistura e reação química, depreende-se que a hierarquia dos conceitos-chave é a seguinte: 1º) *substância*, 2º) *mistura* e 3º) *reação química*.

Isto constata a presença da primeira característica do referencial de análise do parâmetro de significação, pois indica que o conteúdo, no material instrucional do PROQUIM, é organizado através de três temas centrais.

Como mencionado, esta conclusão só pôde ser obtida porque se analisou as proposições contidas nas generalizações que incluíam tais conceitos-chave, as quais, por sua vez, são sumarizadas no Anexo IV deste trabalho.

Segundo o anexo, 66 generalizações incluem o conceito-chave substância, sendo que destas, 24 envolvem também o conceito mistura, e outras 4, o conceito reação química.

Com relação ao conceito mistura, este foi detectado em 44 generalizações, sendo que 24 incluem também o conceito substância. Por sua vez, 32 incluem o conceito-chave reação química, onde em 4 delas se detectam também o conceito-chave substância.

Desta forma, os três conceitos-chave estão incluídos em um total de 119 generalizações, o que corresponde a 73% das 164 que compõem todo o conteúdo. Assim, este percentual pode evidenciar, também, porque os três conceitos e suas respectivas relações com os demais, compõem os conjuntos fundamentais de idéias do conteúdo.

lo entanto, antes de representá-los em um mapa conceitual, aplicou-se ao material os procedimentos e critérios descritos no item 2.1.3, para verificar-se a presença ou não de subsunçor(es) para os conceitos-chave.

De acordo com estes procedimentos e critérios, a consulta ao Anexo II indica a presença de três conceitos - química, transformação e material - que foram identificados no material antes de transformação química, que é um conceito-chave.

No entanto, somente transformação e material relacionaram-se com os conceitos-chave. Além disso, foram incluídos em proposições que expressam atributos fundamentais dos conceitos. Isto pode ser evidenciado pelas proposições 19, 38, 39, 40 e 43 registradas na Tabela 5; 1, 2, 3 e 13, na Tabela 6; e 1, 2, 18 e 19, na Tabela 7. Tais dados, em parte, explicam também as elevadas frequências detectadas para os dois subsunçores no material.

Se transformação e material são os subsunçores para os conceitos-chave, isto significa que o material instrucional do PROQUIM apresenta organizadores prévios. Levando-se em conta as suas características, a leitura dos materiais introdutórios do PROQUIM permitiu identificar o Texto 1, intitulado "A Química é Velha?", e a Atividade 1, "Observando Transformações", como os seus organizadores prévios.

Nestes organizadores, a abordagem dada aos conceitos transformação e material, permitiu evidenciar que o primeiro apresenta-se em um nível de generabilidade e inclusividade maior que o segundo.

Por isso, o conceito transformação deve situar-se no nível mais alto de hierarquia no mapa conceitual, sendo imediatamente seguido do conceito material. Este, por sua vez, deve situar-se acima dos níveis hierárquicos correspondentes aos dos conceitos-chave.

No entanto, antes de representá-los em um mapa conceitual, leu-se novamente o Anexo I, com dois propósitos: 1º) identificar as outras proposições que relacionam os três conjuntos de idéias fundamentais no conteúdo; 2º) detectar a sequência do primeiro aparecimento de todas as proposições que devem ser representadas no mapa conceitual.

Com relação ao primeiro propósito, levou-se em conta os critérios e procedimentos especificados no item 2.1.4 e, com isso, identificou-se 17 novas proposições. Dentre elas 6 foram estabelecidas pelos subsunçores, enquanto as demais, pelo conceito sistema que se relaciona com substância e reação química (vide Anexo III).

Estas proposições são listadas na Tabela 2 e especificadas com as letras c e b. Tais letras são precedidas dos números das generalizações onde aquelas proposições foram, respectivamente, identificadas no Anexo I.

O mesmo procedimento foi adotado para listar aquelas relativas aos conceitos-chave, só que elas são especificadas pela letra a, na Tabela 2.

Nesta tabela são listadas 113 proposições que foram posteriormente representadas no mapa conceitual, ilustrado na Figura 4, o qual se discute a seguir.

### 3.1.1. Resultados e Conclusões Relativos à Representação da Organização de Conteúdo do PROQUIM

Conforme justificado no item 2.1.4, optou-se por representar a organização de conteúdo no PROQUIM através de um mapa conceitual.

Para isto, identificou-se inicialmente quais elementos deveriam ser incluídos no mesmo, chegando-se à determinação das 113 proposições, isto é, das 113 relações conceituais que são listadas na Tabela 2, e que naquele mapa devem ser representadas.

A consulta à mesma tabela evidenciou que nenhum outro conceito químico, além dos 45 já relacionados com os conceitos-chave, foi introduzido. Todavia, outros 7 conceitos não-químicos (evidência, estado inicial, estado final, pureza, constituinte, cor, odor) são introduzidos em algumas daquelas proposições, tornando-se necessário, portanto, incluí-los no mapa.

Assim, no referido mapa, em que se propõe representar a organização de conteúdo do PROQUIM, devem ser incluídos 52 termos e 113 linhas.

Para elaborá-lo, partiu-se inicialmente das idéias propostas por NOVAK e colaboradores (1983), que expressam que:

*ao se construir um mapa conceitual, deve situar-se as idéias mais genéricas e amplas em níveis mais altos, enquanto as mais específicas devem ser posicionadas em níveis mais baixos de hierarquia (NOVAK et alii, 1983, p. 627).*

A adoção dessa idéia implicou posicionar o conceito de transformação no primeiro nível do mapa, por ser ele o primeiro subsunçor e, pela mesma razão, material no segundo nível de hierarquia. A seguir, substância no terceiro, mistura no quarto e

reação química no quinto, por serem estes o primeiro, o segundo e o terceiro conceitos-chave do conteúdo.

Feito isto, restaram só (!) 48 conceitos (termos) para serem posicionados no mapa. Aí, instaurou-se o dilema. Quais critérios poderiam ser adotados para situá-los no mapa? Dever-se-ia levar em conta o número de relações que cada conceito estabelece com os demais, à semelhança do critério adotado para nivelar os três conceitos-chave? Depois de se verificar tal hipótese, aparentemente coerente, constatou-se que não. Isto porque o número de relações, não necessariamente revela a sua importância no nível do conhecimento químico, nem mesmo a abordagem que lhes é dada pelo material.

Isto implicou, portanto, que para a elaboração do mapa, se levasse em conta a natureza química dos conceitos e a noção de classe e subclasse a eles associados, as quais foram, também, determinadas pela concepção que o material lhes atribuiu. Além disso, outro problema operacional para a elaboração do mapa conceitual, surgiu em decorrência da consulta ao Anexo III. Para resolvê-lo, procurou-se posicionar os conceitos relacionados a cada conceito-chave, o mais próximo possível deste, para assim, melhor espelhar as suas relações de subordinação e de superordenação.

Levando-se em conta tais complexidades, o mapa ilustrado na Figura 4 revela a resultante sinérgica das considerações aqui feitas. Estas, no entanto, revelam também um teor de "subjetividade" associado à tentativa de assim representar-se a organização de conteúdo do PROQUIM.

Segue-se, então, a apresentação do mapa e da Tabela 2, que a ele sendo associada, permite representar aquela organização.



Tabela 2

**Especificação das Relações Conceituais Presentes na Representação da Organização de Conteúdo**

1. Uma TRANSFORMAÇÃO pode envolver MATERIAIS (G2c).
2. REAÇÃO QUÍMICA é um tipo de TRANSFORMAÇÃO (G5a).
3. TRANSFORMAÇÃO FÍSICA é um tipo de TRANSFORMAÇÃO (G11c).
4. Em uma TRANSFORMAÇÃO FÍSICA não se formam novos MATERIAIS (G11c).
5. MATERIAIS podem ser MISTURAS (G12a).
6. Numa MISTURA, os MATERIAIS conservam suas características individuais (G12a).
7. Em uma MISTURA, não se formam novos MATERIAIS (G12a).
8. Em uma REAÇÃO QUÍMICA, formam-se novos MATERIAIS (G14a).
9. SISTEMA é uma porção delimitada de MATERIAL (G18c).
10. A cor é uma PROPRIEDADE utilizada para descrever um SISTEMA (G18b).
11. O odor é uma PROPRIEDADE utilizada para descrever um SISTEMA (G18b).
12. A TEMPERATURA é uma PROPRIEDADE utilizada para descrever um SISTEMA (G18b).
13. A MASSA é uma PROPRIEDADE utilizada para descrever um SISTEMA (G18b).
14. O VOLUME é uma PROPRIEDADE utilizada para descrever um SISTEMA (G18b).
15. Um SISTEMA tem estado inicial (G19b).
16. Um SISTEMA tem estado final (G19b).
17. O estado inicial de um SISTEMA é definido antes da TRANSFORMAÇÃO (G20c).

18. O estado final de um SISTEMA é definido após a TRANSFORMAÇÃO (G21c).
19. O estado inicial de um SISTEMA é descrito através de suas PROPRIEDADES (G20b).
20. O estado final de um SISTEMA é descrito através de suas PROPRIEDADES (G21b).
21. Em uma REAÇÃO QUIMICA, os constituintes iniciais são chamados REAGENTES (G22a).
22. Em uma REAÇÃO QUIMICA, os constituintes finais são chamados PRODUTOS (G22a).
23. A comparação entre o estado inicial e final de um SISTEMA fornece indicações sobre a ocorrência de uma TRANSFORMAÇÃO FISICA (G23b).
24. A comparação entre o estado inicial e final de um SISTEMA fornece indicações sobre a ocorrência de uma TRANSFORMAÇÃO QUIMICA (G23a).
25. Uma REAÇÃO QUIMICA pode ocorrer com mudanças de cor (G25a).
26. Uma REAÇÃO QUIMICA pode ocorrer com liberação de GAS (G26a).
27. Uma REAÇÃO QUIMICA pode ocorrer com formação de PRECIPITADO (G27a).
28. Uma REAÇÃO QUIMICA pode ocorrer com liberação de CALOR (G29a).
29. Uma REAÇÃO QUIMICA pode ocorrer com mudanças de odor (G30a).
30. Uma REAÇÃO QUIMICA pode ser reconhecida através de evidências (G31a).
31. Uma evidência de REAÇÃO QUIMICA pode ser reconhecida através de diferenças entre o estado inicial e final do SISTEMA (G32a).
32. A ocorrência de uma REAÇÃO QUIMICA pode ser indicada por uma evidência (G33a).
33. Uma REAÇÃO QUIMICA pode apresentar dois ou mais tipos de evidências ao mesmo tempo (G37a).

34. Uma REAÇÃO QUÍMICA pode ocorrer sem qualquer evidência aparente (G43a).
35. Em uma REAÇÃO QUÍMICA, há sempre mudanças no estado do SISTEMA (G44a).
36. A observação de evidências não permite caracterizar os PRODUTOS de uma REAÇÃO QUÍMICA (G45a).
37. As SUBSTÂNCIAS podem ser identificadas pelas PROPRIEDADES FÍSICAS (G52a).
38. As SUBSTÂNCIAS podem ser distinguidas de MISTURAS pelas PROPRIEDADES FÍSICAS (G52a).
39. SUBSTÂNCIAS podem ser identificadas pelo PONTO DE FUSÃO (G54a).
40. SUBSTÂNCIAS podem ser identificadas pelo PONTO DE EBULIÇÃO (G54a).
41. SUBSTÂNCIAS podem ser identificadas pela DENSIDADE (G54a).
42. SUBSTÂNCIAS podem ser identificadas pela SOLUBILIDADE (G54a).
43. SUBSTÂNCIAS podem ser distinguidas de MISTURAS pelo PONTO DE FUSÃO (G54a).
44. SUBSTÂNCIAS podem ser distinguidas de MISTURAS pelo PONTO DE EBULIÇÃO (G54a).
45. SUBSTÂNCIAS podem ser distinguidas de MISTURAS pela DENSIDADE (G54a).
46. SUBSTÂNCIAS podem ser distinguidas de MISTURAS pela SOLUBILIDADE (G54a).
47. SUBSTÂNCIAS podem ser SÓLIDAS (G58a).
48. SUBSTÂNCIAS podem ser identificadas pelo PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (G60a).
49. SUBSTÂNCIAS podem ser distinguidas de MISTURAS pelo PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (G60a).
50. SUBSTÂNCIAS têm PONTO DE FUSÃO constante (G61a).
51. SUBSTÂNCIAS têm PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO constante (G61a).

52. SUBSTANCIAS compõem MISTURAS (G62a).
53. SUBSTANCIAS podem ser diferenciadas por seus PONTOS DE FUSAO (G66a).
54. MISTURAS não apresentam PONTO DE FUSAO constante (G68a).
55. O PONTO DE FUSAO de uma SUBSTANCIA é igual ao seu PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (G69a).
56. SUBSTANCIAS são MATERIAIS (G70a).
57. MISTURAS não apresentam PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO constante (G71a).
58. MISTURA é um MATERIAL impuro (G71a).
59. MISTURA EUTÉTICA é um tipo de MISTURA (G72a).
60. MISTURA EUTÉTICA apresenta TEMPERATURA constante durante a FUSAO (G72a).
61. SUBSTANCIAS podem ser LIQUIDAS (G76a).
62. SUBSTANCIAS LIQUIDAS podem sofrer VAPORIZAÇÃO (G81a).
63. SUBSTANCIAS têm PONTO DE EBULIÇÃO constante (G82a).
64. SUBSTANCIAS podem ser diferenciadas por seus PONTOS DE EBULIÇÃO (G83a).
65. MISTURAS não apresentam PONTOS DE EBULIÇÃO constante (G85a).
66. MISTURAS podem ser LIQUIDAS (G88a).
67. MISTURAS AZEOTROPICAS são um tipo de MISTURA (G88a).
68. MISTURAS AZEOTROPICAS apresentam TEMPERATURA constante durante a EBULIÇÃO (G88a).
69. O ESTADO FISICO de uma SUBSTANCIA pode ser conhecido pelo PONTO DE FUSAO (G90a).
70. O ESTADO FISICO de uma SUBSTANCIA pode ser conhecido pelo PONTO DE EBULIÇÃO (G90a).
71. SUBSTANCIAS SOLIDAS podem ser transformadas em LIQUIDAS (G91a).
72. SUBSTANCIAS LIQUIDAS podem ser transformadas em GASES (G91a).

73. SUBSTANCIAS podem ser GASES (G91a).
74. SUBSTANCIAS têm MASSA, geralmente expressa em GRAMAS (G93a).
75. SUBSTANCIAS ocupam VOLUME, geralmente expresso em CENTIMETRO CUBICO (G93a).
76. SUBSTANCIAS têm DENSIDADE constante (G98a).
77. MISTURAS apresentam DENSIDADE variável com a COMPOSIÇÃO QUIMICA (G107a).
78. A composição QUIMICA da MISTURA pode ser conhecida pela DENSIDADE (G109a).
79. LIGAS METALICAS são MISTURAS de METAIS (G110a).
80. MISTURAS de METAIS têm DENSIDADES diferentes, dependendo da COMPOSIÇÃO QUIMICA (G110a).
81. SUBSTANCIAS podem sofrer DISSOLUÇÃO (G116a).
82. SUBSTANCIAS que sofrem DISSOLUÇÃO chamam-se SOLUTOS (G119a).
83. SUBSTANCIAS que DISSOLVEM SOLUTOS chamam-se SOLVENTES (G119a).
84. Uma SUBSTANCIA não é igualmente DISSOLVIDA por vários SOLVENTES (G120a).
85. SUBSTANCIAS não se DISSOLVEM igualmente em um mesmo SOLVENTE (G121a).
86. SUBSTANCIAS têm SOLUBILIDADE constante (G127a).
87. MISTURAS têm SOLUBILIDADE variável de acordo com a COMPOSIÇÃO QUIMICA (G130a).
88. MISTURAS podem ser separadas em seus constituintes (G130a).
89. As PROPRIEDADES FISICAS são utilizadas para descrever um SISTEMA (G133b).
90. SUBSTANCIAS podem sofrer TRANSFORMAÇÕES (G135a).
91. A comparação das PROPRIEDADES FISICAS das SUBSTANCIAS antes e depois da TRANSFORMAÇÃO, permite concluir se ocorreu ou não uma REAÇÃO QUIMICA (G135a).

92. SUBSTANCIAS se TRANSFORMAM em outras SUBSTANCIAS nas REAÇÕES QUIMICAS (G136a).
93. SUBSTANCIAS não se TRANSFORMAM em outras SUBSTANCIAS nas TRANSFORMAÇÕES FISICAS (G137a).
94. SUBSTANCIAS são os constituintes de um SISTEMA (G137a).
95. Os PRODUTOS de uma REAÇÃO QUIMICA podem ser reconhecidos através de suas PROPRIEDADES FISICAS (G138a).
96. Em uma REAÇÃO QUIMICA, os PRODUTOS são SUBSTANCIAS diferentes das dos REAGENTES (G138a).
97. Em uma REAÇÃO QUIMICA, as PROPRIEDADES FISICAS dos PRODUTOS são diferentes das dos REAGENTES (G138a).
98. MISTURAS podem ser separadas por métodos baseados na SOLUBILIDADE (G145a).
99. MISTURAS podem ser separadas por métodos baseados nas PROPRIEDADES FISICAS (G145a).
100. MISTURAS podem ser separadas por DECANTAÇÃO (G145a).
101. MISTURAS podem ser separadas por FILTRAÇÃO (G145a).
102. MISTURAS podem ser separadas por DESTILAÇÃO (G145a).
103. MISTURAS podem ser separadas por RECRISTALIZAÇÃO (G145a).
104. MISTURA HOMOGENEA é um tipo de MISTURA (G147a).
105. MISTURA HOMOGENEA apresenta uma única FASE (G147a).
106. MISTURA HETEROGENEA é um tipo de MISTURA (G148a).
107. MISTURA HETEROGENEA apresenta mais de uma FASE (G148a).
108. MISTURAS HETEROGENEAS podem ser separadas por DECANTAÇÃO (G152a).
109. MISTURAS HETEROGENEAS podem ser separadas por FILTRAÇÃO (G158a).
110. MISTURAS HOMOGENEAS não podem ser separadas por FILTRAÇÃO (G162a).
111. MISTURAS HOMOGENEAS não podem ser separadas por DECANTAÇÃO (G162a).

112. SUBSTANCIAS têm pureza determinada através de suas PROPRIEDADES FISICAS (G183a).
- 113 A pureza das SUBSTANCIAS depende da finalidade a que se destinam (G183a).

**Legenda** : - Gn inscrito no parêntesis indica o número da Generalização que expressa a proposição, no Anexo I.

- As letras minúsculas indicam, respectivamente:

(a) proposição de conceitos-chave.

(b) proposição incluindo um conceito comum a dois conceitos-chave.

(c) proposição estabelecida entre um subsunçor e um conceito relacionado com algum conceito-chave.

A simples consulta ao mapa da Figura 4, revela que a organização de conteúdo no PROQUIM é constituída por uma rede marcadamente entrelaçada de conceitos. Revela, também, a hierarquia dos conceitos-chave e o papel deles naquele conteúdo, já que, aquela rede é mais acentuada para substância e mistura do que para reação química.

Esta rede de inúmeros entrelaçamentos conceituais pode ser melhor detalhada considerando-se os dados registrados na Tabela 3.

Tais dados indicam que, em 47 relações conceituais das 113 representadas no mapa, três ou mais conceitos foram envolvidos, promovendo, respectivamente, 25 diferenciações progressivas e 22 reconciliações integrativas de idéias.

Tabela 3

Especificação da Natureza das Relações Representadas no Mapa Conceitual, em Termos de Diferenciação Progressiva (DP), Reconciliação Integrativa (RI) e do Número de Conceitos que a compõem

Nº da Relação Conceitual	Nº de Conceitos Relacionados	Classificação da Relação
1	2	DP
2	2	DP
3	2	DP
4	2	DP
5	2	DP
6	2	DP
7	2	DP
8	2	DP
9	2	DP
10	2 (1)	DP
11	2 (1)	DP
12	3	DP
13	3	DP
14	3	DP
15	1 (1)	DP
16	1 (1)	DP
17	2 (1)	<u>RI</u>
18	2 (1)	<u>RI</u>
19	2 (1)	DP
20	2 (1)	DP
21	2 (1)	DP
22	2 (1)	DP
23	2 (2)	<u>RI</u>
24	2 (2)	<u>RI</u>
25	1 (1)	DP
26	2	DP
27	2	DP
28	2	DP
29	1 (1)	DP
30	1 (1)	DP
31	2 (3)	<u>RI</u>
32	1 (1)	DP

Nº da Relação Conceitual	Nº de Conceitos Relacionados	Classificação da Relação
33	1 (1)	DP
34	1 (1)	DP
35	2	DP
36	2 (1)	<u>RI</u>
37	2	DP
38	3	<u>RI</u>
39	2	DP
40	2	DP
41	2	DP
42	2	DP
43	3	<u>RI</u>
44	3	<u>RI</u>
45	3	<u>RI</u>
46	3	<u>RI</u>
47	2	DP
48	2	DP
49	3	<u>RI</u>
50	2	DP
51	2	DP
52	2	DP
53	2	DP
54	2	DP
55	3	<u>RI</u>
56	2	DP
57	2	DP
58	2	DP
59	2	DP
60	3	DP
61	2	DP
62	3	DP
63	2	DP
64	2	DP
65	2	DP
66	2	DP
67	2	DP
68	3	DP
69	3	<u>RI</u>
70	3	<u>RI</u>
71	3	DP

Nº da Relação Conceitual	Nº de Conceitos Relacionados	Classificação da Relação
72	3	DP
73	2	DP
74	2	DP
75	2	DP
76	2	DP
77	3	DP
78	3	<u>RI</u>
79	3	DP
80	4	DP
81	2	DP
82	3	DP
83	4	DP
84	3	DP
85	3	DP
86	2	DP
87	3	DP
88	1 (1)	DP
89	2	<u>RI</u>
90	2	<u>RI</u>
91	4	<u>RI</u>
92	3	<u>RI</u>
93	3	<u>RI</u>
94	2 (1)	DP
95	3	<u>RI</u>
96	4	<u>RI</u>
97	4	<u>RI</u>
98	2	DP
99	2	DP
100	2	DP
101	2	DP
102	2	DP
103	2	DP
104	2	DP
105	2	DP
106	2	DP
107	2	DP
108	2	DP
109	2	DP
110	2	DP

Nº da Relação Conceitual	Nº de Conceitos Relacionados	Classificação da Relação
111	2	DP
112	2 (1)	DP
113	1 (1)	DP

**Legenda :** Os números que aparecem entre parênteses indicam conceitos que não são considerados químicos.

Com relação ainda aos dados registrados na Tabela 3, verifica-se que dentre as 113 relações conceituais representadas no mapa, 89, isto é, 79% delas, promoveram diferenciação progressiva de conceitos, enquanto que 24 (21%) os reconciliaram integrativamente.

Se, por um lado, estes dados revelam que a organização de conteúdo manifesta a aplicação dos dois princípios fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa, por outro, eles também se mostram coerentes, pois, em um material introdutório, deve haver mais diferenciação do que reconciliação integrativa de conceitos.

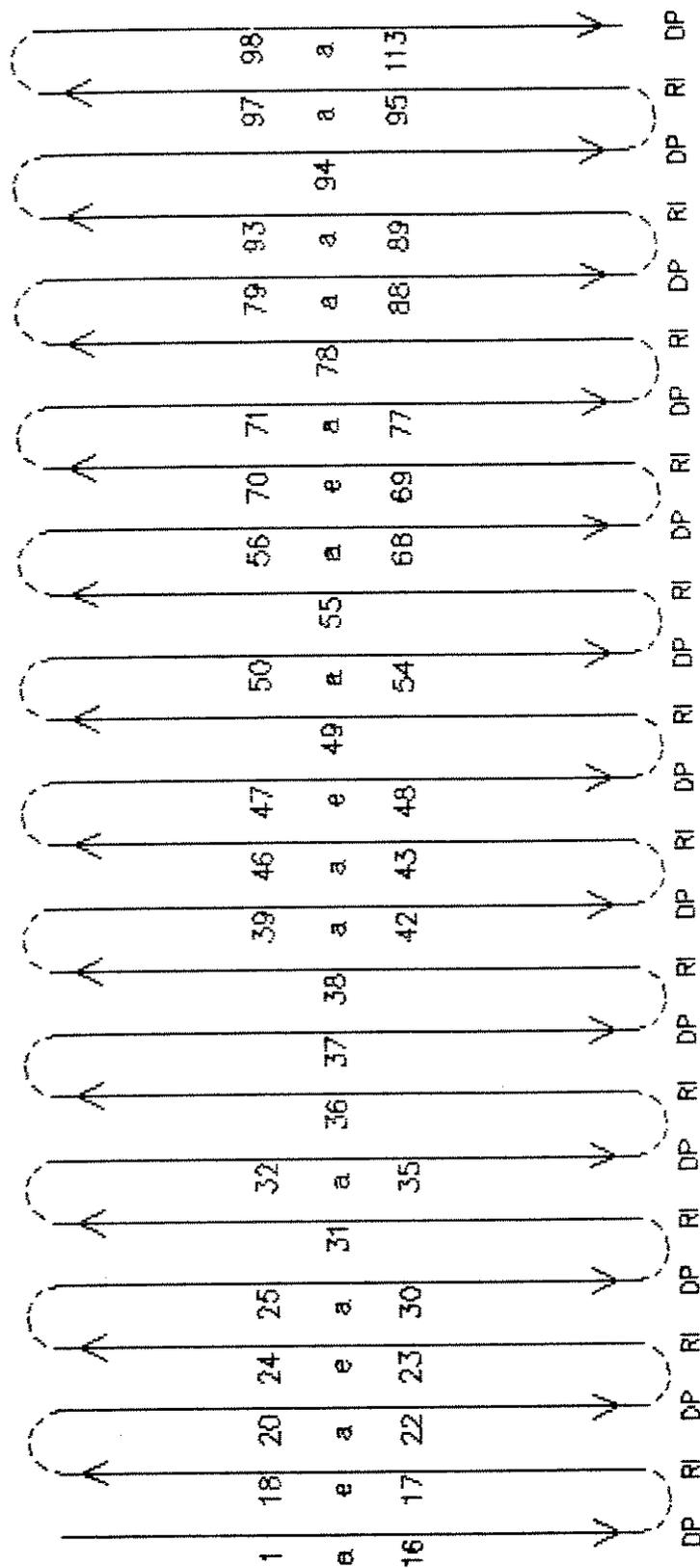
Desde que, no mapa, as relações conceituais que promovem diferenciação progressiva são representadas de cima para baixo, enquanto as que estabelecem reconciliações integrativas o são de baixo para cima, a Figura 5 a seguir, evidencia melhor os efeitos de "descer e subir" que as 89 primeiras e as 24 últimas imprimem à organização de conteúdo do PROQUIM.

Para isso, nesta figura, linhas verticais direcionadas para baixo representam a sequência de relações que promovem diferenciação progressiva, enquanto que as direcionadas para cima, a das reconciliações integrativas de idéias.

Figura 5

Representação do Movimento de "Descer-e-Subir" (Diferenciações Progressivas - DP - e Reconciliações Integrativas - RI) na Organização de Conteúdo

Idéias mais amplas



Idéias mais específicas

Legenda : Os números nas setas correspondem à numeração das relações conceituais representadas na Figura 4.

A consulta à Figura 5 revela a presença de 13 alterações no sentido de suas linhas, ou seja, no seu movimento de "descer-e-subir", permitindo assim, manifestar o aspecto dinâmico da organização de conteúdo do PROQUIM.

Os resultados até aqui considerados permitem concluir que a organização mostra-se adequada em termos do segundo e do terceiro critérios do referencial de análise do parâmetro de significação. Isto porque ela apresenta hierarquia conceitual, revelada por relações que expressam diferenciações de conceitos amplos e reconciliação de outros a eles, manifestando um movimento dinâmico de "descer-e-subir" nos vários níveis hierárquicos que a configuram.

No sentido de melhor visualizar a participação de cada conceito na representação da organização de conteúdo do PROQUIM, apresenta-se, a seguir, a Tabela 4, onde são especificadas todas as relações conceituais estabelecidas pelos 52 termos incluídos no mapa conceitual.

Tabela 4

**Especificação das Relações Estabelecidas pelos Conceitos  
Incluídos na Representação da Organização de Conteúdo**

CONCEITO	Diferenciação Progressiva	Reconciliação Integrativa	Nº Total de Relações
SUBSTANCIA	37- 39- 40- 41- 42- 47- 48- 50 51- 52- 53- 56- 61- 62- 63- 64 71- 72- 73- 74- 75- 76- 81- 82 83- 84- 85- 86- 94-112-113	38- 43- 44- 45- 46- 49- 55- 69 70- 90- 91- 92- 93- 96	45
MISTURA	5- 6- 7- 52- 54- 57- 58- 59 65- 66- 67- 77- 79- 80- 87- 88 98- 99-100-101-102-103-104-106	38- 43- 44- 45- 46- 49- 78	31
REAÇÃO QUÍMICA	2- 8- 21- 22- 25- 26- 27- 28 29- 30- 32- 33- 34- 35	24- 31- 36- 91- 92- 95- 96- 97	22
SISTEMA	9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 16 19- 20- 35- 94	17- 18- 23- 24- 31- 89	18
TRANSFORMAÇÃO	1- 2- 3	17- 18- 90- 91- 92- 93	9
MATERIAL	1- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 56 58		9
PROPRIEDADES FÍSICAS	37- 99-112	38- 89- 91- 95- 97	8
PROPRIEDADE	10- 11- 12- 13- 14- 19- 20		7
PONTO DE FUSÃO	39- 50- 53- 54	43- 55- 69	7
PONTO DE EBULIÇÃO	40- 63- 64- 65	44- 70	6
DENSIDADE	41- 76- 77- 80	45- 78	6
evidência	30- 32- 33- 34	31- 36	6
estado inicial	15- 19	17- 23- 24- 31	6
estado final	16- 20	18- 23- 24- 31	6
PRODUTO	22	36- 95- 96- 97	5

CONCEITO	Diferenciação Progressiva	Reconciliação Integrativa	Nº Total de Relações
SOLUBILIDADE	42- 86- 87- 98	46	5
PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO	48- 51- 57	49- 55	5
LIQUIDO	61- 62- 66- 71- 72		5
DISSOLUÇÃO	81- 82- 83- 84- 85		5
TRANSFORMAÇÃO FÍSICA	3- 4	23- 93	4
COMPOSIÇÃO QUÍMICA	77- 80- 87	78	4
MISTURA HOMOGENEA	104-105-110-111		4
MISTURA HETEROGENEA	106-107-108-109		4
constituente	21- 22- 88- 94		4
TEMPERATURA	12- 60- 68		3
REAGENTE	21	96- 97	3
GAS	26- 72- 73		3
SOLVENTE	83- 84- 85		3
DECANTAÇÃO	100-108-111		3
FILTRAÇÃO	101-109-110		3
MASSA	13- 74		2
VOLUME	14- 75		2
ESTADO FÍSICO		69- 70	2
SOLIDO	47- 71		2
MISTURA EUTÉTICA	59- 60		2
MISTURA AZEOTROPICA	67- 68		2
METAL	79- 80		2

CONCEITO	Diferenciação Progressiva	Reconciliação Integrativa	Nº Total de Relações
SOLUTO	82- 83		2
FASE	105-107		2
odor	11- 29		2
cor	10- 25		2
pureza	112-113		2
PRECIPITADO	27		1
CALOR	28		1
FUSAO	60		1
VAPORIZAÇÃO	62		1
EBULIÇÃO	68		1
GRAMA	74		1
CENTIMETRO CUBICO	75		1
LIGA METALICA	79		1
DESTILAÇÃO	102		1
RECRISTALIZAÇÃO	103		1

A consulta à Tabela 4 permite evidenciar que, além dos três conceitos-chave substância, mistura, e reação química, outros como sistema, evidência e propriedades físicas, também promovem alterações no movimento de "descer-e-subir" na organização de conteúdo. Isto porque, não só estes conceitos, mas

também as subclasses de propriedades físicas (ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade), participam de sucessivas relações, porém, de naturezas diferentes em termos de diferenciação e reconciliação de idéias.

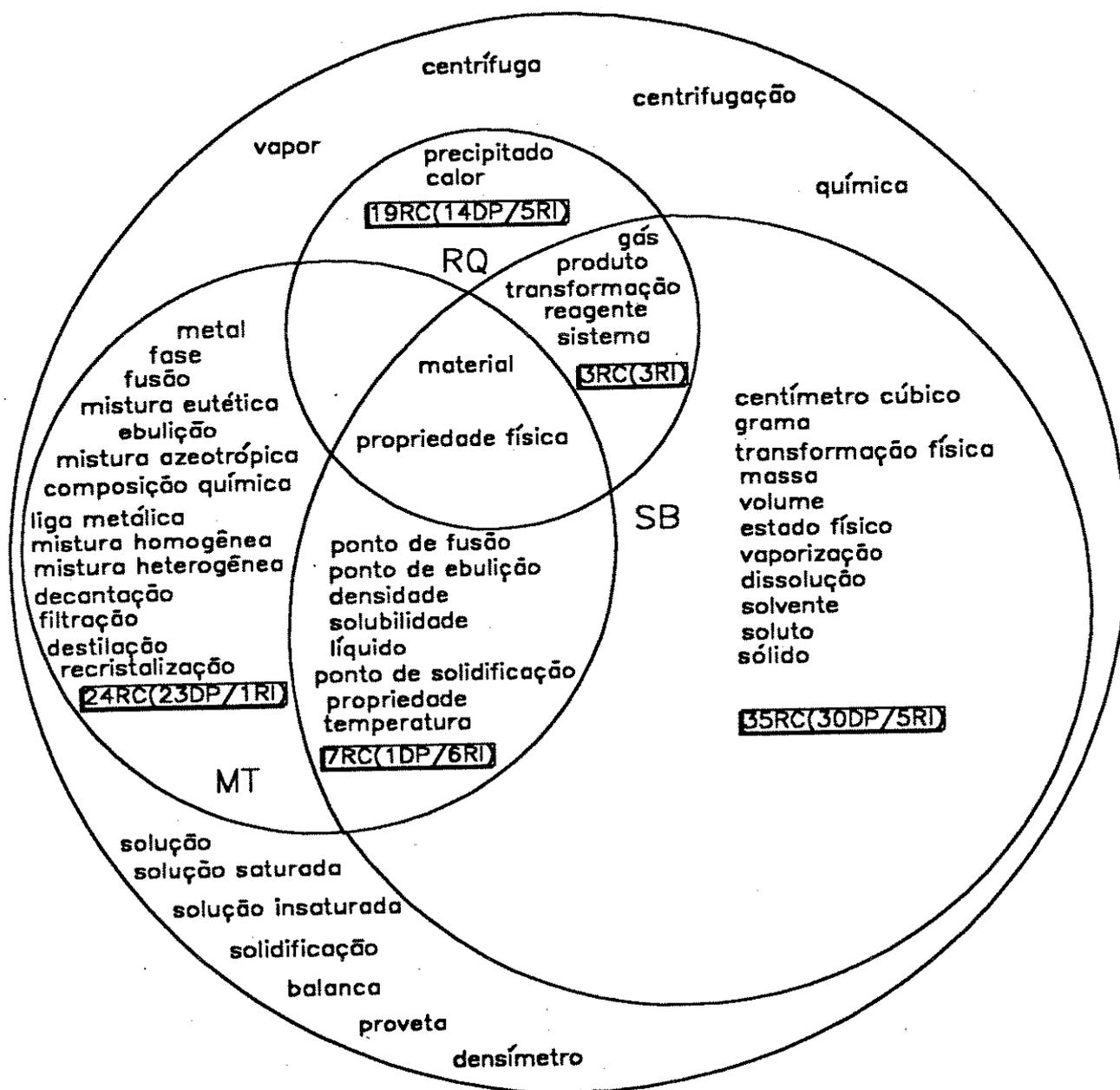
Ainda em termos dos conceitos incluídos na representação da organização de conteúdo do PROQUIM, os dados da Tabela 4 revelam que 42 dos 52 conceitos, ou seja 84%, estabelecem mais de uma relação conceitual.

Todavia, dentre eles, são os três conceitos-chave que, sem dúvida nenhuma, determinam a expressiva rede conceitual representada no mapa, já que das 113 relações nele incluídas, 98 (87%) são por eles estabelecidas. Em termos específicos, 69 delas promovem diferenciação progressiva e 29, reconciliação integrativa.

Portanto, para melhor visualizar o papel fundamental que os conceitos substância, mistura e reação química, exercem na organização de conteúdo do PROQUIM, esta é novamente representada, agora por meio de um círculo, no diagrama de Venn ilustrado na Figura 6.

Figura 6

Representação da Organização de Conteúdo dos Três Conceitos-Chave do PROQUIM  
 - Diagrama de Venn -



Na Figura 6, os três círculos internos, de tamanhos diferentes, representam a hierarquia dos conceitos-chave substância (SB), mistura (MT) e reação química (RQ). Em cada círculo são incluídos os conceitos que se relacionam com o correspondente conceito-chave, e indicado o número de relações conceituais que com ele estabelecem.

As intersecções dos círculos representam as inter-relações dos três conceitos-chave e, neste sentido, demonstram que os conceitos que os relacionam são material e propriedade física.

São também, nestas intersecções, que se inserem o número das relações conceituais estabelecidas entre os conceitos-chave. Elas promovem, essencialmente, reconciliação integrativa de idéias. Especificamente, das 7 inter-relações dos conceitos substância e mistura, 6 promovem reconciliação integrativa e 1, diferenciação progressiva, enquanto que as 3 relações entre substância e reação química promovem somente reconciliação de idéias.

Além disso, os dados da Figura 6 permitem também, melhor visualizar que somente 11 conceitos não se relacionam a nenhum dos três conceitos-chave. Todas as relações com os demais estão especificadas na Tabela 2, anteriormente citada.

Tal Tabela permite evidenciar, ainda, que as

proposições nela contidas expressam somente noções macroscópicas, o que se mostra coerente com o fato delas configurarem os dois capítulos iniciais do PROQUIM.

A constatação desta ênfase em noções macroscópicas, a qual, em si, preenche o nono critério do referencial de análise do parâmetro de significação, revela também a adequação do material frente ao oitavo, pois, as definições dos 39 conceitos nele introduzidos são de natureza operacional.

Em termos dos critérios que compõem o referencial de análise, resta considerar o sexto e o sétimo, o que implica verificar se as generalizações dos conceitos-chave se articulam adequadamente com fatos, isto é, com exemplos, e se estes, juntamente com não-exemplos, acompanham definições de conceitos no PROQUIM.

### **3.1.2 Resultados e Conclusões Relativos à Articulação entre Generalizações e Fatos no PROQUIM**

Levando-se em conta que generalizações e definições são proposições, as concernentes aos três conceitos-chave devem ser analisadas para verificar se estão adequadamente associadas com exemplos, e se as correspondentes a definições de conceitos, também se associam a não-exemplos.

Tais dados são registrados nas Tabelas 5, 6, e 7, que são relativas, respectivamente, aos conceitos substância, mistura

e reação química.

Tais tabelas são compostas por cinco colunas.

Na coluna I, é(são) registrado(s) o(s) número(s) correspondente(s) à(s) generalização(ões) onde a proposição ou o atributo do conceito foi identificado no Anexo I.

Na coluna II, além do atributo, são ainda registrados exemplos e não-exemplos a ele associados. Os primeiros são precedidos por um traço, enquanto os últimos são precedidos por um asterisco. O número que precede cada atributo reflete a ordem sequencial em que este, pela primeira vez, é apresentado no material instrucional. Quando este número aparece grifado e em negrito, isto indica que o atributo não foi inicialmente apresentado pelo material, mas sim, que foi "descoberto" e formulado pelos alunos.

Na coluna III, registra-se a frequência de cada atributo, a qual é resultante do número de generalizações que o expressam no Anexo I.

Por sua vez, o nº total de exemplos e de não-exemplos, associado a cada atributo, é respectivamente indicado nas colunas IV e V daquelas tabelas.

Na Tabela 5, a seguir, são apresentados os atributos do conceito substância, e especificados os exemplos e não-exemplos a eles associados.

Tabela 5

Especificação de Atributos, Exemplos e Não-Exemplos Relativos ao Primeiro Conceito-Chave: SUBSTANCIA

I	II	III	IV	V																																																																	
52 54 134 135 138 139	1. Substâncias podem ser identificadas por propriedades denominadas propriedades físicas.	6	12	-																																																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Ponto de Fusão (°C)</th> <th>Ponto de Ebulição (°C)</th> <th>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</th> <th>Solubilidade (a 20°C/100g de água)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-água.....</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>-etanol...</td> <td>-114,5</td> <td>78,4</td> <td>0,789</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td>-acetona..</td> <td>-94,8</td> <td>56,2</td> <td>0,791</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td>-ácido sulfúrico...</td> <td>10,35</td> <td>340</td> <td>1,834</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td>-mercúrio..</td> <td>-38,87</td> <td>356,73</td> <td>13,546</td> <td>insolúvel</td> </tr> <tr> <td>-naftaleno.</td> <td>80,2</td> <td>218,0</td> <td>1,145</td> <td>0,003 25°C</td> </tr> <tr> <td>-sulfato de cobre II..</td> <td>110</td> <td>250</td> <td>2,286</td> <td>20,7</td> </tr> <tr> <td>-ferro.....</td> <td>1535</td> <td>2885</td> <td>7,86</td> <td>insolúvel</td> </tr> <tr> <td>-alumínio..</td> <td>660,1</td> <td>2450</td> <td>2,70</td> <td>insolúvel</td> </tr> <tr> <td>-benzeno...</td> <td>5,5</td> <td>80,1</td> <td>0,879</td> <td>0,07 22°C</td> </tr> <tr> <td>-tolueno...</td> <td>-95</td> <td>110,6</td> <td>0,866</td> <td>insolúvel</td> </tr> <tr> <td>-trinitrotolueno.....</td> <td>80,1</td> <td>explode à 280</td> <td>1,654</td> <td>0,15 a quente</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Ponto de Fusão (°C)	Ponto de Ebulição (°C)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Solubilidade (a 20°C/100g de água)	-água.....	0	100	1	-	-etanol...	-114,5	78,4	0,789	∞	-acetona..	-94,8	56,2	0,791	∞	-ácido sulfúrico...	10,35	340	1,834	∞	-mercúrio..	-38,87	356,73	13,546	insolúvel	-naftaleno.	80,2	218,0	1,145	0,003 25°C	-sulfato de cobre II..	110	250	2,286	20,7	-ferro.....	1535	2885	7,86	insolúvel	-alumínio..	660,1	2450	2,70	insolúvel	-benzeno...	5,5	80,1	0,879	0,07 22°C	-tolueno...	-95	110,6	0,866	insolúvel	-trinitrotolueno.....	80,1	explode à 280	1,654	0,15 a quente			
Substância	Ponto de Fusão (°C)	Ponto de Ebulição (°C)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Solubilidade (a 20°C/100g de água)																																																																	
-água.....	0	100	1	-																																																																	
-etanol...	-114,5	78,4	0,789	∞																																																																	
-acetona..	-94,8	56,2	0,791	∞																																																																	
-ácido sulfúrico...	10,35	340	1,834	∞																																																																	
-mercúrio..	-38,87	356,73	13,546	insolúvel																																																																	
-naftaleno.	80,2	218,0	1,145	0,003 25°C																																																																	
-sulfato de cobre II..	110	250	2,286	20,7																																																																	
-ferro.....	1535	2885	7,86	insolúvel																																																																	
-alumínio..	660,1	2450	2,70	insolúvel																																																																	
-benzeno...	5,5	80,1	0,879	0,07 22°C																																																																	
-tolueno...	-95	110,6	0,866	insolúvel																																																																	
-trinitrotolueno.....	80,1	explode à 280	1,654	0,15 a quente																																																																	

I	II	III	IV	V
52 54 134	2. Substâncias podem ser distinguidas de misturas por propriedades denominadas propriedades físicas.	3	-	-
54 60 65 67 73 74 127 134 139	3. Substâncias podem ser identificadas pelo ponto de fusão.  - água P.F. = 0 °C - naftaleno P.F. = 80,2 °C - nitrogênio P.F. = -210 °C - bromo P.F. = -7 °C - metano P.F. = -183 °C - difenilcarbinol P.F. = 69 °C - uréia P.F. = 132 °C - ferro P.F. = 1535 °C - cloreto de sódio P.F. = 801 °C - açúcar P.F. = 189 °C - amônia P.F. = 77,7 °C - álcool etílico P.F. = -114,5 °C - acetona P.F. = -94,8 °C - ácido sulfúrico P.F. = 10,35°C - mercúrio P.F. = -38,9 °C - sulfato de cobre II P.F. = 110 °C - alumínio P.F. = 660,1 °C - benzeno P.F. = 5,5 °C - tolueno P.F. = -95 °C - trinitrotolueno P.F. = 80,1 °C	9	20	-
54 77 82 127 134 139	4. Substâncias podem ser identificadas pelo ponto de ebulição.  - água P.E. = 100 °C - acetona P.E. = 56 °C - álcool etílico P.E. = 78,3°C - éter etílico P.E. = 34,6°C - benzeno P.E. = 80 °C - nitrogênio P.E. = -196 °C - bromo P.E. = 59 °C - metano P.E. = -162 °C - difenilcarbinol P.E. = 298 °C - oxigênio - 5 gráficos representando a ebulição de substâncias - ácido sulfúrico P.E. = 340 °C - mercúrio P.E. = 356,7°C - naftaleno P.E. = 218 °C - sulfato de cobre II P.E. = 250 °C - ferro P.E. = 2885 °C - alumínio P.E. = 2450 °C - tolueno P.E. = 110,6°C - trinitrotolueno explode a 280°C	6	23	-



I	II	III	IV	V
54 84 89 134	8. Substâncias podem ser distinguidas de misturas pelo ponto de ebulição.  - água e água com sal - água do mar e água pura - 2 gráficos representando ebulições de substâncias e misturas	4	4	-
54 111 134	9. Substâncias podem ser distinguidas de misturas pela densidade.	3	-	-
54 134	10. Substâncias podem ser distinguidas de misturas pela solubilidade.	2	-	-
60 69 91 92 117	11. Substâncias podem ser sólidas.  - glicerina em temperatura inferior à 17°C - amônia em temperatura inferior à -77,7°C - difenilcarbinol - sal - açúcar - nitrato de potássio	5	6	-
60 67	12. Substâncias podem ser identificadas pelo ponto de solidificação.  - uréia P.S. = 132°C - ferro P.S. = 1500°C - cloreto de sódio P.S. = 801°C - açúcar P.S. = 189°C	2	4	-
60 69	13. Substâncias podem ser distinguidas de misturas pelo ponto de solidificação.	2	-	-
61 65 70 86 90 128	14. Substâncias têm ponto de fusão constante.  - água P.F. = 0 °C - naftaleno P.F. = 80,2 °C - nitrogênio P.F. = -210 °C - bromo P.F. = -7 °C - metano P.F. = -183 °C - difenilcarbinol P.F. = 69 °C - uréia P.F. = 132 °C - ferro P.F. = 1535 °C - cloreto de sódio P.F. = 801 °C - açúcar P.F. = 189 °C - amônia P.F. = 77,7 °C - álcool etílico P.F. = -114,5 °C - acetona P.F. = -94,8 °C - ácido sulfúrico P.F. = 10,35°C	6	20	1

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mercúrio P.F. = -38,9°C</li> <li>- sulfato de cobre II P.F. = 110 °C</li> <li>- alumínio P.F. = 660,1°C</li> <li>- benzeno P.F. = 5,5°C</li> <li>- tolueno P.F. = -95 °C</li> <li>- trinitrotolueno P.F. = 80,1°C</li> </ul> <p>* parafina</p>			
61 70 86	<p>15. Substâncias têm ponto de solidificação constante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- naftaleno</li> <li>- uréia P.S. = 132°C</li> <li>- ferro P.S. = 1500°C</li> <li>- cloreto de sódio P.S. = 801°C</li> <li>- açúcar P.S. = 189°C</li> <li>- glicerina P.S. = 17°C</li> </ul>	3	6	-
62 71 143 145 147 148 153 158 161 164	<p>16. Substâncias compõem misturas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- parafina</li> </ul>	10	1	-
66	<p>17. Substâncias podem ser diferenciadas por seus pontos de fusão.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- uréia P.F. = 132 °C</li> <li>- ferro P.F. = 1535 °C</li> <li>- cloreto de sódio P.F. = 801 °C</li> <li>- açúcar P.F. = 189 °C</li> <li>- água P.F. = 0 °C</li> <li>- álcool etanol P.F. = -114,5 °C</li> <li>- acetona P.F. = -94,8 °C</li> <li>- ácido sulfúrico P.F. = 10,35°C</li> <li>- mercúrio P.F. = -38,9 °C</li> <li>- naftaleno P.F. = 80,2 °C</li> <li>- sulfato de cobre II P.F. = 110 °C</li> <li>- alumínio P.F. = 660,1 °C</li> <li>- benzeno P.F. = 5,5 °C</li> <li>- tolueno P.F. = -95 °C</li> <li>- trinitrotolueno P.F. = 80,1 °C</li> </ul>	1	15	-

I	II	III	IV	V
68	<p><b>18.</b> Substâncias têm o ponto de fusão igual ao ponto de solidificação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- naftaleno</li> <li>- 3 gráficos representando a solidificação de subst. a partir de pontos de fusão</li> <li>- uréia P.F. = P.S. = 132°C</li> <li>- ferro P.F. = P.S. = 1500°C</li> <li>- cloreto de sódio P.F. = P.S. = 801°C</li> <li>- açúcar P.F. = P.S. = 189°C</li> </ul>	1	8	-
70 86 128	<p><b>19.</b> Substâncias são materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ácido acetilsalicílico</li> <li>- naftaleno</li> <li>- uréia</li> <li>- ferro</li> <li>- cloreto de sódio</li> <li>- açúcar</li> <li>- glicerina</li> <li>- amônia</li> <li>- água</li> <li>- sal de cozinha</li> <li>- acetona</li> <li>- álcool etílico</li> <li>- éter etílico</li> <li>- benzeno</li> <li>- nitrogênio</li> <li>- bromo</li> <li>- metano</li> <li>- difenilcarbinol</li> <li>- oxigênio</li> <li>- mercúrio</li> <li>- ácido sulfúrico</li> <li>- alumínio</li> <li>- chumbo</li> <li>- cobre</li> <li>- ouro</li> <li>- álcool metílico</li> <li>- talco</li> <li>- enxofre</li> <li>- sulfato de cobre II</li> <li>- tolueno</li> <li>- trinitrotolueno</li> <li>- nitrato de potássio</li> </ul> <p>* aspirina * parafina * água e sal * água do mar * álcool hidratado</p>	3	32	5

I	II	III	IV	V
77 83 91 92	20. Substâncias podem ser líquidas.  - bromo - água - ácido sulfúrico - mercúrio	4	4	-
81	21. Substâncias líquidas podem sofrer vaporização.	1	-	-
82 85 86 87 90 128 163 164	<p>22. Substâncias têm ponto de ebulição constante.</p> <p>- água P.E. = 100 °C</p> <p>- acetona P.E. = 56 °C</p> <p>- álcool etílico P.E. = 78,3°C</p> <p>- éter etílico P.E. = 34,6°C</p> <p>- benzeno P.E. = 80 °C</p> <p>- nitrogênio P.E. = -196 °C</p> <p>- bromo P.E. = 59 °C</p> <p>- metano P.E. = -162 °C</p> <p>- difenilcarbinol P.E. = 298 °C</p> <p>- oxigênio</p> <p>- 5 gráficos representando a ebulição de substâncias</p> <p>- ácido sulfúrico P.E. = 340 °C</p> <p>- mercúrio P.E. = 356,7°C</p> <p>- naftaleno P.E. = 218 °C</p> <p>- sulfato de cobre II P.E. = 250 °C</p> <p>- ferro P.E. = 2885 °C</p> <p>- alumínio P.E. = 2450 °C</p> <p>- tolueno P.E. = 110,6°C</p> <p>- trinitrotolueno explode à 280°C</p> <p>* água com sal</p> <p>* água do mar</p> <p>* 1 gráfico representando a ebulição de uma mistura</p>	8	23	3
83	<p>23. Substâncias podem ser diferenciadas por seus pontos de ebulição.</p> <p>- acetona tem P.E. = 56,2°C e o tolueno tem P.E. = 110,6°C</p> <p>- álcool etílico P.E. = 78,3°C</p> <p>- éter etílico P.E. = 34,6°C</p> <p>- benzeno P.E. = 80 °C</p> <p>- nitrogênio P.E. = -196 °C</p> <p>- bromo P.E. = 59 °C</p> <p>- metano P.E. = -162 °C</p> <p>- difenilcarbinol P.E. = 298 °C</p>	1	16	-

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ácido sulfúrico P.E. = 340 °C</li> <li>- mercúrio P.E. = 356,7°C</li> <li>- naftaleno P.E. = 218 °C</li> <li>- sulfato de cobre II P.E. = 250 °C</li> <li>- ferro P.E. = 2885 °C</li> <li>- alumínio P.E. = 2450 °C</li> <li>- tolueno P.E. = 110,6°C</li> <li>- trinitrotolueno explode à 280°C</li> </ul>			
91	24. O estado físico de uma substância pode ser conhecido pelo ponto de fusão.	1	-	-
91	25. O estado físico de uma substância pode ser conhecido pelo ponto de ebulição.	1	-	-
91	26. Substâncias transformam-se do estado sólido para o líquido.	1	-	-
91	27. Substâncias transformam-se do estado líquido para o gasoso.	1	-	-
91 92	28. Substâncias podem ser gases.  - nitrogênio - metano	2	2	-
93 94 95 96 97 98 101 118	29. Substâncias têm massa, geralmente expressa em gramas.  - comparação das massas de mercúrio, água e ácido sulfúrico em volumes iguais - comparação das massas de ferro e alumínio em volumes iguais - comparação das massas de ouro, cobre e chumbo em volumes iguais - 27g de alumínio - 270g de alumínio	8	5	-
93 94 95 96 97 98 100	30. Substâncias ocupam volume, geralmente expresso em centímetro cúbico.  - volumes iguais de mercúrio, água e ácido - volumes iguais de ferro e alumínio - volumes iguais de ouro, cobre e chumbo - 10 cm <sup>3</sup> de ferro - 05 cm <sup>3</sup> de ferro	7	5	-
98 99 103 112	31. Substâncias têm densidade constante.  - mercúrio d = 13,6 g/cm <sup>3</sup> - ácido sulfúrico d = 1,84 g/cm <sup>3</sup>	6	16	-

I	II	III	IV	V
128 153	<ul style="list-style-type: none"> <li>- água <span style="float: right;">d = 1,00 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- ferro <span style="float: right;">d = 7,8 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- alumínio <span style="float: right;">d = 2,7 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- chumbo <span style="float: right;">d = 11,3 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- cobre <span style="float: right;">d = 8,9 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- ouro <span style="float: right;">d = 19,3 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- álcool metílico <span style="float: right;">d = 0,79 g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- álcool etílico <span style="float: right;">d = 0,789g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- acetona <span style="float: right;">d = 0,791g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- naftaleno <span style="float: right;">d = 1,145g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- sulfato de cobre II <span style="float: right;">d = 2,286g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- benzeno <span style="float: right;">d = 0,879g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- tolueno <span style="float: right;">d = 0,866g/cm<sup>3</sup></span></li> <li>- trinitrotolueno <span style="float: right;">d = 1,654g/cm<sup>3</sup></span></li> </ul>			
119	32. Substâncias podem ser dissolvidas.	1	-	-
119	33. Substâncias que são dissolvidas chamam-se solutos.  <ul style="list-style-type: none"> <li>- açúcar</li> <li>- sal</li> <li>- talco</li> <li>- enxofre</li> <li>- naftalina</li> <li>- sulfato de cobre II</li>   <li>* água</li> <li>* álcool</li> <li>* acetona</li> </ul>	1	6	3
119	34. Substâncias que dissolvem solutos chamam-se solventes.  <ul style="list-style-type: none"> <li>- água</li> <li>- álcool</li> <li>- acetona</li>   <li>* açúcar</li> <li>* sal</li> <li>* talco</li> <li>* enxofre</li> <li>* naftalina</li> <li>* sulfato de cobre II</li> </ul>	1	3	6
120	35. Uma substância não é igualmente dissolvida por vários solventes.  <ul style="list-style-type: none"> <li>- o álcool é infinitamente solúvel em água e é parcialmente solúvel em gasolina</li> </ul>	1	1	-

I	II	III	IV	V
121	<p><b>36.</b> Substâncias não se dissolvem igualmente em um mesmo solvente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sulfato de cobre II</li> <li>- nitrato de potássio</li> <li>- cloreto de sódio</li> </ul> <p style="margin-left: 150px;">} = muito solúveis em água</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bicarbonato de sódio</li> <li>- iodo</li> </ul> <p style="margin-left: 150px;">} = pouco solúveis em água</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- talco</li> <li>- enxofre</li> </ul> <p style="margin-left: 150px;">} = insolúveis em água</p>	1	3	-
126 128 153 158 161 164	<p><b>37.</b> Substâncias têm solubilidade constante.</p> <p style="text-align: center;"><u>SUBSTANCIA</u>                      <u>SOLUBILIDADE</u> 100g de água a 20°C</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sulfato de cobre..... 20,7 g</li> <li>- nitrato de potássio..... 31,6 g</li> <li>- enxofre..... 0,0 g</li> <li>- silicato de magnésio(talco) 0,0 g</li> <li>- bicarbonato de sódio..... 9,6 g</li> <li>- iodo..... 0,029g</li> <li>- cloreto de sódio..... 36,0 g</li> <li>- álcool etílico..... ∞</li> <li>- acetona..... ∞</li> <li>- ácido sulfúrico..... ∞</li> <li>- mercúrio..... 0,0 g</li> <li>- naftaleno..... 0,003g 25°C</li> <li>- ferro..... 0,0 g</li> <li>- alumínio..... 0,0 g</li> <li>- benzeno..... 0,07g 22°C</li> <li>- tolueno..... 0,0 g</li> <li>- trinitrotolueno..... 0,15g à quente</li> </ul>	6	17	-
135 136	<p><b>38.</b> Substâncias podem sofrer transformações.</p>	2	-	-
135 136	<p><b>39.</b> Substâncias se transformam em outras substâncias nas reações químicas.</p>	2	-	-
135	<p><b>40.</b> A comparação das propriedades físicas das substâncias, antes e depois da transformação, permite concluir se ocorreu ou não uma reação química.</p>	1	-	-

assim, não poderiam estar explicitamente associados com exemplos.

Portanto, dentre os 46 atributos de substância, somente 5 (proposições 21, 26, 27, 28 e 35), isto é, 11% do total, não são adequadamente associados com exemplos. Isto implica, portanto, que a grande maioria das generalizações relativas ao primeiro conceito-chave está adequadamente articulada com fatos.

Por sua vez, as proposições que expressam atributos associados com um número elevado de exemplos, à exceção da proposição 16, são aquelas que apresentam, também, as maiores frequências (vide proposições 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 19, 20, 22, 29, 30, 31 e 37).

Além destas proposições serem bem exemplificadas e bem enfatizadas no material, elas expressam, ainda, atributos fundamentais para a concepção de substância naquele nível de ensino.

Dentre as 46 proposições registradas na Tabela 5, seis correspondem a definições de conceitos. As proposições 1 e 2 definem propriedade física, enquanto que pontos de solidificação e de fusão são definidos na de número 18. O próprio conceito substância tem sua definição expressa pela proposição 19, e os conceitos soluto e solvente, pelas proposições 33 e 34.

Muito embora estes 6 conceitos sejam definidos operacionalmente, somente para os três últimos verificam-se

definições com vários exemplos e não-exemplos.

Especialmente no caso da definição de substância, 32 exemplos e 5 não-exemplos são associados à proposição 19. Todavia, a ausência de não-exemplos é total para os outros 3 conceitos definidos, muito embora vários exemplos tenham sido apresentados, a saber, 12 para propriedade física e 8 para pontos de fusão e de solidificação.

Assim, em termos do sétimo critério do referencial de análise, constata-se que somente 50% das definições incluídas no conjunto fundamental sobre substâncias são adequadamente associadas a exemplos e não-exemplos dos conceitos.

Afora esta inadequação, a análise dos dados da Tabela 5 indica que a totalidade das proposições nela registrada expressa noções macroscópicas sobre o conceito substância, cuja definição operacional é proposta de ser "descoberta" e formulada pelos alunos.

Como a proposição 19, outras oito (17, 18, 22, 23, 24, 25, 35 e 36), as quais expressam diferenciação de substâncias, e as discriminam de misturas (o segundo conceito-chave), são também propostas de serem "descobertas" e formuladas pelos alunos.

Após ter-se verificado que a única inadequação, proveniente da análise dos dados na Tabela 5, diz respeito à ausência de não-exemplos em 50% das definições de conceito, analisa-se, a seguir, os dados relativos à mistura, listados na Tabela 6.

Tabela 6

## Especificação de Atributos, Exemplos e Não-Exemplos Relativos ao Segundo Conceito-Chave: MISTURA

I	II	III	IV	V
12	<p><u>1.</u> Misturas são materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ferro e enxofre</li> <li>- sal e areia</li> <li>- água e açúcar</li> <li>- água e álcool</li> <li>- parafina</li> <li>- água e sal</li> <li>- água e areia</li> <li>- água e óleo</li> <li>- água e clorofórmio</li> <li>- sal e açúcar</li> <li>- água, sal e açúcar</li> <li>- granito</li> <li>- acetona e álcool</li> <li>- água mineral</li> <li>- ar atmosférico sem poeira</li> <li>- água e gasolina</li> <li>- ar atmosférico com poeira</li> <li>- areia e serragem</li> <li>- vinagre, óleo e sal</li> <li>- água e sulfato de cobre II</li> <li>- benzeno e água</li> <li>- naftaleno e água</li> <li>- ácido sulfúrico e água</li> <li>- mercúrio e água</li> <li>- água e terra</li> <li>- água e enxofre</li> <li>- água e pedrinhas</li> </ul> <p>* aquecimento do ferro  * aquecimento do enxofre  * aquecimento da mistura ferro e enxofre  * naftaleno</p>	1	27	4
12	<p><u>2.</u> Em uma mistura, os materiais conservam suas características individuais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ferro e enxofre</li> <li>- sal e areia</li> <li>- água e açúcar</li> <li>- água e álcool</li> <li>- parafina</li> <li>- água e sal</li> </ul>	1	27	4

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- água e areia</li> <li>- água e óleo</li> <li>- água e clorofórmio</li> <li>- sal e açúcar</li> <li>- água, sal e açúcar</li> <li>- granito</li> <li>- acetona e álcool</li> <li>- água mineral</li> <li>- ar atmosférico sem poeira</li> <li>- água e gasolina</li> <li>- ar atmosférico com poeira</li> <li>- areia e serragem</li> <li>- vinagre, óleo e sal</li> <li>- água e sulfato de cobre II</li> <li>- benzeno e água</li> <li>- naftaleno e água</li> <li>- ácido sulfúrico e água</li> <li>- mercúrio e água</li> <li>- água e terra</li> <li>- água e enxofre</li> <li>- água e pedrinhas</li>   <li>* aquecimento do ferro</li> <li>* aquecimento do enxofre</li> <li>* aquecimento da mistura ferro e enxofre</li> <li>* naftaleno</li> </ul>			
12	<p>3. Em uma mistura, não se formam novos materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ferro e enxofre</li> <li>- sal e areia</li> <li>- água e açúcar</li> <li>- água e álcool</li> <li>- parafina</li> <li>- água e sal</li> <li>- água e areia</li> <li>- água e óleo</li> <li>- água e clorofórmio</li> <li>- sal e açúcar</li> <li>- água, sal e açúcar</li> <li>- granito</li> <li>- acetona e álcool</li> <li>- água mineral</li> <li>- ar atmosférico sem poeira</li> <li>- água e gasolina</li> <li>- ar atmosférico com poeira</li> <li>- areia e serragem</li> <li>- vinagre, óleo e sal</li> <li>- água e sulfato de cobre II</li> <li>- benzeno e água</li> </ul>	1	27	4

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- naftaleno e água</li> <li>- ácido sulfúrico e água</li> <li>- mercúrio e água</li> <li>- água e terra</li> <li>- água e enxofre</li> <li>- água e pedrinhas</li>   <li>* aquecimento do ferro</li> <li>* aquecimento do enxofre</li> <li>* aquecimento da mistura ferro e enxofre</li> <li>* naftaleno</li> </ul>			
52 134	4. Misturas podem ser distinguidas de substâncias por propriedades denominadas propriedades físicas.	2	-	-
54 60 74 134	5. Misturas podem ser distinguidas de substâncias pelo ponto de fusão. <ul style="list-style-type: none"> <li>- parafina e naftalina</li> <li>- 5 gráficos representando fusões de substâncias e misturas.</li> </ul>	4	6	-
54 84 89 134	6. Misturas podem ser distinguidas de substâncias pelo ponto de ebulição. <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e água com sal</li> <li>- água do mar e água pura</li> <li>- 2 gráficos representando ebulições de substâncias e misturas.</li> </ul>	4	4	-
54 111 134	7. Misturas podem ser distinguidas de substâncias pela densidade.	3	-	-
54 134	8. Misturas podem ser distinguidas de substâncias pela solubilidade.	2	-	-
60 69	9. Misturas podem ser distinguidas de substâncias pelo ponto de solidificação.	2	-	-
62 71 143 145 147 148 153 158 161 164	10. Misturas são constituídas de substâncias. <ul style="list-style-type: none"> <li>- parafina</li> </ul>	10	1	-

I	II	III	IV	V
69 71	<p>11. Misturas não apresentam ponto de fusão constante.</p> <p>- 2 gráficos representando a fusão de duas misturas</p> <p>* 3 gráficos representando a fusão de três substâncias</p>	2	2	3
69 71	<p>12. Misturas não apresentam ponto de solidificação constante.</p>	2	-	-
71 143	<p>13. Mistura é um material impuro.</p>	2	-	-
72 73	<p>14. Mistura eutética é um tipo de mistura.</p> <p>- liga metálica de bismuto e cádmio</p> <p>- liga metálica de chumbo e arsênio</p>	2	2	-
72	<p>15. Mistura eutética apresenta temperatura constante durante a fusão.</p> <p>- liga metálica de bismuto e cádmio</p> <p>- liga metálica de chumbo e arsênio</p>	1	2	-
85 87	<p>16. Misturas não apresentam ponto de ebulição constante.</p> <p>- água com sal</p> <p>- água do mar</p> <p>- 1 gráfico representando a ebulição de uma mistura.</p> <p>* água</p> <p>* 5 gráficos representando a ebulição de substâncias.</p>	2	3	6
88	<p>17. Misturas podem ser líquidas.</p>	1	-	-
88 89	<p>18. Mistura azeotrópica é um tipo de mistura.</p> <p>- 96% de álcool etílico e 4% de água</p>	2	1	-
88	<p>19. Mistura azeotrópica apresenta temperatura constante durante a ebulição.</p>	1	-	-
107 108 112 130	<p>20. Misturas apresentam densidade(s) variável(eis) com a composição.</p> <p>- água e sal</p>	4	3	-



I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- naftaleno e água</li> <li>- mercúrio e água</li> <li>- água e pedrinhas</li> <li>- leite coalhado</li>   <li>* solução aquosa de cloreto de sódio</li> <li>* água e álcool</li> </ul>			
145 158	<p>29. Misturas podem ser separadas por filtração.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e terra</li> <li>- água e enxofre</li> <li>- álcool e enxofre</li> <li>- pó de giz e água</li>   <li>* água e açúcar</li> </ul>	2	4	1
145 164	<p>30. Misturas podem ser separadas por destilação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de cloreto de sódio</li> <li>- solução de sulfato de cobre II</li> <li>- solução de açúcar em álcool</li> </ul>	2	3	-
145 160	<p>31. Misturas podem ser separadas por recristalização.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sal grosso dissolvido em água</li> <li>- água e açúcar</li> </ul>	2	2	-
147	<p>32. Mistura homogênea é um tipo de mistura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução aquosa de cloreto de sódio</li> <li>- água e álcool</li> <li>- acetona e álcool</li> <li>- água mineral</li> <li>- ar atmosférico sem poeira</li> <li>- sal e açúcar</li> <li>- água e sal</li> <li>- água, sal e açúcar</li> <li>- solução aquosa de sulfato de cobre II</li>   <li>* água e areia</li> <li>* água e óleo</li> <li>* água e clorofórmio</li> <li>* água e gasolina</li> <li>* granito</li> <li>* ar atmosférico com poeira</li> <li>* areia e serragem</li> </ul>	1	9	7

I	II	III	IV	V
147 149	<p><b>33.</b> Mistura homogênea apresenta uma única fase.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução aquosa de cloreto de sódio</li> <li>- água e álcool</li> <li>- acetona e álcool</li> <li>- água mineral</li> <li>- ar atmosférico sem poeira</li> <li>- sal e açúcar</li> <li>- água e sal</li> <li>- água, sal e açúcar</li> <li>- solução aquosa de sulfato de cobre II</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* água e areia</li> <li>* água e óleo</li> <li>* água e clorofórmio</li> <li>* água e gasolina</li> <li>* granito</li> <li>* ar atmosférico com poeira</li> <li>* areia e serragem</li> </ul>	2	9	7
148	<p><b>34.</b> Mistura heterogênea é um tipo de mistura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e areia</li> <li>- água e óleo</li> <li>- água e clorofórmio</li> <li>- água e gasolina</li> <li>- granito</li> <li>- ar atmosférico com poeira</li> <li>- areia e serragem</li> <li>- vinagre, óleo e sal</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* solução aquosa de cloreto de sódio</li> <li>* água e álcool</li> <li>* acetona e álcool</li> <li>* água mineral</li> <li>* ar atmosférico sem poeira</li> </ul>	1	8	5
148 150	<p><b>35.</b> Mistura heterogênea apresenta mais de uma fase.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e areia</li> <li>- água e óleo</li> <li>- água e clorofórmio</li> <li>- água e gasolina</li> <li>- granito</li> <li>- ar atmosférico com poeira</li> <li>- areia e serragem</li> <li>- vinagre, óleo e sal</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* solução aquosa de cloreto de sódio</li> </ul>	2	8	5

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* água e álcool</li> <li>* acetona e álcool</li> <li>* água mineral</li> <li>* ar atmosférico sem poeira</li> </ul>			
152 159	<p><b>36.</b> Misturas heterogêneas podem ser separadas por decantação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e areia</li> <li>- água e óleo</li> <li>- água e clorofórmio</li> <li>- vinagre e óleo</li> <li>- gasolina e água</li> <li>- benzeno e água</li> <li>- naftaleno e água</li> <li>- mercúrio e água</li> <li>- água e pedrinhas</li> <li>- leite coalhado e soro</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* água e sulfato de cobre II</li> <li>* ácido sulfúrico e água</li> <li>* sal e ferro em limalhas</li> <li>* álcool e água</li> <li>* água e talco</li> <li>* leite e nata</li> </ul>	2	10	6
156 157 159	<p><b>37.</b> Misturas heterogêneas podem ser separadas por filtração.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e terra</li> <li>- água e enxofre</li> <li>- água e pedrinhas</li> <li>- água e talco</li> <li>- leite e nata</li> <li>- soro e leite coalhado</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* água e açúcar</li> <li>* sal e ferro em limalhas</li> <li>* álcool e água</li> <li>* vinagre e óleo</li> </ul>	3	6	4
162	<p><b>38.</b> Misturas homogêneas não podem ser separadas por filtração.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- água e sal</li> </ul>	1	1	-

I	II	III	IV	V
162	39. Misturas homogêneas não podem ser separadas por decantação.  - água e sal	1	1	-

Na Tabela 6, são registradas 39 proposições que expressam atributos de mistura, 179 exemplos e 58 não-exemplos a ela associados.

Dentre as 39, 17 proposições (44%) estão adequadamente associadas com exemplos. Tais proposições são as de número 1, 2, 3, 5, 6, 16, 20, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36 e 37.

No entanto, há que se considerar, também, que exemplos não poderiam estar explicitamente associados às proposições 4, 7, 8, 9, 12, 21, 24, 25 e 27, por serem elas sínteses de outras. Desta forma, dentre as 39 proposições, 13 delas, isto é, 33% do total, não estão adequadamente associadas com exemplos. Isto porque, para as proposições 11, 14, 15 e 31, só dois exemplos foram dados, enquanto que um único para as de números 10, 18, 38 e 39 e, nenhum, para as proposições 13, 17, 19, 22 e 23. Isto implica, portanto, que somente 66% das generalizações relativas ao segundo conceito-chave está adequadamente articulada com fatos.

Apesar disto, os atributos introdutórios ao estudo de mistura (proposições 1, 2 e 3), e aqueles que exprimem idéias fundamentais e subclasses do conceito (proposições 5, 6, 16, 20, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36 e 37), apresentam-se adequadamente exemplificados.

Em termos gerais, somente 5 daquelas 39 são bem

ênfatisadas no material. Isto é revelado pelas frequências das proposições 5, 6, 10, 20 e 28.

No total, 9 proposições registradas na Tabela 6 correspondem a definições de conceitos. São elas as de número 1, 4, 10, 13, 14, 18, 22, 32 e 34; e os 7 conceitos definidos são mistura, propriedade física, mistura eutética, mistura azeotrópica, liga metálica, mistura homogênea e mistura heterogênea.

Com exceção destes dois últimos (proposições 32 e 34) e do próprio conceito mistura (proposições 1, 10 e 13), os demais são definidos por proposições que não se relacionam com exemplos e não-exemplos.

Portanto, em termos do sétimo critério do referencial de análise, constata-se que somente 43% das definições de conceitos são adequadamente associadas a exemplos e não-exemplos dos conceitos.

Por outro lado, a análise dos dados registrados na Tabela 6 revela a adequação de que a totalidade das proposições relativas à mistura, expressa atributos macroscópicos deste conceito. E, neste aspecto, duas proposições - 1 e 13 - que o definem operacionalmente, são, ainda, propostas de serem "descobertas" e formuladas pelos alunos.

Da mesma maneira, outras 7 proposições (2, 3, 16, 20, 33, 35 e 36) não são apresentadas, mas sim, solicitadas pelo material. As duas primeiras apresentam relação direta com o subsunçor material. As duas seguintes expressam atributos de mistura que permitem diferenciá-la de substância. E, finalmente, as três últimas conceituam as duas principais subclasses de mistura.

A seguir, apresenta-se a Tabela 7, onde são registrados os dados relativos ao último conceito-chave: o conceito reação química.

Tabela 7

Especificação de Atributos, Exemplos e Não-Exemplos Relativos ao Terceiro Conceito-Chave: REAÇÃO QUÍMICA

I	II	III	IV	V
9 10 13 14 24 42 131	<p>1. Reação química é um tipo de transformação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- produção do fogo</li> <li>- aquecimento da mistura ferro e enxofre</li> <li>- amadurecimento de um fruto</li> <li>- digestão dos alimentos</li> <li>- enferrujamento de um portão</li> <li>- aquecimento de um sólido vermelho</li> <li>- comprimido de Sonrisal em água</li> <li>- obtenção de ácido acetilsalicílico</li> <li>- obtenção da acetona a partir do álcool etílico</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* aquecimento de enxofre</li> <li>* aquecimento de ferro</li> <li>* água líquida em gelo</li> <li>* gelo em água líquida</li> <li>* água líquida em vapor</li> <li>* ferro e enxofre</li> <li>* sal e areia</li> <li>* água e açúcar</li> <li>* água e álcool</li> <li>* mistura de tintas</li> <li>* garrafa de Coca-Cola sendo aberta</li> <li>* aquecimento de um sólido amarelo</li> <li>* vaporização</li> </ul>	7	9	13
14 15 35 38 41 131 132	<p>2. Em uma reação química formam-se novos materiais.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- produção do fogo</li> <li>- aquecimento da mistura ferro e enxofre</li> <li>- amadurecimento de um fruto</li> <li>- digestão dos alimentos</li> <li>- enferrujamento de um portão</li> <li>- aquecimento de um sólido vermelho</li> <li>- comprimido de Sonrisal em água</li> <li>- obtenção de ácido acetilsalicílico</li> <li>- obtenção de acetona a partir de álcool etílico</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* aquecimento de enxofre</li> </ul>	7	9	13

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* aquecimento de ferro</li> <li>* água líquida em gelo</li> <li>* gelo em água líquida</li> <li>* água líquida em vapor</li> <li>* ferro e enxofre</li> <li>* sal e areia</li> <li>* água e açúcar</li> <li>* água e álcool</li> <li>* mistura de tintas</li> <li>* garrafa de Coca-Cola sendo aberta</li> <li>* aquecimento de um sólido amarelo</li> <li>* vaporização</li> </ul>			
22	<p>3. Os componentes iniciais de uma reação química são chamados reagentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de sulfato de cobre II</li> <li>- solução de nitrato de chumbo</li> <li>- solução de hidróxido de sódio</li> <li>- solução de cloreto de ferro III</li> <li>- solução de ácido clorídrico</li> <li>- solução de tiosulfato de sódio</li> <li>- ferro em limalhas</li> <li>- magnésio em raspas</li> <li>- prego</li> <li>- sólido vermelho</li> <li>- álcool etílico</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* gás incolor e líquido prateado</li> <li>* acetona</li> </ul>	1	11	2
22 50 51	<p>4. Os componentes finais de uma reação química são chamados produtos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gás incolor e líquido prateado</li> <li>- ácido acetilsalicílico</li> <li>- acetona</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>* sólido vermelho</li> <li>* álcool etílico</li> </ul>	3	3	2
23	<p>5. A comparação dos estados inicial e final de um sistema fornece indicações sobre a ocorrência ou não de uma reação química.</p>	1	-	-
25 34 39	<p>6. Uma reação química pode ocorrer com mudança de cor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de nitrato de chumbo</li> </ul>	3	6	-

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de cloreto de ferro III</li> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de nitrato de chumbo</li> <li>- solução de ácido clorídrico e magnésio em raspas</li> <li>- solução de sulfato de cobre II e prego</li> <li>- aquecimento de sólido vermelho</li> </ul>			
26 34 37 39 41	<p>7. Uma reação química pode ocorrer com liberação de gás.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de ácido clorídrico e ferro em limalhas</li> <li>- solução de ácido clorídrico e magnésio em raspas</li> <li>- comprimido de Sonrisal em água</li> </ul>	5	3	-
28 34	<p>8. Uma reação química pode ocorrer com formação de precipitado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de nitrato de chumbo</li> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de cloreto de ferro III</li> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de tiosulfato de sódio</li> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de nitrato de chumbo</li> </ul>	2	4	-
29 34	<p>9. Uma reação química pode ocorrer com liberação de calor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de hidróxido de sódio</li> <li>- solução de ácido clorídrico e magnésio em raspas</li> </ul>	2	2	-
30 34	<p>10. Uma reação química pode ocorrer com mudança de odor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de tiosulfato de sódio</li> </ul>	2	1	-
31 33 39 45 132	<p>11. Uma reação química pode ser reconhecida através de evidências.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de nitrato de chumbo</li> </ul>	5	10	-

I	II	III	IV	V
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de hidróxido de sódio</li> <li>- solução de sulfato de cobre II e solução de cloreto de ferro III</li> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de hidróxido de sódio</li> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de tiosulfato de sódio</li> <li>- solução de ácido clorídrico e solução de nitrato de chumbo</li> <li>- solução de ácido clorídrico e ferro em limalhas</li> <li>- solução de ácido clorídrico e magnésio em raspas</li> <li>- solução de sulfato de cobre II e prego</li> <li>- sólido vermelho</li> </ul>			
32 45	<u>12.</u> Uma evidência de reação química pode ser reconhecida através de diferenças entre os estados inicial e final do sistema.	2	-	-
36 48 48 132	<u>13.</u> Uma evidência é uma indicação de ocorrência de reação química.	4	-	-
37	<u>14.</u> Uma reação química pode apresentar dois ou mais tipos de evidências ao mesmo tempo. <ul style="list-style-type: none"> <li>- solução de ácido clorídrico e magnésio em raspas: liberação de gás, calor e mudança de cor</li> <li>- aquecimento de um sólido vermelho: liberação de gás e mudança de cor</li> </ul>	1	2	-
43 46	<u>15.</u> Uma reação química pode ocorrer sem qualquer evidência aparente.	2	-	-
44	<u>16.</u> Em uma reação química há sempre mudanças no estado do sistema.	1	-	-
50	<u>17.</u> A observação de evidências não permite caracterizar os produtos de uma reação química.	1	-	-
133 135 140	<u>18.</u> A comparação das propriedades físicas das substâncias, antes e depois da transformação, permite concluir sobre a ocorrência de uma reação química.	3	-	-

I	II	III	IV	V
136	19. Numa reação química, as substâncias iniciais se transformam em outras substâncias.	1	-	-
138	20. Os produtos de uma reação química podem ser reconhecidos através de suas propriedades físicas.	1	-	-
140	21. Em uma reação química, os produtos são substâncias diferentes dos reagentes.	1	-	-
140	22. Em uma reação química, as propriedades físicas dos produtos são diferentes das dos reagentes.  - obtenção da acetona (P.E.=56,20C) a partir do álcool etílico (P.E.=78,40C)	1	1	-

Na tabela 7, são registradas 22 proposições que expressam atributos de reação química, 61 exemplos e 30 não-exemplos.

Dentre as 22, 8 proposições (36%) estão adequadamente associadas com exemplos. Tais proposições são as de número 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 e 11.

No entanto, o fato de exemplos não estarem relacionados com 14 atributos, não revela, necessariamente, uma inadequação da organização de conteúdo. Neste caso, porque 11 deles, expressos pelas proposições 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21, são sínteses de outras e, por assim serem, não poderiam estar explicitamente articulados com exemplos.

Desta forma, dentre os 22 atributos de reação química, somente 3 (proposições 9, 10 e 22), correspondendo a 14% do total, não são adequadamente associados com exemplos. Isto

implica, portanto, que a grande maioria das generalizações relativas ao terceiro conceito-chave está adequadamente articulada com fatos.

Por sua vez, as proposições que expressam atributos associados com um número elevado de exemplos são aquelas que apresentam, também, as maiores frequências (vide proposições 1, 2, 6, 7 e 11). Apesar da proposição 3 ter sido identificada apenas uma vez no Anexo I, a ela foram associados 11 exemplos.

Das 22 proposições registradas na Tabela 7, somente as de número 1, 3 e 4, correspondem a definições de conceitos. A primeira define o próprio conceito-chave como uma subclasse do subsunçor transformação, para a qual são adequadamente associados 9 exemplos e 13 não-exemplos. Todavia, às seguintes, que respectivamente definem reagente e produto, se associam 11 e 3 exemplos, porém, somente 2 não-exemplos.

Portanto, concernente ao sétimo critério do referencial de análise do parâmetro de significação, somente 33% das definições conceituais identificadas nas proposições relativas ao terceiro conceito-chave mostram-se adequadamente associadas a exemplos e não-exemplos.

Todavia, apesar desta inadequação, a análise dos dados da tabela 7 revela que a totalidade das proposições nela registrada expressa noções sobre o conceito reação química, cuja definição operacional é proposta de ser "descoberta" e formulada pelos alunos.

Assim como as proposições 1 e 2, outras quatro (12, 13,

14 e 15) que versam sobre a sua ocorrência, são também, propostas de serem "descobertas" e formuladas pelos alunos.

Decorrente da análise mais específica das proposições que são incluídas na representação da organização de conteúdo do PROQUIM, pode-se concluir que ela, em termos dos quatro últimos critérios que compõem o referencial de análise do parâmetro de significação, apresenta as seguintes características: i) enfatiza exclusivamente noções macroscópicas; ii) enfatiza exclusivamente definições operacionais de conceitos; iii) apresenta a grande maioria das generalizações, adequadamente relacionada com fatores, sendo tal característica mais marcante para aquelas relativas à substância e reação química do que para mistura; iv) apresenta definições operacionais de conceitos que, na sua totalidade, não são adequadamente associadas com exemplos e não-exemplos.

Em vista do exposto, a análise destes resultados indica que a organização de conteúdo no PROQUIM preenche o sexto, o oitavo e o nono critérios do referencial de análise, mas não preenche adequadamente o sétimo.

Contudo, para julgar se ela pode ou não promover a ocorrência de aprendizagem significativa, tem-se que considerar suas outras características, em termos dos demais critérios que compõem o referencial de análise do referido parâmetro.

Tais considerações são, então, apresentadas no próximo item.

### 3.1.3 Conclusões Finais Sobre o Parâmetro de Significação no PROQUIM

Conforme justificado no item 1.1.6 deste trabalho, o referencial de análise do parâmetro de significação inclui nove características, que devem ser evidenciadas em uma organização de conteúdo para facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

A primeira delas diz respeito à presença de tema(s) central(is) que, no caso do PROQUIM, foi revelada pela identificação dos três conceitos-chave - substância, mistura e reação química - através dos quais o conteúdo, naquele material, se organiza.

A presença da segunda e terceira características no PROQUIM, foi evidenciada nas Figuras 4 e 5, onde se visualiza que a organização de conteúdo daquele material é hierárquica. Isto porque, dentre as 113 relações conceituais que a compõem, 89 e 24 promovem, respectivamente, diferenciações progressivas e reconciliações integrativas dos conceitos-chave, imprimindo assim sucessivos movimentos de "descer-e-subir", àquela organização.

Por sua vez, a presença do Texto 1, "A Química é Velha?", e da Atividade 1, "Observando Transformações", no Anexo I, evidenciou que a quarta característica do referencial se aplica à organização de conteúdo do PROQUIM, já que eles são os seus organizadores prévios.

Além disso, neles são abordados os subsunçores

transformação e material, evidenciando, portanto, a presença da quinta característica do referencial de análise na organização.

Na medida em que 89%, 66% e 86% das generalizações, respectivamente relativas à substância, mistura e reação química, mostraram ser adequadamente articuladas com fatos, evidencia-se, então, a presença da sexta característica na organização de conteúdo do PROQUIM.

Todavia, no tocante à sétima característica, verificou-se que ela não é adequada à organização. Isto porque, dentre as proposições relativas à substância, mistura e reação química, somente 50%, 43% e 33% das que expressam definições, apresentam-se devidamente relacionadas à exemplos e não-exemplos.

Apesar disto, todas as proposições, onde conceitos são definidos, correspondem a definições operacionais, evidenciando que a organização de conteúdo do PROQUIM apresenta a oitava característica do referencial.

Desde que a totalidade das proposições incluídas na Figura 4 expressam noções macroscópicas de conceitos, aquela representação da organização do PROQUIM evidencia a presença da nona característica do referencial.

Uma vez que, a sua organização de conteúdo manifesta adequadamente a presença de oito das nove características que compõem o referencial de análise do parâmetro de significação,

conclui-se, então, que ela pode facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Vale realçar que, se mais exemplos, e principalmente mais não-exemplos, forem incluídos em uma próxima edição do PROQUIM, a sua potencialidade para facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa deverá ser aumentada.

Justifica-se tal sugestão, porque constatou-se que inúmeras proposições registradas nas Tabelas 5, 6, e 7, deveriam estar relacionadas com mais exemplos e, principalmente, associadas com mais não-exemplos.

Assim, tanto a exemplificação como a discriminação de idéias será mais enfatizada, conferindo uma maior potencialidade ao material.

Partindo-se de tal sugestão, e tendo-se constatada a potencialidade do PROQUIM para facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, verifica-se, a seguir, se ela pode, também, favorecer o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

### 3.2 Resultados e Conclusões Relativos ao Parâmetro de Investigação no PROQUIM

Diante do exposto no item 2.2, sobre o parâmetro de investigação, foram analisadas as atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM, para verificar se elas podem favorecer o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos.

Para tal, leu-se o Anexo I para concomitantemente identificar e analisar todas as atividades de aprendizagem nele propostas.

Dessa forma, à medida em que se identificava uma atividade, esta era analisada para verificar quais e quantas habilidades de investigação do referencial de análise são por ela solicitadas (vide Tabela 1).

Desde que inúmeros procedimentos são incluídos nos vários guias experimentais propostos no PROQUIM, optou-se por registrá-los em uma tabela à parte (Tabela 8), indicando-se para cada um, as correspondentes habilidades a e/ou b do referencial de análise (vide Tabela 1). Isto se fez para evitar que a Tabela 9, onde são registrados os dados de todos os outros tipos de atividades, não se tornasse extremamente longa.

Assim, na Tabela 8, registra-se os dados das inúmeras atividades ligadas à execução das experiências, indicando-se quantas vezes as habilidades de *observar, medir e registrar precisa e sistematicamente*, bem como de *seguir instruções corretamente*, foram por elas solicitadas.

Para uma melhor especificação destes dados, inclui-se na referida tabela, o número de atividades deste tipo que são propostas em cada guia experimental.

Tabela 8

**Especificação das Habilidades de Investigação solicitadas pelas Atividades Relativas à Procedimentos Experimentais no PROQUIM**

Guia Experimental (Nº de Atividades)	Habilidade	
	(a) observar, medir e registrar precisa e sistematicamente	(b) seguir instruções precisamente para a execução segura do experimento
1 (16)	13	15
2 (32)	21	32
3 (22)	8	22
4 (14)	4	14
5 (5)	5	5
6 (25)	22	25
7 (14)	5	10
8 (12)	3	9
9 (6)	1	5
10 (8)	3	8
<b>TOTAIS (154)</b>	<b>91</b>	<b>142</b>

Os dados registrados na Tabela 8 indicam que para a realização das 10 experiências no PROQUIM, são propostas 154 atividades, as quais solicitam por 142 e 91 vezes, que os alunos sigam instruções precisamente e, observem, meçam e registrem dados.

Tais resultados evidenciam ênfase na solicitação de habilidades que são imprescindíveis quando se visa um ensino de caráter experimental. E, neste sentido, se coadunam com o segundo objetivo educacional do PROQUIM, que pretende propiciar o

desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos, através da realização de experiências, para coleta, organização e análise de dados experimentais.

Além das atividades ligadas à execução das experiências, outros três tipos foram identificados em todos os 10 guias experimentais propostos no PROQUIM.

O primeiro compreende atividades relativas à análise de dados experimentais, as quais são registradas como GA na Tabela 9.

O segundo tipo de atividade diz respeito à elaboração de conclusões e/ou generalizações, as quais são registradas como GC na tabela acima referida.

Por sua vez, o terceiro tipo de atividade diz respeito à resolução de exercícios e problemas, as quais são registradas como GE na mesma tabela.

Além destes tipos, outras atividades de aprendizagem, incluídas em textos e atividades que compõem o Anexo I, são respectivamente indicadas na Tabela 9 como T e A.

Para melhor registrar a identificação de cada atividade de aprendizagem proposta no Anexo I, indica-se, respectivamente nos sub-itens I, II e III da coluna localização na Tabela 9, a página do anexo onde se encontra a atividade; o seu tipo e, o número a ela atribuído pelo material.

Antes de apresentá-la, deve-se lembrar que, em termos do parâmetro de investigação, somente se faz referência aos dados registrados nas três primeiras colunas da Tabela 9, já que as demais serão analisadas no próximo item deste trabalho, onde também será explicitado o significado de se inscrever certas atividades de aprendizagem entre parêntesis ou entre colchetes.

Tabela 9

Especificação das Habilidades de Investigação e dos Atributos dos Conceitos-Chave solicitados pelas Atividades de Aprendizagem Propostas no PROQUIM

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
[1]	6	T	1	e	-	-
[2]	6	T	2	e	-	-
[3]	6	T	3	k	-	-
[4]	7	A	-	k	-	-
5	10	GA	1a	c,d	(RQ)	-
6	11	GA	1b	c,d	(RQ)	-
7	11	GA	1c	c,d	(RQ)	-
(8)	11	GA	2	g	(RQ)	-
[(9)]	11	GA	3	g,n	(RQ)	-
10	11	GA	4a	c,d	(RQ)	-
11	11	GA	4b	c,d	(RQ)	-
12	11	GA	4c	c,d	(RQ)	-
(13)	11	GA	5	g	(RQ)	-
[(14)]	12	GA	6	g,n	(RQ)	-
(15)	12	GA	7	c,d	MT	1
[(16)]	12	GA	8	g	MT	1
(17)	12	GA	9	c,d	MT	1
[(18)]	12	GA	10	g	(RQ)	-
(19)	12	GA	11	g	MT	1
(20)	12	GA	12	g	MT	1
[(21)]	13	GC	1	g,f	-	-

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
(22)	13	GC	2	g,f	MT	1,2,3
[(23)]	13	GC	3	g,f	RQ	1,2
24	18	GA	1	d,f	RQ	6
(25)	18	GA	2	g,k	MT/RQ	1,2,3/1,2
26	18	GA	3	d,f	RQ	7
(27)	18	GA	4	g,k	RQ	1,2
28	18	GA	5	d,f	RQ	8
29	19	GA	6	d,f	RQ	9
30	19	GA	7	d,f	RQ	10
31	19	GC	1	g,l	RQ	5
32	19	GC	2	g,f	RQ	6,7,8,9,10,11
33	19	GC	3	g,m	RQ	2,13
34	20	GC	4	n	RQ	14
(35)	20	GE	1a	e,l	(RQ)	-
36	20	GE	1b	e,l	(RQ)	-
37	20	GE	1c	e,l	(RQ)	-
38	20	GE	1d	g,m	RQ	2,5
39	20	GE	1e	e	RQ	6,7,11
40	21	GE	1f	e,m	RQ	3,4
41	21	GE	2	m,n	RQ	2
42	21	GE	3	n,k	RQ	2,7,11
43	21	GE	4	d	RQ	3
[44]	22	GE	5	m	MT/RQ	1,2,3/1,2
45	22	GE	-	n	RQ	15
46	30	GA	1	d	(SB/MT)	-

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
(47)	31	GA	2	d	(SB/MT)	-
(48)	31	GA	3	d	(SB/MT)	-
49	31	GA	4	d,f	(SB)	-
50	31	GA	5	d,f	(MT)	-
51	31	GA	6	d,f	(SB)	-
52	31	GA	7	d,f	(MT)	-
(53)	31	GA	8	d,f	(SB/MT)	-
(54)	32	GC	1	g	(SB)	-
55	32	GC	2	g	(SB)	-
56	33	GC	3	d,g	SB	3,14
57	33	GC	4	d,g	SB	3,17
58	33	GC	5	d,g	SB	18
59	33	GC	6	d,g	SB/MT	7,14/5,11
60	34	GC	7	g	SB	14,15,19
61	34	GC	8	g	MT	1,10,11,12,13
62	34	GE	1	m	SB/RQ	3,7/2
63	35	GE	2a	d,m	MT	11
64	35	GE	2b	d,m	SB	14
65	35	GE	2c	d,m	SB	14,17
(66)	35	GE	2d	d,m	-	-
67	36	GE	2e	d,m	SB	18
68	36	GE	1	m	SB	14
69	36	GE	2	m	SB	14
70	37	GE	3	g,m	SB	3
71	40	GA	1	d	(SB/MT)	-

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
72	40	GA	2	d	(SB/MT)	-
73	40	GA	3	d	(SB)	-
74	41	GA	4	d,f	(SB)	-
75	41	GA	5	d,f	(MT)	-
76	41	GA	6	d,f	(SB/MT)	-
77	41	GC	1	d,g	SB	4
78	42	GC	2	m	SB	23
79	42	GC	3	d,g	SB/MT	8/6
80	42	GC	4	g	SB	14,15,19,22
81	42	GC	5	g	MT	1,11,12,16
82	42	GE	1	m	SB	4,8,22,23
83	43	GE	2	m	SB/MT	4,8,22/6,16
84	43	GE	3	d,m	SB	4,8,22,23
85	43	GE	1	m	SB	14,22,24,25,26,27
86	44	GE	2	m	SB	11,14,22,20,28
87	44	GE	3	m	SB	22
88	47	GAC	1	a	SB	29,30
89	47	GAC	2	a	SB	29,30
90	47	GAC	3	a	SB	29,30
91	48	GAC	4	a	SB	29,30
92	49	GAC	5	d,m	SB	5,31
93	49	GAC	6	d,m	SB	29,30,31
94	49	GAC	7	d,m	SB	5,20,30,31
95	49	GAC	8	g,m	SB	31
96	49	GAC	9	g,m	SB	31

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
97	49	GAC	10	g	SB	5,31
98	50	GAC	1	a	-	-
99	51	GAC	2	a	(MT)	-
100	51	GAC	3	a	(MT)	-
101	51	GAC	4	g	(MT)	-
102	51	GAC	5	g	MT	20
103	52	GAC	6	d,m	SB/MT	31/20
104	57	GA	1a	d,g	SB	32,33
105	57	GA	1b	d,g	SB	32,33
106	57	GA	1c	d,g	SB	34
107	57	GA	1d	d,g	SB	34
108	58	GA	2	d,m	(SB)	-
109	58	GA	3	d,f	(SB)	-
110	58	GA	4a	d	(SB)	-
111	58	GA	4b	f	(SB)	-
112	59	GA	5	d,f	(SB/MT)	-
113	59	GC	1	g	SB	35
114	59	GC	2	g	SB	36
115	59	GC	1	d,g	(SB)	-
116	60	GC	2	d,g	(SB)	-
117	60	GC	3	g,m	(SB)	-
118	60	GC	4	g,m	(SB)	-
119	60	GC	5	g,m	(SB)	-
120	60	GC	6	g	SB	14,15,19,22,31,37
121	62	GE	1	m	(SB)	-

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
122	63	GE	1	k,m	(SB)	-
123	63	GE	2	l	(SB)	-
124	63	GE	3	m	(SB)	-
125	67	T	1a	g	RQ	2,22
126	67	T	1b	e	SB	22
127	67	T	2	e,g	SB	22
128	67	T	3	e,g	SB	31
129	71	GA	1	f	(MT)	-
130	72	GA	2	c	(MT)	-
131	72	GA	3	l	MT	32
132	72	GA	4	l	MT	34
133	72	GA	5	l	MT	33,35
134	73	GC	1	-	MT	28
135	73	GC	2	-	MT	36
136	73	GC	3	g	(SB/MT)	-
137	74	GE	1	m	(MT)	-
138	74	GE	2	m	(MT)	-
139	74	GE	3	e,m	(MT)	-
140	77	GA	1	f	(MT)	-
141	77	GA	2	g	(MT)	-
142	77	GA	3	g	(MT)	-
143	77	GC	1	g	MT	37
144	77	GC	2	m	(SB)	-
145	77	GC	3	e,m	MT	36,37
146	78	GE	1	m	(MT)	-

Atividade de Aprendizagem	Localização			Habilidades de Investigação Solicitadas	Conceitos-Chave Envolvidos	Atributos dos Conceitos-Chave Solicitados
	I	II	III			
147	78	GE	2	k	(MT)	-
148	82	GA	1	g	(MT)	-
149	82	GA	2	m	(MT/SB)	-
150	82	GC	1	m	(SB)	-
151	82	GE	1	m	(MT)	-
152	82	GE	2	m	(MT)	-
153	85	GA	1	g	(MT)	-
154	85	GA	2	a	(SB)	-
155	85	GA	3	g	SB	22
156	85	GA	4	g	(SB)	-
157	85	GC	1	m	(SB)	-
158	85	GE	1	m	(MT)	-
159	86	GE	2	m	(SB)	-

Os dados da Tabela 9 registram que das 159 atividades de aprendizagem identificadas no PROQUIM, 60 (38%) são relativas à análise de dados experimentais (GA), 39 (25%) à resolução de exercícios nos guias experimentais (GE) e 36 (23%) à elaboração de conclusões (GC). Além destas, 7 (4%) relativas à resolução de exercícios e questões foram identificadas em textos (T) e uma (1%) em atividades (A), enquanto outras 16 (10%), em guias experimentais, envolvendo análise de dados e elaboração de conclusões simultaneamente (GAC).

De acordo com os dados da Tabela 9, 231 habilidades de investigação foram solicitadas, no total, por aquelas 159

atividades de aprendizagem.

De acordo com o referencial de análise adotado (vide Tabela 1), do total de habilidades, 59 (26%) envolvem elaboração de conclusões a partir de dados experimentais e/ou outras informações - g -; 54 (23%) dizem respeito à interpretação de dados experimentais - d -; 47 (20%) são relativas à resolução de problemas, através da aplicação de idéias e métodos científicos - m -. Estes resultados demonstram que tais habilidades são as mais enfatizadas pelo material.

Números bem menos significativos em termos de habilidades solicitadas estão assim registrados: 22 para formulação de hipóteses; 17 em termos de comunicação de observações e argumentos lógicos; 12 relativos à extração de dados relevantes; 8 relativos a explicações científicas; 7 para explicação de fatos familiares e 6 relativos à tomada de decisões. São as habilidades f, c, e, l, k, n, as quais constam da Tabela 1 deste trabalho.

A associação destes resultados com aqueles obtidos da Tabela 8, demonstra que 11 (69%) das 16 habilidades que constam do referencial de análise, foram solicitadas pelas 313 atividades de aprendizagem, propostas no PROQUIM.

Neste sentido, lastima-se a ausência, de atividades que solicitem dos alunos habilidades para explicar variabilidade de medidas experimentais (h), para planejar testes experimentais (i, j), para reconhecer limitações do estudo e da prática da ciência (o), e para avaliar as suas implicações sociais, econômicas e ambientais (p).

A ausência principalmente dessas duas últimas habilidades remete a discussão dos resultados à Introdução

deste trabalho. Isto porque esta constatação permite caracterizar o PROQUIM como um material instrucional, elaborado parcialmente segundo as tendências vigentes para o ensino de química, porém, sem a preocupação com o cotidiano do aluno.

No entanto, deve-se considerar que os objetivos do PROQUIM situam o desenvolvimento de habilidades de investigação nos alunos à realização de experiências, à interpretação de dados experimentais levando à elaboração de conclusões e/ou generalizações, bem como, à aplicação destas na resolução de problemas (vide item 2.1 da Introdução).

Portanto, vale lembrar que nas 313 atividades de aprendizagem propostas, as habilidades a e b foram solicitadas 233 vezes; a d 54; a g 59 e, a m 47 vezes.

Isto implica que das 464 habilidades de investigação (233 listadas na Tabela 8 e 231 na Tabela 9) solicitadas pelas atividades de aprendizagem, 393, isto é, 85% do total, são relativas exclusivamente à realização de experiências, à interpretação de dados experimentais levando à elaboração de conclusões, bem como, à aplicação destas na resolução de problemas.

Tal resultado evidencia a coerência do material em termos dos seus objetivos, permitindo concluir que o PROQUIM favorece, pois enfatiza, o desenvolvimento das habilidades de investigação acima indicadas.

A seguir, ao se analisar o relacionamento entre os parâmetros de significação e de investigação no PROQUIM, verifica-se como tais habilidades se articulam com o conteúdo abordado.

### 3.3. Resultados e Conclusões Relativos ao Relacionamento entre os Parâmetros de Significação e de Investigação no PROQUIM

Conforme mencionado no item 1.3 deste trabalho, a análise do relacionamento entre os parâmetros de significação e de investigação no PROQUIM, justifica-se pela importância de verificar-se equilíbrio no binômio "conteúdo-processo".

Para tal, utilizou-se o referencial de análise discutido no item 1.3.4, que integra habilidades de investigação e atributos dos conceitos-chave do material.

Assim, analisou-se as atividades de aprendizagem no PROQUIM, com o objetivo de verificar se elas solicitam tanto habilidades de investigação como aplicação dos atributos dos conceitos-chave para a sua realização.

Nesta perspectiva, centrou-se atenção na Tabela 9 deste trabalho, já que a anterior apresenta dados relativos somente a procedimentos experimentais, não solicitando, portanto, a aplicação dos atributos dos conceitos-chave para a sua execução.

Os dados registrados em tal tabela são aqui analisados em três níveis. No primeiro, verifica-se que as 159 atividades de aprendizagem, nela listadas, são concernentes aos conceitos-chave. No segundo, procura-se identificar quais e quantos atributos daquele conceito são por elas solicitados e, no terceiro, analisa-se o relacionamento destes atributos com as habilidades de investigação.

No primeiro nível de análise torna-se necessário verificar se, naquelas atividades que não solicitam atributos dos conceitos-chave, exemplos e/ou não-exemplos dos mesmos estão envolvidos. Em caso positivo, indica-se esta presença

registrando-se a sigla do conceito-chave entre parêntesis na quarta coluna da Tabela 9.

Por sua vez, quando atributos dos conceitos-chave são solicitados, a sigla do conceito correspondente é registrada sem parêntesis, enquanto a especificação dos atributos é registrada na quinta coluna daquela tabela, através dos seus respectivos números nas Tabelas 5, 6 e 7.

Para completar as explicações relativas à Tabela 9, deve-se mencionar que o número da atividade, entre colchetes, indica ser ela relativa ao subsunçor transformação, enquanto que, entre parêntesis, ao subsunçor material.

Em termos do primeiro nível de análise, a consulta aos dados registrados na primeira e quarta colunas da Tabela 9, indica que das 159 atividades de aprendizagem, 150, isto é, 94% delas, são concernentes aos conceitos-chave. Isto porque somente as atividades 1, 2, 3, 4, 21, 35, 54, 66 e 98 não solicitam atributos e nem envolvem exemplos e/ou não-exemplos dos mesmos.

Todavia, deve-se mencionar, ainda, que destas 9 atividades, aparentemente "estranhas", 4 (1, 2, 3 e 4) dizem respeito ao conceito transformação, 3 (35, 54 e 66), a material e, a de número 21, a ambos.

Na medida em que tais atividades são relativas aos subsunçores, elas devem ser acopladas às demais, para com isto evidenciar-se a coerência do material na proposição de suas atividades de aprendizagem.

Diante disso, os resultados indicam que, dentre as 159 atividades de aprendizagem propostas no PROQUIM, 158, isto é, 99% delas, são concernentes aos cinco conceitos fundamentais nele

abordados.

Em termos específicos, a coerência também se evidencia, pois a hierarquia dos conceitos-chave se manifesta nas atividades de aprendizagem. Isto porque nas 150 que lhes dizem respeito, o conceito substância é incluído 79 vezes, mistura 54 e reação química 36.

Já no segundo nível de análise, a consulta aos dados registrados na Tabela 9 indica que atributos dos conceitos-chave foram solicitados por 82 atividades de aprendizagem. Especificamente, pelos seguintes tipos e números de atividades: 20 GA, 24 GC, 22 GE, 12 GAC e 4 T.

Deve-se considerar que em 40 das 60 atividades GA, atributos dos conceitos-chave não podem ser solicitados, pois, nelas, só seus exemplos e/ou não-exemplos estão envolvidos. Portanto, no total de 159 atividades, atributos dos conceitos-chave poderiam ser solicitados em 119 delas.

Outra consideração a ser feita diz respeito às atividades que solicitam exclusivamente atributos dos subsunçores. São elas: 1, 2, 3, 4, 21, 35, 54 e 66.

Desta forma, outras 8 devem ser subtraídas das 119 anteriormente citadas, para que, agora, nas 111 atividades de aprendizagem, se verifique em quantas delas, atributos dos conceitos-chave são solicitados.

Os dados acima permitem evidenciar que a grande maioria das atividades de aprendizagem o fazem, já que 82 dentre as 111, isto é, 74% delas, a ele são relativas.

Após tal constatação, resta investigar quais e quantos atributos daqueles conceitos são por elas solicitados.

Com relação ao primeiro conceito-chave (substância), dos seus 46 atributos, 28, isto é, 61% deles, são solicitados por atividades de aprendizagem. Tais atributos são: 3, 4, 5, 7, 8, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22 e 23 a 37 (vide Tabela 5).

Com relação ao segundo conceito-chave (mistura), dos seus 39 atributos, 18, isto é, 46% deles, são por elas solicitados. São eles: 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 16, 20, 28 e 32 a 37 (vide Tabela 6).

Com relação ao último conceito-chave (reação química), dos seus 22 atributos, 15, isto é, 68% deles, são solicitados pelas atividades de aprendizagem. Tais atributos são correspondentes aos números: 1 a 11, 13 a 15 e 22 (vide Tabela 7).

Muito embora estes percentuais não se aproximem do ideal (100%), há que se considerar dois fatos :

- 1º) devido à própria natureza investigativa dos guias experimentais no PROQUIM, muitas das atividades de aprendizagem - GA, GC e GAC - são propostas para a "descoberta" dos 9 atributos de substância (17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 35, 36), de outros 9 de mistura (1, 2, 3, 13, 16, 20, 33, 35, 36), e dos 5 de reação química (2, 12, 13, 14, 15). Assim, os demais atributos destes conceitos apresentados no material só poderiam ser solicitados por 39 atividades GE e 3 T (125 a 128), isto é, em 26% das atividades de aprendizagem (42/159).
- 2º) No entanto, dentre elas, 13 GE (38, 41, 42, 44, 45, 62, 65, 82, 83, 84, 85, 86, 87) e 2 T (125, 126) solicitam a aplicação dos atributos "descobertos". Portanto, restam

somente 26 GE e 1 T, cujos números são evidentemente insuficientes para que, além dos outros 36 que solicitam, envolvessem também os demais 48 atributos.

Na medida em que estes 48 atributos deveriam ser solicitados por atividades GE, isto leva à sugestão de que, em uma próxima edição do PROQUIM, sejam incluídos mais exercícios, para que assim todos os atributos dos conceitos-chave possam ser aplicados na sua resolução.

Com relação ao terceiro e último nível de análise, a consulta aos dados da Tabela 9 indica que:

- i) atributos dos conceitos-chave e habilidades de investigação são concomitantemente solicitados em 82 atividades de aprendizagem. Tais atividades correspondem aos números: 15 a 17, 19, 20, 22 a 34, 38 a 45, 56 a 65, 67 a 70, 77 a 97, 102 a 107, 113 e 114, 120, 125 a 128, 131 a 135, 143, 145 e 155.
- ii) nestas, 61 dos 107 atributos dos conceitos-chave, isto é, 57% do total, são solicitados.
- iii) dentre os 37 atributos mais enfatizados no material, 28 deles, isto é, 76% estão entre os solicitados. Tais atributos são: 3, 4, 5, 7, 8, 11, 14, 15, 19, 20, 22, 29, 30, 31 e 37 na Tabela 5; 5, 6, 10, 20, 28 e 37 na Tabela 6; 1, 2, 4, 6, 7, 11 e 13 na Tabela 7.
- iv) nas 82 atividades de aprendizagem foram solicitadas 133 habilidades de investigação do referencial de análise, cuja natureza e frequência são as seguintes:
  - 41 g - tirar conclusões de, e avaliar criticamente, observações experimentais e outros dados;

- 31 m - aplicar idéias e métodos científicos para resolver problemas qualitativos e quantitativos;
- 30 d - traduzir informações de uma forma para outra;
- 7 f - usar dados experimentais, reconhecer padrões nestes dados, formular hipóteses e deduzir relações;
- 6 c - comunicar observações, idéias e argumentos científicos, logicamente, concisamente e de várias formas;
- 6 e - extrair, de informações disponíveis, dados relevantes para um contexto particular;
- 4 k - explicar fatos familiares, observações e fenômenos em termos de leis, teorias e modelos científicos;
- 4 l - sugerir explicações científicas para fatos, observações e fenômenos não familiares;
- 4 n - tomar decisões baseadas na investigação de evidências e argumentos.

Estas considerações evidenciam que se por um lado as atividades de aprendizagem no PROQUIM enfatizam algumas habilidades de investigação, e não todas do referencial de análise, elas também solicitam alguns atributos dos conceitos-chave, e não todos.

E ainda, se por um lado, as habilidades de investigação mais enfatizadas dizem respeito à elaboração de conclusões, a partir de observações experimentais, e aplicação delas na resolução de problemas, por outro, no nível dos atributos mais enfatizados, estes correspondem aos fundamentais, dentre os quais se incluem todos aqueles que devem ser "descobertos" pelos alunos.

Portanto, é esta articulação de ênfases (em certas habilidades de investigação, e em certos atributos dos conceitos-chave) que revela a equilibrção entre conteúdos e processos, evidenciando assim que o relacionamento entre os parâmetros de significação e de investigação no PROQUIM parece ser adequado.

### 3.4 Conclusões Finais sobre o PROQUIM.

Os resultados obtidos a partir das três investigações feitas neste trabalho, parecem revelar que o PROQUIM foi elaborado coerentemente com objetivos educacionais propostos por seus autores.

No entanto, estas mesmas investigações, que envolveram uma análise detalhada do material, de acordo com os procedimentos aqui adotados, possibilitou, também, apontar algumas sugestões que talvez mereçam atenção em uma próxima edição do PROQUIM, visando o seu aprimoramento.

Assim, a primeira delas decorre da constatação da inadequação do material, em termos da sétima característica enfocada no referencial de análise do parâmetro de significação, ou seja, da inadequação do número de exemplos, e principalmente de não-exemplos, que acompanham as definições de conceitos.

Isto permite reiterar a sugestão anteriormente feita, de que seja incluído um número maior de exemplos e de não-exemplos, no sentido de aumentar a potencialidade do PROQUIM para a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa.

Além disso, a constatação de que as proposições relativas ao conceito mistura não apresentam alta frequência,

justifica a segunda sugestão de que sejam, então, mais enfatizadas no novo material. Isto poderá, certamente, facilitar uma melhor e maior retenção destas na mente do aprendiz.

Outra constatação obtida, de que há proposições não enfatizadas que expressam atributos dos conceitos-chave, pode ser explicada pela falta de atividades de aprendizagem que solicitam a aplicação desses atributos.

Como decorrência, sugere-se que mais atividades que envolvam resolução de exercícios e problemas novos, sejam incluídas no novo material.

Outras sugestões situam-se em um âmbito mais específico, e dizem respeito a pequenas inclusões e alterações.

Uma delas envolve a inclusão de outros exemplos do conceito mistura que não tenham somente dois constituintes. Isto porque os exemplos que constam no Anexo I são, na maioria, daquele tipo, com exceção de: "água, sal e açúcar" e "granito".

Com isto, pretende-se evitar que o aluno venha a apresentar problemas conceituais pela generalização feita a partir de um único tipo de exemplo.

Uma outra sugestão é relativa à alteração de materiais utilizados nas experiências, pois, por exemplo: a queima da mistura ferro e enxofre dificulta a reutilização do tubo de ensaio. Neste sentido, sugere-se a utilização de materiais descartáveis.

Restringir as sugestões ao nível do material do aluno, seria desconsiderar as importantes e significativas transformações que nele podem (e devem) ser feitas pelo professor.

Todavia, espera-se que tais possíveis transformações não distorçam a manutenção da equilibrção "conteúdo processo", que parece caracterizar aquele material.

Por isso, sugere-se que os autores do PROQUIM elaborem um guia para o professor, onde, além de apresentarem informações específicas, explicitem as razões que os levaram a priorizar tal equilibrção.

Isto porque, apesar do PROQUIM abordar extensivamente algumas noções fundamentais de química, e de priorizar o desenvolvimento de certas habilidades de investigação, isto não constitua um empecilho, para que tal material não venha a ser adotado pela maioria dos professores que se preocupam mais com a apresentação de uma grande quantidade de conteúdo.

A consideração de tal suposição, vista sob a ótica de um integrante da equipe de elaboração do PROQUIM, merece a explicitação de que a manutenção do "estado de equilíbrio" entre conteúdos e processos decorre, em sua essência, de posicionamentos políticos e sociais, concernentes à situação brasileira do ensino de química de 2º grau.

Em outras palavras, isto significa uma opção de priorizar a alteração no papel do aluno brasileiro, buscando assim, caminhos e estratégias que possam catalisar mais efetivamente a transformação de um aluno passivo à *ativo*, evitando sua massificação com pacotes excessivos de conteúdos específicos, que possivelmente de nada lhe seriam úteis na sua vida cotidiana.

A lembrança do tema cotidiano, traz à tona outra sugestão que deve ser apontada para o aprimoramento do PROQUIM.

Apesar de não constar nos objetivos do PROQUIM o enfoque do cotidiano, julga-se relevante a sua inclusão, na medida em que os objetivos recentemente propostos na área de ensino de química (vide item 2.5. da Introdução) tendem a enfatizar a compreensão da natureza e do dia-a-dia do aluno.

Neste sentido, torna-se necessário sugerir a inclusão de atividades que desenvolvam nos alunos habilidades de reconhecerem que o estudo e a prática da química são atividades correlacionadas e que, por isso, recebem influências sociais, econômicas, tecnológicas, culturais e ambientais.

Após tais sugestões, que visam unicamente o aprimoramento do PROQUIM, apresenta-se, à guisa das considerações finais, outras provenientes do desenvolvimento deste trabalho e, assim, devendo ser encaradas como proposições para futuras investigações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na introdução deste trabalho, vários argumentos foram apresentados para evidenciar a relevância em analisar um material instrucional - o PROQUIM - que visa enfatizar a equilibrção entre conteúdos e processos no ensino de química.

No sentido de se constatar coerência entre a pretensão e a análise do material, vários procedimentos de investigação tiveram de ser elaborados e adotados neste trabalho. Portanto, para que este fosse desenvolvido, inúmeras e profundas reflexões foram feitas, as quais contribuíram, significativamente, para o aprimoramento pessoal, acadêmico e profissional da sua autora. Assim, é no âmbito destes três níveis, que se situam as considerações finais deste trabalho.

No nível acadêmico, as contribuições advindas deste trabalho permitem sugerir que, no futuro, se investigue o desempenho dos alunos submetidos ao ensino do PROQUIM.

A justificativa para tal sugestão decorre do fato de que os resultados deste trabalho situam-se somente no âmbito da organização do ensino. Portanto, ao se centrar o interesse de futuras pesquisas no desempenho dos alunos, poder-se-á investigar, de forma mais ampla e completa, o potencial de significação daquele material.

Muito embora saiba-se que o desempenho dos alunos poderá ser investigado de diferentes formas, julga-se que diferenças entre abordagens e técnicas de pesquisa não são, no entanto, tão fundamentais quanto aquelas que se verificam entre

os objetivos propostos para o ensino de química de 2º grau e a sua real situação no contexto brasileiro.

Na tentativa de contribuir para a redução destas diferenças, são apresentadas, a seguir, algumas sugestões de futuros trabalhos cuja realização se situa no nível profissional.

Tais sugestões levam em conta que uma das mais importantes decisões que um professor tem que tomar, no âmbito do ensino, é escolher o livro didático (HERRON, 1984).

Neste sentido, sugere-se que o procedimento de análise desenvolvido neste trabalho seja aplicado a alguns capítulos comuns dos livros didáticos mais adotados no ensino de química de 2º grau brasileiro. Com isso, pretende-se fornecer subsídios que possam auxiliar os professores a tomarem aquela decisão.

Evidentemente, não se propõe e, nem se espera que, frente às condições salariais e de trabalho dos professores, estes passem a utilizar aquele procedimento de análise, já que isso demandaria demasiado tempo e, mesmo, muita paciência. Mas, espera-se sim, que a análise daqueles livros, com sua respectiva divulgação, possa ser feita por futuros professores de química. Em outros termos, isto significa que a realização daquele trabalho poderia ser feita em cursos de licenciatura. Por sua vez, outras razões podem ser apresentadas para justificar tal sugestão.

Obviamente, pretende-se que os licenciandos apliquem o procedimento proposto neste trabalho na análise de livros didáticos para, com isso, conhecerem as suas principais características.

Esta proposição se justifica, ainda, pela constatação

de que a análise de materiais instrucionais é um tema constante nos cursos de licenciatura. Todavia, os procedimentos que normalmente são utilizados para aquele fim, incorporam um considerável nível de subjetividade, pois neles os critérios de análise não são adequadamente definidos e especificados.

Desde que no procedimento de análise aqui proposto, a especificação de critérios decorra de considerações teóricas, acredita-se que a utilização do mesmo pelos licenciandos possa, ainda, fornecer-lhes subsídios que os norteiem no planejamento e na elaboração de seus próprios materiais instrucionais.

Uma outra sugestão de trabalho futuro, é aplicar o procedimento de análise aqui proposto em outros projetos alternativos de ciências, sejam eles de química ou não. Com isso pretende-se investigar, de uma maneira sistemática e detalhada, as suas principais características e, assim, explicitar suas comunalidades que, afinal, os definem como alternativos.

Por sua vez, no nível pessoal, as contribuições advindas do desenvolvimento deste trabalho mostram-se claras nos horizontes que foram abertos. Estes refletem uma satisfação muito grande em perceber a clareza de idéias e a capacidade de compreender processos - cognitivos e emocionais - como os gerados aqui, e nas discussões de elaboração do PROQUIM, marcadas, muitas vezes, por oposições de idéias que, no entanto, se resolveram e se integraram num todo.

Por isso, é gratificante perceber que a análise detalhada de um material instrucional, do qual se participou na elaboração, revela, de maneira geral, a coerência dos seus autores e, neste sentido, a minha.

*Para ser grande, sê inteiro: nada  
Teu exagera ou exclui  
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és  
No mínimo que fazes  
Assim em cada lago a lua toda  
Brilha, porque alta vive*

*Fernando Pessoa  
14-2-1933  
(in "O Eu Profundo e os Outros Eus")*

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AMBROGI, A. et alii (1982) O Ensino de Química no 2º grau, visto através da Análise da Prova da FUVEST - 1981. Resumos do 1º ENEQ, UNICAMP, Campinas, p. 67.
- ARAGAO, Rosália M.R. (1976) Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel - Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, UNICAMP, p. 105.
- AUSUBEL, David P. (1968) Educational Psychology: A Cognitive View. New York, Holt, Rinehart and Winston Inc.
- BORI, C.M. et alii (1981) Descrição e Análise de Problemas de Desempenho de Professores de Química de 2º grau na região de São Carlos, São Paulo. Química Nova 4 (2), pp. 44-48.
- CARIN, Arthur A. e SUND, Robert B. (1975) La Enseñanza de la Ciencia Moderna, Buenos Aires, Editorial Guadalupe.
- DEPARTMENT OF EDUCATION AND SCIENCE (1985) Science 5-16: A Statement of Policy, London, Her Majesty's Stationery Office, 28 p.
- DRIVER, Rosalind e MILLAR, Robin (1987). Beyond Processes, Studies in Science Education, 14, pp 33-62.
- EDWARDS, David (1987) Química em Ação, Anais da IX ICCE, USP, São Paulo, pp. 175-194.
- FRAZER, M.J. (1975) New Trends in Chemistry Teaching, Vol IV, The UNESCO Press, Paris.
- FRAZER, M.J. (1979) Trends in Chemical Education, Kemia-Kemi, 6 (4), pp 147-150.
- GAGNÉ, R.M. (1976) The Content Analysis of Subject-Matter, Instructional Science, 5, pp 1-28.
- GARDNER, P.L. (1975) Logical Connectives in Science: A Preliminary Report, Research in Science Education, 5, pp 161-176.
- GARDNER, P.L. (1977) Logical Connectives in Science: A Summary of the Findings, Research in Science Education, 7, pp 9-24.

- GAULD, C.F. e HUKINS, A.A. (1980) Scientific Attitudes: a Review, Studies in Science Education, 7, pp 121-161.
- HARTWIG, Dacio e FOLGUERAS, Sérvulo (1982) Equilíbrio entre os Aspectos Qualitativos e Quantitativos nos Diversos Graus no Ensino de Química, Resumos do 1º ENEQ, pp 72-73.
- HERRON, J. Dudley (1984) Using Research in Chemical Education to Improve my Teaching, Journal of Chemical Education, 61 (10), pp 850-854.
- HERRON, J.D., CANTU, L.L., WARD, R. and SRINIVASAN, V. (1977) Problems Associated with Concept Analysis, Science Education, 61 (2), pp 185-199.
- HINO, Hiroyuki et alii (1986) Proposta Curricular de Química para o 2º Grau, Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, Secretaria da Educação, São Paulo, p. 9.
- HODSON, Derek (1985) Philosophy of Science, Science and Science Education, Studies in Science Education, 12, pp 25-57.
- JOHNSON, P.E. (1967) Some Psychological Aspects of Subject Matter Structure, Journal of Educational Psychology, 58 (2), pp 75-83.
- JOHNSTONE, Alex (1982) Macro and Microchemistry, The School Science Review, 64 (227), pp 377-379.
- KEAN, E. (1982) Concept Learning Theory and Design of College Chemistry Instruction, Journal of Chemical Education, 59 (11), pp 956-959.
- KEMPA, Richard (1986) Assessment in Science, 1st Edition, Cambridge, Cambridge University Press.
- KEMPA, R.F. and HODGSON, G.H. (1976) Levels of Concept Acquisition and Concept Maturation in Students of Chemistry, British Journal of Educational Psychology, 46, pp 253-260.
- KLAUSMEYER, H.S., GHATALA, E.S. e FRAYER, D.A. (1974) Conceptual Learning and Development: A Cognitive View, New York, Academic Press.
- KLOPFER, L.E. (1971) Evaluation of Student Learning in Science in B.S. Bloom, J.T. Hastings, G.F. Madaus (Eds), Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning, New York, Mc Graw Hill, pp 559-642.
- KORNHAUSER, Aleksandra (1979) Trends in Research in Chemical Education, European Journal of Science Education, 1 (1), pp 21-50.
- LOCKARD, J.D. et alii (1986) UNESCO Handbook for Science Teachers, London, Heinemann.

- MAYER, R.E. (1983a) What Have we Learned about Increasing the Meaningfulness of Science Prose? Science Education, 67 (2), pp 223-237.
- MAYER, R.E. (1983b) Can you Repeat that? Qualitative Effects of Repetition and Advance Organisers on Learning from Science Prose, Journal of Educational Psychology, 75 (1), pp 40-49.
- MARKLE, S.M. e TIEMANN, P.W. (1970) Really Understanding Concepts, Champaign, Illionois, Stipes.
- MOREIRA, M.A. (1979) Concepts Maps as Tools for Teaching, Journal of College Science Teaching, May, pp 283-286.
- MOREIRA, M.A. (1983) Uma Abordagem Cognitivista ao Ensino da Física, Porto Alegre, Editora da Universidade.
- NOVAK, J.D. (1976) Understanding the Learning Process and Effectiveness of Teaching Methods in the Classroom, Laboratory and Field, Science Education, 60 (4), pp 493-512.
- NOVAK, J.D. (1980) Learning Theory Applied to the Biology Classroom, The American Biology Teacher, 42 (5), pp 280-285.
- NOVAK, J.D. (1981a) Applying Learning Psychology and Philosophy of Science to Biology Teaching, The American Biology Teacher, 43 (1), pp 12-20.
- NOVAK, J.D. (1981b) Uma Teoria de Educação, São Paulo, Livraria Pioneira Editora.
- NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. and JOHANSEN, G.T. (1983) The Use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Students, Science Education 67 (5), pp 625-645.
- PHYTHIAN, B.A. (1980) English Grammar: Teach Yourself, Bungay, Hodder and Stoughton Ltd.
- PREECE, P.F.W. (1976) Mapping Cognitive Structure: A Comparison of Methods, Journal of Educational Psychology, 68 (1) pp 1-8.
- PRESTT, Brenda (1978) Science in the Primary School, Education in Science, 09, pp 14-16.
- REDER, L.M. (1980) The Role of Elaboration in the Comprehension and Retention of Prose: A Critical Review, Review of Educational Research, 50 (1), pp 5-53.
- REIGELUTH, C.M. et alii (1978) The Structure of Subject Matter Content and its Instructional Design Implications, Instructional Science, 7, pp 107-126.
- SCHIBECI, R.A. (1984) Attitudes to Science: an update, Studies in Science Education, 11, pp 26-59.

- SCHNETZLER, Roseli Pacheco (1980) O Tratamento do Conhecimento Químico em Livros Didáticos Brasileiros para o Ensino Secundário de Química de 1875 a 1978. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 138 p.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco (1981) Um Estudo sobre o Tratamento do Conhecimento Químico em Livros Didáticos Brasileiros dirigidos ao Ensino Secundário de Química de 1875 a 1978. Química Nova, 4 (1), pp 6-15.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco (1986) Fundamentos Teóricos e Características do PROQUIM - Projeto de Ensino de Química para o 2º Grau, Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas, 24 p.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco (1987) A Method for Representing and Comparing Content and Cognitive Structures, PHD Thesis, University of East Anglia, Norwich, England.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco et alii (1982a) A realidade do Ensino de Química nas Escolas Oficiais de 2º Grau de Campinas: Opiniões dos Professores. Resumos do 1º ENEQ, UNICAMP, Campinas, pp 14-16.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco et alii (1982b) Análise do Ensino de Química de 2º Grau: Pesquisa realizada junto aos ingressantes de 1982 do Instituto de Química da UNICAMP, Resumos do 1º ENEQ, UNICAMP, Campinas, pp 68-69.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco et alii (1985) Contatos Imediatos no 2º Grau via Prática de Ensino de Química, Caderno de Metodologia, UNICAMP, Campinas, pp 31-34.
- SCHNETZLER, Roseli Pacheco et alii (1988) Problemas de Aprendizagem em Reações Químicas e Estrutura Atômica. Resumos do 4º ENEQ, USP, São Paulo, pp 28-29.
- SHAVELSON, R.J. (1972) Some Aspects of Correspondence between Content Structure and Cognitive Structure in Physics Instruction, Journal of Educational Psychology, 63 (3), pp 225-234.
- SHAVELSON, R.J. (1974) Methods for Examining Representations of a Subject - Matter Structure in a Students Memory, Journal of Research in Science Teaching, 11 (3), pp 231-249.
- SHULMAN, L.S. e TAMIR, P. (1973) Research on Teaching in the Natural Sciences in R.M.W. Travers (ed), Second Handbook of Research on Teaching, Chicago, Rand Mc Nally Publishing Company, 2nd Edition, pp 1099-1143.
- STEWART, J., VANKIRK, J. and ROWELL, R. (1979) Concept Maps: A Tool for Use in Biology Teaching, The American Biology Teaching, 41 (3), pp 171-175.

TENNYSON, R.D. and PARK, O.C. (1980) The Teaching of Concepts: A Review of Instructional Design Research Literature, Review of Educational Research, 50 (1), pp 55-70.

TFOUNI, Leda Verdiani et alii (1987) A Teoria de Piaget e os Exercícios dos Livros Didáticos de Química, Química Nova, 10 (2), pp 127-131.

**A N E X O S**

**ANEXO I**  
**MATERIAL DO PROQUIM DESTINADO AO ALUNO**

## CAPITULO I

### O QUE É UMA REAÇÃO QUÍMICA ?

#### Texto I : A Química é Velha ?

A química é reconhecida como ciência há aproximadamente 200 anos (G1). Através dela podemos compreender e explicar muitas transformações que ocorrem no mundo material (G2). Entretanto, as transformações no mundo material ocorrem desde que o mundo é mundo (G3).

Um nosso antepassado das cavernas deve ter se assustado muito quando viu pela primeira vez o fogo. Ele deve ter achado que era a manifestação de algum deus. Naquela época, nós, os humanos, ainda não sabíamos explicar quase nada das transformações que ocorriam no mundo material (G4).

No entanto, nosso antepassado aprendeu a usar o fogo em seu benefício, apesar de ter se queimado várias vezes, mas ... valeu, já que ele deve também ter descoberto o churrasco! Foi este nosso antepassado provavelmente o primeiro estudante das transformações químicas.

Conhecer o fogo, dominá-lo, foi muito importante, afinal o fogo afugentava animais, o fogo iluminava e aquecia as cavernas, permitia cozinhar alimentos e construir recipientes de barro. O domínio do fogo provocou uma transformação de costumes, trazendo inúmeros benefícios ao nosso antepassado. Afinal, um churrasco de dinossauro era mais gostoso que dinossauro cru!

Desde que o nosso antepassado aprendeu a produzir o fogo ele aprendeu a provocar uma transformação química, portanto ele não precisava mais esperar que os céus mandassem fogo através de raios e relâmpagos.

Assim como os nossos antepassados aprenderam a produzir e utilizar o fogo, foram acumulando outros conhecimentos que eram usados para atender às necessidades básicas dos humanos. Cada nova descoberta propiciava uma supremacia do homem sobre os animais. As vezes, infelizmente, de uns homens sobre outros homens.

A nação que aprendeu primeiro a forjar o ferro deve ter imposto sua supremacia militar sobre outras nações, pois naquela época, os humanos não haviam se desenvolvido socialmente - eles guerreavam muito.

Júlio César, imperador romano, não entendia porque seus inimigos, os bretões, retiravam-se do combate periodicamente. Só depois de algum tempo ele descobriu que os bretões precisavam desentortar as suas espadas, já que eles ainda não haviam descoberto o aço - aquele conhecimento não havia sido divulgado.

#### **A necessidade de se divulgar o conhecimento**

Nós podemos afirmar que hoje em dia o mundo se transforma muito mais rapidamente do que antigamente. Quando os nossos bisavós tinham a idade que temos hoje, o homem nem sonhava em ir à lua, não se conhecia a bomba atômica, a coca-cola, a televisão. O mundo transformou-se muito desde o tempo de nossos bisavós.

Um antepassado nosso que viveu a um milênio atrás, não podia dizer o mesmo em relação aos seus bisavós. Ele não conhecia muito mais coisas que os seus antepassados e, às vezes, conhecia até menos. Hoje sabemos que o povo da Mesopotâmia sabia fazer sabão há 5000 anos atrás. Já os gregos, que viveram 3000 anos depois que a civilização da Mesopotâmia, são reconhecidos hoje como um povo de muita sabedoria. No entanto, estes gregos não tomavam banho, limpavam-se em óleo de oliva e raspavam a sujeira com uma faca sem corte pois eles não conheciam o sabão.

Quanto conhecimento deve ter sido perdido por falta de comunicação: quantas descobertas tiveram de ser refeitas! A pólvora deve ter sido descoberta várias vezes. Sheele descobriu o oxigênio na Suíça em 1722 e Priestley descobriu-o de novo dois anos depois, na Inglaterra.

No sentido de se evitar tais situações, as descobertas científicas devem ser comunicadas e divulgadas pois isso permite a repetição de eventos já descritos, bem como a descoberta de novos eventos, teorias e leis científicas.

### O que é uma lei ?

Para se entender o que é uma lei analisemos o exemplo seguinte: um menino naufragou e chegou a uma ilha onde viu um pato. Esse pato era branco. O menino viu um segundo pato que também era branco. Ele viu muitos patos, todos brancos. Daí então ele pode formular uma lei: "Todos os patos desta ilha são brancos".

A formulação de uma lei nos permite acumular e divulgar muito mais facilmente informações correlacionadas.

A lei formulada pelo menino permite prever, que muito provavelmente, se formos àquela ilha e encontrarmos um pato, ele será branco.

Uma lei é uma generalização. O menino nunca terá certeza se viu *todos* os patos da ilha, mas enquanto ele não vir algum pato não branco, a lei será falsa.

O menino não teria conseguido formular a lei após ver poucos patos. Era preciso primeiro acumular conhecimento sobre os patos da ilha.

### A Química nasce como uma lei

Há muito tempo, nós os humanos, queremos compreender o mundo e as suas transformações. Muito conhecimento foi acumulado até que no final do século XVI (ou no começo do século XVII) foi formulada uma lei sobre as transformações químicas. Lomonossov (segundo os russos), Lavoisier (segundo os franceses) formulou a Lei da Conservação das Massas em uma transformação química. Para chegar à formulação desta lei, Lavoisier (ou Lomonossov) observou muitos fatos relacionados com as transformações químicas e para observar estes fatos foi necessária a realização de experimentos envolvendo várias transformações químicas.

Essa lei, como outras, surgiu porque vários fatos extraídos de experiências foram observados, analisados e apresentaram regularidade. Isto demonstra que a produção do conhecimento químico é feita através da realização de experiências, análise de fatos e elaboração de generalizações. Porisso, a química é considerada uma ciência experimental.

preocupando-se fundamentalmente com o estudo das transformações químicas (G5).

### Questões

1. Classifique as transformações mencionadas no texto em sociais e naturais.

*Transformações Sociais : de costumes, guerras, ida à lua, etc.*

*Transformações Naturais : fogo, raios, relâmpagos, etc.*

2. Descreva três transformações que aparecem no texto.

*- Transformação de costumes provocada pelo domínio do fogo;*

*- Transformação do mundo, decorrente de descobertas científicas.*

*- Transformação na ciência, provocada pela formulação de uma lei sobre as transformações químicas.*

3. Você se transforma de um dia para o outro ?  
Por que?

*Sim, pois todos os dias ocorrem mudanças em meu organismo.*

### Atividade 1 : Observando Transformações

As transformações que ocorrem na vida diária são tantas e tão frequentes que talvez você ainda não tenha observado cuidadosamente muitas delas (G6). Você já parou para pensar como

saber que ocorreu uma determinada transformação por exemplo, o apodrecimento de um fruto?

Nesta atividade você está convidado a refletir sobre transformações que ocorrem na sua vida diária (G7). Dentre elas, relacione no máximo dez na tabela abaixo e anote também como você pode reconhecer que se tratava realmente de uma transformação. Selecione três transformações para integrar um quadro em que vão figurar também as transformações escolhidas por seus colegas.

TRANSFORMAÇÃO	COMO PODE RECONHECER QUE É UMA TRANSFORMAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> <li>- cozimento de alimentos.</li> <li>- enferrujamento de um portão.</li> <li>- formação de nuvens.</li> <li>- aquecimento do ferro elétrico.</li> <li>- água líquida em gelo.</li> <li>- queima da madeira.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>= mudou o aspecto e a cor.</li> <li>= modificou o aspecto e a cor.</li> <li>= mudou a cor e o estado físico.</li> <li>= liberou calor.</li> <li>= mudou o estado físico.</li> <li>= liberou calor e gás.</li> </ul>

### Guia Experimental 1 : O que é uma Transformação ou Reação Química?

#### I - Introdução

A cada instante que passa ocorrem transformações a nossa volta (G8). É um fruto que amadurece, é a água dos rios e mares que se transforma em nuvens, é o nosso próprio organismo que transforma os alimentos. Mas como é possível distinguir as transformações ou reações químicas entre a infinidade de transformações (G9) que observamos no nosso dia a dia?

Para responder esta questão deve-se saber o que distingue as transformações ou reações químicas das outras transformações (G10), ou seja, deve-se saber o que caracteriza uma reação química. É isto que você aprenderá neste primeiro experimento.

## II - Material Necessário

- 1 bico de bunsen
- 6 tubos de ensaio
- 1 suporte para tubos de ensaio
- 1 pinça de madeira
- 1 imã
- 1 almofariz com pistilo
- 1 espátula
- ferro em limalhas
- enxofre em pó
- solução de ácido clorídrico

## III - Procedimento

### 1. Trabalhe com segurança :

- evite queimaduras, manuseando com cuidado os materiais aquecidos.
- Se acaso cair solução de ácido clorídrico em suas mãos ou em outra parte do corpo, lave o local atingido com bastante água.

2. Coloque uma pequena quantidade de ferro em limalhas num tubo de ensaio. Observe e anote todas as características desse material na tabela de dados (pág.9).

3. Movimente o imã ao longo das paredes externas do tubo de ensaio. Anote suas observações.

4. A seguir, adicione solução de ácido clorídrico ao tubo de ensaio até cerca de 2 cm de altura. Anote suas observações.

5. Usando uma nova amostra, aqueça o ferro em limalhas, contido no tubo de ensaio por cerca de 5 minutos. Houve alguma transformação nas características do material? Anote suas observações na tabela de dados.

6. Após o resfriamento da amostra anterior aproxime novamente o imã das paredes do tubo de ensaio. Anote suas observações.

7. Adicione solução de ácido clorídrico ao tubo de ensaio até cerca de 2 cm de altura. Anote suas observações.

8. Realize os passos de 2 a 7 utilizando enxofre em pó ao invés de ferro em limalhas e anote as observações na tabela de dados.

9. Coloque num almofariz uma ponta de espátula de ferro em limalhas e uma ponta de espátula de enxofre em pó. Triture usando o pistilo. Observe e anote as características desse material na tabela de dados.

10. Coloque metade desse material num tubo de ensaio e metade em outro tubo.

11. Aqueça um dos tubos de ensaio. Anote as características do material aquecido na tabela de dados.

12. Depois de o tubo de ensaio esfriar, teste o material com o imã. Anote suas observações na tabela de dados.

13. Adicione solução de ácido clorídrico ao material já frio e anote suas observações na tabela de dados.

14. Realize os passos 12 e 13 utilizando a parte do material que não foi aquecido.

#### IV - Tabela De Dados

Característica	Antes do aquecimento				Após o Aquecimento			
	Aspecto	Ação do imã	Ação do Acido Clorídrico	Outras Observações	Aspecto	Ação do imã	Ação do Acido Clorídrico	Outras Observações
Material								
Ferro em Limalhas	metal com brilho	foi atraído	liberou gás	-	ficou mais agregado	foi atraído	liberou gás	-
Enxofre em Pó	pó amarelado	não foi atraído	-	-	continuou sólido	não foi atraído	-	-
Ferro + Enxofre	pó esverdeado	só o ferro é atraído	liberou gás	-	odor desagradável, líquido	não foi atraído	-	-

#### V - Análise de Dados

1. Consultando a tabela de dados, compare as características do ferro antes e após o aquecimento :

a) O aspecto se modificou ?

*Não, apenas agregou-se mais ferro em limalhas.*

b) O ferro depois de aquecido foi atraído pelo imã?

*Sim, continuou sendo atraído pelo imã.*

c) A ação do ácido clorídrico sobre o ferro se modificou após o aquecimento?

*Não, continuou a mesma.*

2. As características do ferro se modificaram após o aquecimento? O aquecimento teve alguma influência nas características desse material?

*Não, o aquecimento não teve influência nas características do ferro.*

3. O ferro aquecido transformou-se num novo material?

*Não.*

4. Consultando a tabela de dados, compare as características do enxofre antes e após o aquecimento.

a) O aspecto se modificou?

*Não.*

b) O enxofre depois de aquecido foi atraído pelo imã?

*Não, continuou não sendo atraído pelo imã.*

c) A ação do ácido clorídrico sobre o enxofre foi a mesma após o aquecimento?

*Sim.*

5. As características do enxofre se modificaram após o aquecimento? O aquecimento teve alguma influência nas características desse material?

*Não, o aquecimento não teve influência nas características do enxofre.*

6. O enxofre aquecido transformou-se num novo material?

*Não.*

7. Consultando a tabela de dados, compare as características do ferro e enxofre separados com as características da mistura desses materiais. As características são iguais ou diferentes?

*As características do ferro e enxofre separados são semelhantes às características da mistura desses materiais.*

8. Você pode dizer que o ferro e enxofre misturados transformaram suas características individuais?

*Não, esses materiais misturados, mantiveram suas características individuais.*

9. Compare as características do ferro e enxofre separados com as características desses dois materiais juntos, após o aquecimento. São iguais ou diferentes?

*As características da mistura após o aquecimento são diferentes.*

10. Você pode dizer que o ferro e o enxofre depois de aquecidos juntos transformaram suas características individuais?

*Sim, pois o aspecto e o odor se modificaram.*

11. Você pode dizer que na simples mistura de ferro e enxofre há formação de um novo material?

*Não, pois o ferro e o enxofre conservaram suas características individuais.*

12. Você pode dizer que no aquecimento de ferro e enxofre misturados há formação de um novo material?

*Sim, pois a mistura ferro e enxofre aquecida não conserva as características dos materiais quando separados.*

## VI - Conclusões

1. O aquecimento do ferro, o aquecimento do enxofre, a transformação da água líquida em gelo, do gelo em água líquida, da água líquida em vapor são transformações que recebem o nome de transformações físicas ou processos físicos. Considerando esta informação e as suas respostas às questões de análise de dados, defina processo físico.

Processo físico é uma transformação que ocorre sem que haja formação de um novo material (G11).

2. Quando se junta ferro e enxofre, sal e areia, água e açúcar, água e álcool obtém-se o que se chama de mistura. Com base nesta informação e nas suas respostas às questões de análise de dados, defina mistura.

Mistura é formada de materiais que conservam suas características individuais, isto é, não se transformam em novos materiais (G12) (MT).

3. O aquecimento de ferro e enxofre juntos, o amadurecimento de um fruto, a transformação dos alimentos em nosso organismo, o enferrujamento de um portão, são transformações chamadas transformações ou reações químicas, ou processos químicos (G13). Com base nesta informação e nas suas respostas da análise de dados, defina reação química.

Reação química é uma transformação que ocorre com formação de novo material (G14) (RQ).

## Guia Experimental 2 : Evidências de Reação Química

### I - Introdução

É evidente que o apodrecimento de um fruto é uma transformação. Essa transformação pode ser reconhecida pelas mudanças apresentadas nas características do fruto. As mudanças observadas no cheiro e na cor do fruto indicam também que provavelmente ocorreu a formação de novos materiais, ou seja, indicam que o apodrecimento do fruto é uma reação química (G15) (RQ).

Por outro lado, quando se pretende estudar um fenômeno, por exemplo, uma reação química como o apodrecimento de um fruto, geralmente não se está interessado em todas as outras mudanças que se processam no universo em consequência desse fenômeno, mas interessa apenas o que ocorre numa porção delimitada do universo. A essa porção delimitada do universo que é separada para estudo dá-se o nome de sistema (G16).

Sistema é uma parte do universo separada do resto por fronteiras definidas (G17).

No caso do estudo do apodrecimento do fruto o sistema é o fruto.

A cor, o cheiro, a temperatura, a massa, o volume são algumas propriedades usadas para descrever um sistema (G18). A descrição completa de um sistema define o estado do sistema (G19). A descrição completa de um sistema antes da transformação define o estado inicial (G20). A descrição feita após a transformação define o estado final do sistema (G21). Em uma reação química os componentes iniciais do sistema são chamados

reagentes e os componentes finais são chamados produtos (G22) (RQ). Portanto, a comparação dos estados inicial e final de um sistema fornece indicações sobre a ocorrência ou não de uma reação química ou de um processo físico (G23) (RQ).

No entanto, nem sempre é fácil perceber a ocorrência de uma reação química num sistema ou mesmo decidir se a transformação ocorrida é uma reação química ou processo físico (G24) (RQ). Por exemplo, quando se adiciona um comprimido de sonrisal em água ocorre uma reação química ou processo físico?

Ao final desse experimento você deverá estar apto a responder esta questão pois você vai conhecer os principais indícios (evidências) de ocorrência de reação química num sistema.

## II - Material Utilizado

- 9 tubos de ensaio
- 1 estante para tubos de ensaio
- solução de sulfato de cobre
- solução nitrato de chumbo
- solução ácido clorídrico
- solução hidróxido de sódio
- solução cloreto de ferro III
- solução de tiosulfato de sódio
- ferro em limalhas
- magnésio em raspas
- prego

### III - Procedimento Experimental

1. Trabalhe com segurança: evitando principalmente que qualquer material atinja sua pele mas, se isso ocorrer, lave imediatamente o local afetado com bastante água. Faça apenas os testes indicados no guia. Em caso de qualquer acidente avise imediatamente o professor.

2. Para os testes abaixo relacionados você vai seguir o procedimento indicado no item 3.

	REAGENTE A	REAGENTE B
teste 1	sulfato de cobre II	nitrato de chumbo
teste 2	sulfato de cobre II	hidróxido de sódio
teste 3	sulfato de cobre II	cloreto de ferro III
teste 4	ácido clorídrico	hidróxido de sódio
teste 5	ácido clorídrico	tiosulfato de sódio
teste 6	ácido clorídrico	nitrato de chumbo
teste 7	ácido clorídrico	ferro em limalhas
teste 8	ácido clorídrico	magnésio em raspas
teste 9	sulfato de cobre II	prego

3. Para cada teste acima indicado, siga o seguinte procedimento:

a) Observe as características dos reagentes A e B separados e anote os dados na tabela da página anterior.

b) Coloque num tubo de ensaio reagente A até cerca de 1 cm de altura.

c) Adicione ao reagente A que está no tubo de ensaio a mesma quantidade do reagente B. Registre suas observações na tabela de dados.

d) Para os testes 7, 8 e 9, coloque num tubo de ensaio reagente A até cerca de 2 cm de altura. Adicione a seguir o reagente B sólido. Anote os dados na tabela.

## IV - Tabela de Dados

TESTE	SISTEMA	ESTADO INICIAL	ESTADO FINAL	DIFERENÇA ENTRE OS ESTADOS INICIAL E FINAL
1	sol. sulfato de cobre II e nitrato de chumbo	líquido azul e líq. incolor	líquido azul e sólido branco	formou sólido e mudou a cor
2	sol. sulfato de cobre II e hidróxido de sódio	líquido azul e líq. incolor	líquido azul e sólido azul	formou sólido
3	sol. sulfato de cobre II e cloreto de ferro III	líquido azul e líq. laranja	líquido azul e sólido alaranjado	formou sólido
4	sol. ácido clorídrico e hidróxido de sódio	líq. incolor e líq. incolor	líq. incolor quente	liberou calor
5	sol. ácido clorídrico e tiosulfato sódio	líq. incolor e líq. incolor	líq. incolor com cheiro	mudou o cheiro
6	sol. ácido clorídrico e nitrato de chumbo	líq. incolor e líq. incolor	líq. incolor e sól. branco	formou sólido e mudou a cor
7	sol. ácido clorídrico e ferro em limalhas	líq. incolor e sól. metálico	líq. incolor e sól. metálico com desprendido gás	liberou gás
8	sol. ácido clorídrico e magnésio em raspas	líq. incolor e sól. metálico	líq. esbranquiçado e sól. metálico com gás e calor	liberou gás e mudou a cor
9	sol. sulfato de cobre II e prego	líquido azul e sól. metálico	líquido azul e sólido avermelhado	mudou a cor

## V - Análise de Dados

1. Uma evidência de ocorrência de reação química é a mudança de cor (G25) (RQ). Em qual (quais) teste (s) que você realizou foi observada essa evidência?

*Foi observada mudança de cor nos testes 1, 3, 6, 8 e 9.*

2. Quando se mistura uma porção de tinta azul com uma porção de tinta amarela, o material resultante tem cor verde. Você pode dizer que neste caso ocorreu uma reação química? Justifique.

*Não, pois os materiais conservaram suas características, isto é, não houve mudança na natureza dos materiais.*

3. A liberação de gás também evidencia a ocorrência de reação química (G26) (RQ). Em qual (quais) teste (s) realizado (s) você observou essa evidência?

*Foi observada a liberação de gás nos testes 7 e 8.*

4. Quando você abre uma garrafa de coca-cola há liberação de gás. Você pode dizer que ocorreu uma reação química?

*Não, pois o material no interior da garrafa conservou suas características.*

5. Um sólido formado a partir de duas soluções é chamado precipitado (G27). A formação de precipitado é outra evidência de ocorrência de reação química (G28) (RQ). Em qual (quais) teste (s) você observou formação de precipitado?

*Observou-se formação de precipitado nos testes 1, 2, 3 e 6.*

6. Também a liberação de calor é uma evidência de reação química (G29) (RQ). Em qual (quais) teste (s) você observou esta evidência?

*Observou-se liberação de calor nos testes 4 e 8.*

7. Ainda uma outra evidência de reação química é a mudança de odor (G30) (RQ). Em qual (quais) teste (s) esta evidência foi observada?

*Observou-se mudança de odor no teste 5.*

## VI - Conclusões

Para responder as questões abaixo, consulte a tabela de dados e as suas respostas às questões de análise de dados.

1. Como se pode reconhecer uma evidência de reação química? (G31) (RQ)

Uma evidência de reação química pode ser reconhecida através de diferenças entre os estados inicial e final do sistema (G32) (RQ).

2. Quais as principais evidências de ocorrência de reação química? (G33) (RQ)

As principais evidências de ocorrência de reação química são: mudança de cor, liberação de gás, formação de precipitado, liberação de calor e mudança de odor. (G34) (RQ).

3. A partir da observação de uma evidência você pode garantir que ocorreu uma reação química num dado sistema? Justifique.

Não, pois uma mudança aparente não garante a formação de novo material no sistema (G35). Portanto, uma evidência apenas indica, mas não garante a ocorrência de reação química (G36) (RQ).

4. Uma reação química pode apresentar dois ou mais tipos de evidências ao mesmo tempo? Exemplifique:

Sim, uma reação química pode apresentar dois ou mais tipos de evidências ao mesmo tempo (G37) (RQ). Exemplo: reação entre ácido clorídrico e magnésio: liberação de gás e calor.

## VII - Exercícios

1. Aqueceu-se um sólido vermelho num tubo de ensaio. Depois de algum tempo de aquecimento, notou-se a liberação de um gás incolor e a formação de um líquido prateado.

Pergunta-se:

a) Quais os materiais que compõem o sistema em estudo?

*Sólido vermelho.*

b) Qual o estado inicial do sistema?

*Sólido vermelho.*

c) Qual o estado final do sistema?

*Gás incolor e líquido prateado.*

d) Ocorreu reação química?

Sim, pois houve formação de novos materiais (G38) (RQ).

e) Qual a evidência?

Liberación de gás e mudança de cor (G39) (RQ).

f) Descreva quais são os reagentes e os produtos.

*Reagente: sólido vermelho.*

*Produtos: gás incolor e líquido prateado.*

2. Aqueceu-se um sólido amarelo num tubo de ensaio. Durante o aquecimento o sólido tornou-se avermelhado porém, depois de resfriado o sólido tornou-se novamente amarelo com o mesmo aspecto inicial. Trata-se de um processo físico ou de uma reação química? Justifique.

*Trata-se de um processo físico, pois não há formação de um novo material (G40).*

3. Quando um comprimido de sonrisal é colocado em água ocorre um processo físico ou uma reação química? Justifique.

*Ocorre uma reação química, pois há formação de um novo material, evidenciado pela liberação de gás (G41) (RQ).*

4. Identifique por nome ou por descrição os reagentes das reações químicas que ocorreram nos testes realizados.

TESTES	REAGENTES
1	sulfato de cobre II e nitrato de chumbo
2	sulfato de cobre II e hidróxido de sódio
3	sulfato de cobre II e cloreto de ferro III
4	ácido clorídrico e hidróxido de sódio
5	ácido clorídrico e tiosulfato de sódio
6	ácido clorídrico e nitrato de chumbo
7	ácido clorídrico e ferro em limalhas
8	ácido clorídrico e magnésio em raspas
9	sulfato de cobre II e prego

5. Retome o quadro geral da classe construído na Atividade 1 e classifique as transformações ali relacionadas em: reação química, processo físico ou mistura (G42) (RQ).

- . *Cozimento de alimentos* - reação química
- . *Enferrujamento de um portão* - reação química
- . *Formação de nuvens* - processo físico
- . *Aquecimento do ferro elétrico* - processo físico
- . *Água líquida em gelo* - processo físico
- . *Queima da madeira* - reação química

#### VIII - Questão para Discussão

Quando não se nota uma evidência, isto indica que não ocorreu uma reação química?

Não, uma reação química pode ocorrer sem qualquer evidência aparente (G43) (RQ).

## CAPITULO II

### COMO SE RECONHECE UMA REAÇÃO QUÍMICA?

#### I - Introdução

Na experiência anterior ficou evidenciado que numa reação química sempre há mudanças no estado do sistema (G44) (RQ). Essas mudanças muitas vezes acontecem em evidências perceptíveis aos nossos sentidos

(G45). Outras vezes, no entanto, não é possível só com os sentidos verificar a ocorrência da transformação (G46). Neste caso, é necessário recorrer a instrumentos capazes de detectar as mudanças ocorridas no estado do sistema (G47). Por outro lado, mesmo que se observe evidências, não se pode garantir a ocorrência de reação química no sistema considerado. A evidência é uma indicação e não uma garantia de ocorrência de reação química (G48) (RQ).

Como, então, se pode ter certeza que um sistema sofreu uma reação química? Para isso é necessário que se conheça outras propriedades do sistema além da cor, cheiro, estado físico, etc., e que possibilitem caracterizar melhor os estados inicial e final (G49).

Além disso, a simples observação de uma evidência não permite caracterizar os produtos formados numa reação (G50) (RQ). Por exemplo, quando você misturou soluções de ácido clorídrico e nitrato de chumbo, notou a formação de um

precipitado branco, mas também se forma um precipitado branco quando se juntam soluções de cloreto de bário e sulfato de sódio. Esses precipitados brancos são o mesmo material ou são materiais diferentes? Esta questão só pode ser respondida conhecendo-se outras propriedades de cada sistema que permitam caracterizá-los melhor.

A caracterização dos produtos é muito importante em vários processos industriais (G51) (RQ). Por exemplo, o medicamento conhecido como aspirina é uma mistura de um material chamado ácido acetilsalicílico com outro material chamado amido, sendo que o componente ativo é o ácido acetilsalicílico. O ácido empregado na fabricação dos comprimidos é obtido através de uma reação química. É necessário, portanto, verificar as propriedades do ácido obtido para se ter certeza de que o produto da reação é realmente o ácido acetilsalicílico e não uma outra substância. É importante ainda que esse ácido seja puro ou que, pelo menos, esteja livre de materiais nocivos ao organismo. Através da determinação das propriedades do ácido obtido é possível, também, saber se ele está puro ou se está misturado com outros materiais.

As propriedades frequentemente usadas para identificar as substâncias e distinguí-las de misturas são chamadas propriedades físicas (G52) (SB/MT). Nas próximas experiências você vai estudar as seguintes propriedades físicas: ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade (G53). Ao final desse estudo você será capaz de identificar uma substância pura e distinguí-la de uma mistura através da determinação dessas propriedades físicas (G54) (SB/MT).

## Guia Experimental 3 : Ponto de Fusão

### I - Introdução

Através do gosto é possível distinguir dois sólidos como o sal e o açúcar. Mas, num laboratório, experimentar materiais é uma prática proibida (G55)! E como você poderia, por exemplo, saber que uma porção de ácido acetilsalicílico - principal constituinte da aspirina - está isenta de outros materiais que até poderiam ser nocivos à saúde? E ainda, como saber se aquele ácido preparado a partir de uma reação química é realmente o ácido acetilsalicílico?

Uma das maneiras de se responder essas questões é observar o comportamento dessas substâncias sólidas quando submetidas ao aquecimento.

Geralmente, quando se aquece um sólido, este ao alcançar uma determinada temperatura, começa a se transformar em líquido, isto é, começa a fundir (G56). A temperatura na qual ocorre a fusão de um sólido é denominada ponto de fusão (G57). Por outro lado, um líquido ao ser resfriado transforma-se em sólido, ou seja, solidifica (G58). A temperatura em que ocorre a solidificação de um líquido é denominada ponto de solidificação (G59).

Como estas propriedades podem ser utilizadas para caracterizar uma substância sólida e diferenciá-la de uma mistura? (G60) (SB/MT)

Para responder esta questão você deverá realizar o experimento a seguir onde analisará a variação da temperatura

durante o tempo em que ocorrer a fusão e a solidificação de dois materiais. Através desta análise você vai ser capaz de:

- definir o que é uma substância;
- comparar o ponto de fusão e o ponto de solidificação de uma substância (Gs1) (SB);
- verificar se o ponto de fusão é uma propriedade característica de uma substância;
- verificar se o ponto de fusão pode ser utilizado para identificar uma substância e distingui-la de uma mistura.

## II - Material Necessário

- 2 tubos de ensaio
- 1 bequer de 400 ml
- 1 termômetro de - 10 a 110°C
- 1 suporte universal
- 1 tripé
- 1 garra
- 1 mufa
- 1 cronômetro ou relógio com marcador de segundos
- 1 bico de Bunsen
- 1 tela de amianto
- 1 tenaz
- 1 almofariz e pistilo
- naftalina
- parafina
- água

## III - Procedimento

1. Trabalhe com segurança: Use sempre a tenaz para pegar materiais quentes. Se a bancada for de azulejo, não coloque materiais quentes diretamente sobre ela, coloque-os sobre uma tela de amianto.

2. Coloque água até aproximadamente  $3/4$  do volume do bequer.

3. Triture algumas bolinhas de naftalina no almofariz e, a seguir, coloque num dos tubos de ensaio.

4. Monte a aparelhagem conforme mostra a figura ao lado (fig.1).

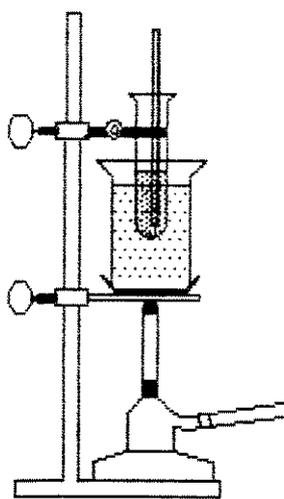


FIG. 1

5. Após mergulhar na água do bequer o tubo de ensaio contendo o sólido e o termômetro, ligue o bico de Bunsen e inicie o aquecimento. Se a água começar a ferver, desligue o bico de Bunsen.

6. Durante o aquecimento, agite o sólido com o termômetro, CUIDADOSAMENTE.

7. Anote a temperatura do sólido na tabela de dados a cada 15 segundos. Assinale, na tabela, a temperatura na qual se inicia a fusão de sólido e a temperatura na qual aquela se completa.

8. Prossiga o aquecimento até que a temperatura do material atinja cerca de  $85^{\circ}\text{C}$ .

9. Retire, então, o tubo de ensaio da água conforme mostra a figura 2 e comece imediatamente a anotar a temperatura do material a cada 15 segundos.

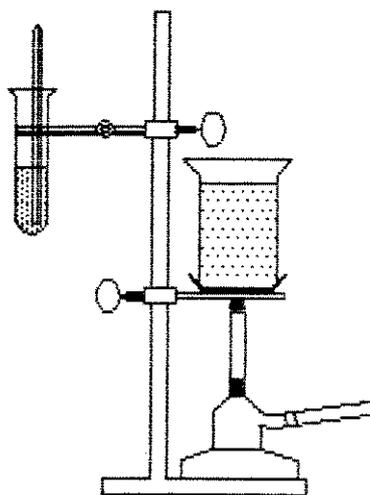


FIG. 2

10. Durante o resfriamento agite o material com o termômetro, CUIDADOSAMENTE. Assinale a temperatura em que inicia a solidificação e a temperatura em que esta se completa. Continue a anotar os dados até que a temperatura do material atinja cerca de  $50^{\circ}\text{C}$ .

11. Repita todo o procedimento descrito utilizando uma amostra de parafina.

## IV - Tabela de Dados

## NAFTALINA

## AQUECIMENTO

## RESFRIAMENTO

TEMPO (min)	TEMPERATURA °C	OBSERVAÇÕES	TEMPO (min)	TEMPERATURA °C	OBSERVAÇÕES
0	39			85	
1	41			80	começou a
2	43			80	solidificar
3	45			80	
4	47			80	
5	50			80	
6	52			79	
7	54			75	
8	56			72	totalmente
9	58			69	solidificada
10	60			65	
11	62			61	
12	64			58	
13	66			55	
14	68			52	
15	70			49	
16	72	começou a derreter			
17	74				
18	78				
19	80	derreteu-se			
20	80	derreteu-se			
21	82				
22	85				

## PARAFINA

## AQUECIMENTO

## RESFRIAMENTO

TEMPO (min)	TEMPERATURA °C	OBSERVAÇÕES	TEMPO (min)	TEMPERATURA °C	OBSERVAÇÕES
	40			80	
	43			76	
	46			70	começou a
	50			65	solidificar
	53			60	
	56			58	
	58	começou a derreter		57	
	60			56	
	65			55	
	69			54	
	74			53	
	76			52	
	78	totalmente		51	
	80	derretida		50	totalmente solidif.

## V - Análise dos Dados

1. Para analisar e comparar melhor os dados obtidos no experimento, construa, num mesmo papel milimetrado, o gráfico que representa o aquecimento da naftalina e o que representa seu resfriamento, colocando a temperatura em ordenadas e o tempo em abscissas. Construa também os gráficos que representam, o aquecimento e o resfriamento da parafina num outro papel milimetrado.

2. Verifique nos gráficos como a temperatura varia com o tempo desde o início até o final do aquecimento de cada um dos materiais.

. Naftalina - o gráfico apresenta temperatura constante durante 30 segundos.

. Parafina - o gráfico não apresenta temperatura constante.

3. Indique em cada gráfico a região que representa a fusão de cada um dos materiais. Quais as diferenças entre elas?

Naftalina - 80°C, é constante.

Parafina - de 58°C a 78°C, não é constante.

4. Verifique no gráfico que você construiu a temperatura correspondente ao ponto de fusão da naftalina. Compare com a temperatura que seus colegas de outros grupos obtiveram.

*São pontos bastante próximos.*

5. A fusão da parafina ocorre numa única temperatura?

*Não.*

6. A temperatura de fusão da naftalina é próxima à sua temperatura de solidificação? Verifique nos gráficos.

*Sim.*

7. A parafina solidifica-se numa única temperatura?

*Não.*

8. Quais as principais diferenças que você observou na variação da temperatura com o tempo durante o aquecimento e o resfriamento dos dois materiais?

*A naftalina apresenta temperatura constante por um intervalo de tempo tanto no aquecimento quanto no resfriamento,*

enquanto que a parafina não apresenta temperatura constante em nenhum momento.

## VI - Conclusões

Neste experimento você pode comparar o comportamento frente ao aquecimento e ao resfriamento da naftalina e da parafina, dois sólidos igualmente brancos. No entanto, você pode observar que a parafina, que é uma mistura de várias substâncias (G62) (SB/MT), apresenta uma faixa de temperatura onde ocorre a fusão e uma faixa de temperatura correspondente à solidificação. Já a naftalina, que é constituída por uma única substância chamada naftaleno, apresenta uma única temperatura de fusão e de solidificação. Além disso, ao comparar o ponto de fusão determinado por você com os valores obtidos pelos outros colegas para outras amostras de naftalina, você notou que esses valores são muito próximos.

1. Considerando que a quantidade de naftalina variou em cada grupo, você pode dizer que o ponto de fusão depende da quantidade de material?

Não, o ponto de fusão não depende da quantidade de material (G63).

2. Considerando que cada grupo de alunos utilizou naftalina de diferentes fabricantes, você pode dizer que o ponto de fusão depende da procedência da amostra?

Não, o ponto de fusão não depende da procedência da amostra (G64).

A tabela a seguir mostra os pontos de fusão e de solidificação de algumas substâncias.

SUBSTANCIA	PONTO DE FUSAO (°C)	PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO (°C)
UREIA	132	132
FERRO	1500	1500
CLORETO DE SODIO	801	801
AÇUCAR	189	189

Analisando suas respostas anteriores e a tabela acima, responda:

3. O ponto de fusão é uma propriedade característica de uma substância? Explique sua resposta.

Sim, o ponto de fusão é uma propriedade característica de uma substância, pois cada substância tem um ponto de fusão constante (G85) (SB).

4. Você poderia, através do ponto de fusão, diferenciar várias substâncias da mesma cor?

Sim, as substâncias podem ser diferenciadas por seus respectivos pontos de fusão (G86) (SB).

5. Para caracterizar uma substância é necessário determinar tanto o ponto de fusão como o ponto de solidificação? (G87) (SB). Justifique.

Não, pois o ponto de fusão e o ponto de solidificação são iguais para uma dada substância (G88) (SB).

6. Como se pode distinguir uma substância sólida de uma mistura?

Uma substância sólida pode ser distinguida de uma mistura através do ponto de fusão ou do ponto de solidificação, já que misturas não têm pontos de fusão ou de solidificação constantes (G69) (SB/MT).

7. Considerando suas conclusões neste experimento defina substância.

Substância é um material puro que possui ponto de fusão e ponto de solidificação constantes (G70) (SB).

8. Considerando suas conclusões neste experimento defina mistura.

Mistura é um material impuro, isto é, formado de várias substâncias que não têm ponto de fusão e ponto de solidificação constantes (G71) (MT).

## VII - Exercícios

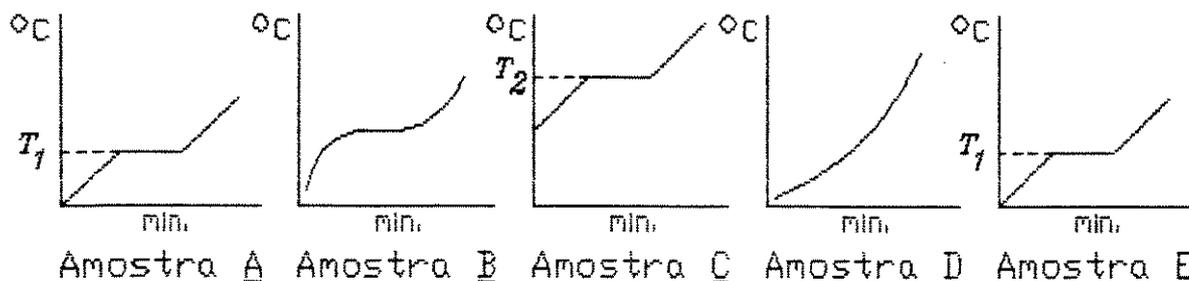
1. Se você realizou uma reação química para obter o ácido acetilsalicílico, como pode ter certeza de que se trata dele mesmo? Como você pode saber se está ou não puro?

*Através de aquecimento observo se a fusão do material ocorre em temperatura constante, para saber se está puro. Em seguida verifico se esta temperatura corresponde ao ponto de fusão do ácido acetilsalicílico.*

---

NOTA DE RODAPÉ: Existem algumas misturas chamadas misturas eutéicas que apresentam temperatura constante durante a fusão, por exemplo as ligas metálicas formadas pela mistura de bismuto e cádmio e de chumbo e arsênio (G72) (NT). No entanto, as misturas eutéicas são casos específicos, o que não invalida o uso do ponto de fusão no reconhecimento de uma substância pura (G73) (SB/MT).

2. Os gráficos abaixo mostram a variação da temperatura com o tempo durante o aquecimento de 5 amostras de sólidos aparentemente idênticos:



A partir da análise desses gráficos, responda justificando :

a) Quais das amostras são misturas?

*Amostras B e D, pois a fusão não ocorre numa mesma temperatura, mas sim numa faixa de temperatura.*

b) Quais das amostras são substâncias?

*Amostras A, C e E, pois a fusão se dá em temperatura constante para cada uma delas.*

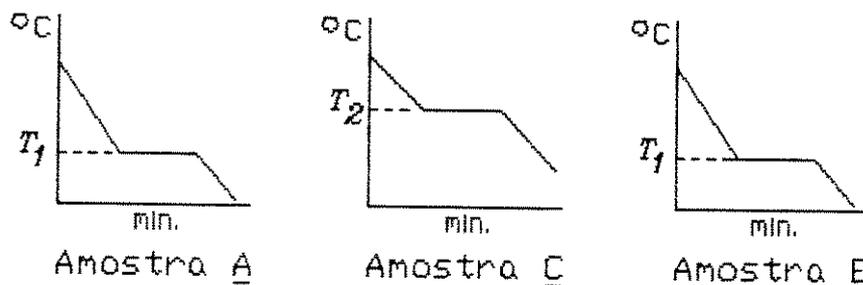
c) Você pode dizer que há mais de uma amostra da mesma substância?

*Sim, as amostras A e E, pois fundem à mesma temperatura ( $T_1$ ).*

d) Você pode dizer em quais das amostras há maior quantidade de material?

*Não, pois o tempo gasto para fundí-las é semelhante para todas elas.*

e) Esboce gráficos que representem o resfriamento das amostras das substâncias.



### VIII - Questões para Discussão

1. O ponto de solidificação da glicerina é  $17^{\circ}\text{C}$ . Se esta substância estivesse no Alaska, ela seria um sólido ou um líquido? Por que?

*Ela seria sólida, porque a temperatura ambiente no Alaska é inferior a  $17^{\circ}\text{C}$  e, abaixo desta temperatura, a glicerina encontra-se no estado sólido.*

2. O ponto de fusão da amônia é  $-77,7^{\circ}\text{C}$ . Numa montanha do Polo Norte onde a temperatura fosse  $-80^{\circ}\text{C}$ , em que estado físico você encontraria aquela substância?

*A temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$  é inferior à temperatura na qual a amônia se funde, portanto, ela se encontraria no estado sólido.*

3. Um estudante misturou dois sólidos no laboratório e notou uma mudança de cor. Como ele pode ter certeza de que ocorreu ou não uma reação química?

*Se houver a formação de um novo material, este fundirá à uma temperatura diferente da dos sólidos reagentes.*

#### Guia Experimental 4 : Ponto de Ebulição

##### I - Introdução

A determinação do ponto de fusão é uma maneira de se caracterizar uma substância e diferenciá-la de uma mistura (G74) (SB/MT). No entanto, a determinação do ponto de fusão é usada para o recebimento de sólidos (G75). No caso de líquidos, pode ser utilizada a determinação do ponto de solidificação (G76).

Uma outra propriedade utilizada na caracterização de substâncias e, que é particularmente usada para líquidos, é o ponto de ebulição (G77) (SB).

Quando se aquece um líquido, numa determinada temperatura, ele começa a ferver, ou seja, entra em ebulição (G78). Durante a ebulição, o líquido vai se transformando em vapor (G79). Essa transformação física é chamada de vaporização (G80). A temperatura em que ocorre a vaporização de uma substância líquida é chamada ponto de ebulição (G81) (SB).

Mas como o fenômeno da ebulição pode ser utilizado para caracterizar uma substância líquida e diferenciá-la de uma mistura?

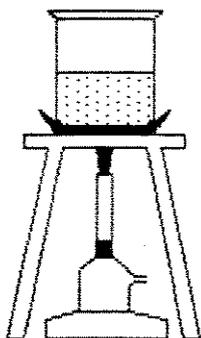
Você poderá responder esta pergunta realizando o experimento a seguir. Neste experimento você vai analisar a variação da temperatura com o tempo durante o aquecimento de um líquido puro e de uma mistura. Ao final deste experimento você deverá: verificar se o ponto de ebulição é uma propriedade característica de uma substância e se esta propriedade pode ser utilizada para caracterizar uma substância e distinguí-la de uma mistura.

## II - Material Necessário

- 2 bequers de 100 ml
- 1 tripé
- 1 tela de amianto
- 1 bico de Bunsen
- 1 termômetro de - 10 a 110 °C
- 1 cronômetro ou relógio com marcador de segundos
- água
- sal de cozinha

### III - Procedimento

1. Trabalhe com segurança: evite queimaduras, não pegando com as mãos os materiais quentes. Se a bancada do laboratório for de azulejo, não coloque materiais de vidro quentes diretamente sobre a bancada, coloque-os sobre uma tela de amianto.



2. Monte a aparelhagem necessária para aquecer água no bequer (conforme a figura ao lado).

3. Coloque água no máximo até metade do volume do bequer.

4. Coloque o termômetro na água e inicie o aquecimento. Durante o aquecimento agite a água com o próprio termômetro, CUIDADOSAMENTE.

5. A cada dois minutos, leia a temperatura da água e anote na tabela de dados. Assinale a temperatura em que se inicia a ebulição.

6. Após o início da ebulição, continue marcando a temperatura da água a cada dois minutos, durante dez minutos.

7. Coloque no outro bequer duas colheres de sal, adicione água no máximo até a metade do volume do bequer e agite com a bagueta até que o sal dissolva.

8. Repita o procedimento com esta mistura de água e sal.

## IV - Tabela de Dados

AGUA			AGUA E SAL		
TEMPO	TEMPERATURA	OBSERVAÇÕES	TEMPO	TEMPERATURA	OBSERVAÇÕES
0	23		0	25	
2	41		2	46	
4	59		4	60	
6	73		6	79	
8	88		8	93	
10	89		10	98	
12	98	entra em	12	103	entra em
14	98	ebulição	14	104	ebulição
16	98		16	105	
18	98		18	106	
20	98		20	109	

## V - Análise de Dados

1. Construa, em papel milimetrado, um gráfico que indique a variação da temperatura com o tempo durante o aquecimento da água e, outro, para o aquecimento da mistura de água e sal.

2. Indique em cada gráfico a região que representa a ebulição de cada um dos líquidos.

3. A água tem ponto de ebulição?

*Sim.*

4. Verifique no gráfico qual o ponto de ebulição da água e compare com o que seus colegas de outras equipes obtiveram.

*Os pontos de ebulição são semelhantes.*

5. A mistura de água e sal tem ponto de ebulição?

*Não.*

6. Verifique nos gráficos se a temperatura em que a água entrou em ebulição é igual ou diferente à temperatura em que a mistura água e sal entrou em ebulição.

*As temperaturas de ebulição da água e da água e sal são diferentes.*

## VI - Conclusões

1. Considerando suas respostas às questões anteriores e a tabela abaixo, responda justificando: O ponto de ebulição é uma propriedade característica de uma substância?

TABELA II

SUBSTANCIA	PONTO EBULIÇÃO
acetona	56,0 °C
álcool etílico	78,3 °C
éter etílico	34,6 °C
benzeno	80,0 °C

Sim, o ponto de ebulição é uma propriedade característica de uma substância, já que estas podem ser identificadas por seus pontos de ebulição (G&2) (SB).

2. Como é possível diferenciar várias substâncias líquidas, aparentemente iguais?

É possível diferenciar várias substâncias líquidas, aparentemente iguais, através de seus respectivos pontos de ebulição (G83) (SB).

3. Através do ponto de ebulição é possível diferenciar uma substância de uma mistura? (G84) (SB) Explique sua resposta.

Sim. A substância apresenta ponto de ebulição constante enquanto que a mistura não apresenta ponto de ebulição constante (G85) (SB/MT).

4. Consultando a tabela anterior (Tabela II), qual é a propriedade física mais conveniente para caracterizar essas substâncias líquidas? Por que?

É o ponto de ebulição, porque elas podem ser identificadas por ele.

5. Considerando as propriedades físicas que você estudou até agora, redefina substância.

Substância é material puro que apresenta ponto de fusão, ponto de solidificação e ponto de ebulição constantes (G86) (SB).

## VII - Exercícios

1. A acetona, líquido incolor, usado como solvente de algumas tintas e esmalte, pode ser obtida através de uma reação do álcool etílico. Esse álcool também é líquido e incolor. Como se pode ter certeza de que o produto obtido nessa reação é realmente a acetona?

Para se ter certeza de que o produto obtido é realmente a acetona, determina-se o ponto de ebulição do mesmo e compara-se com o da acetona.

Como saber se o produto é o líquido puro e não uma mistura?

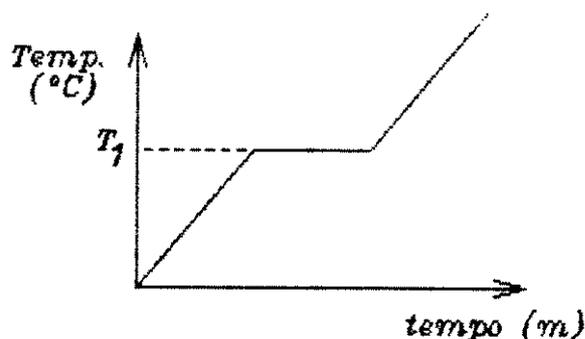
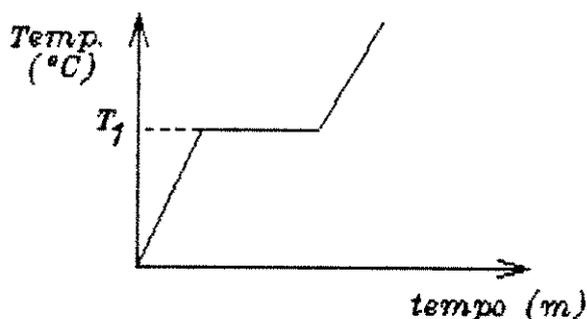
Através do ponto de ebulição, já que a substância tem ponto de ebulição constante enquanto que a mistura não (Ga7) (SB/MT).

2. Como é possível diferenciar água pura de água do mar filtrada sem experimentar o gosto?

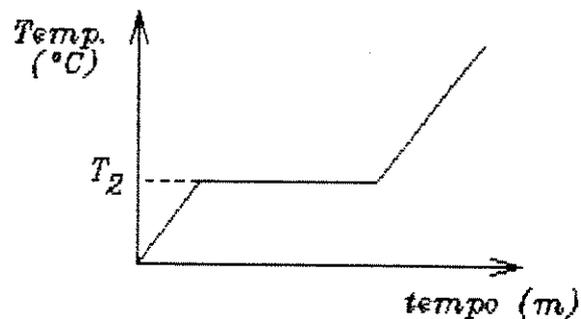
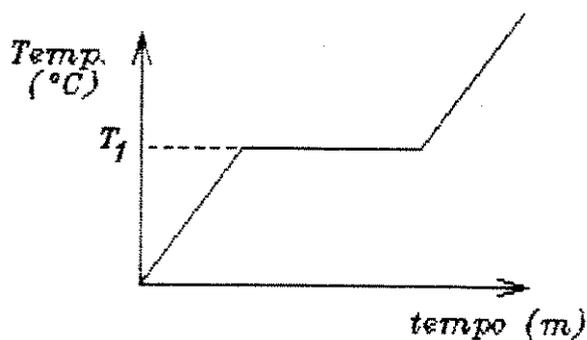
Através do ponto de ebulição: água pura é exemplo de substância (tem ponto de ebulição constante) e água do mar é exemplo de mistura (não tem ponto de ebulição constante).

3. Faça os esboços dos gráficos obtidos para o aquecimento de duas amostras de líquidos aparentemente idênticos, considerando os seguintes casos:

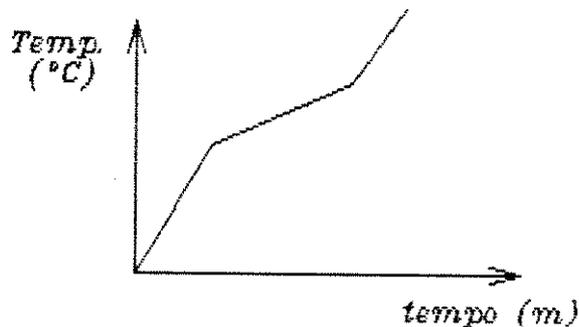
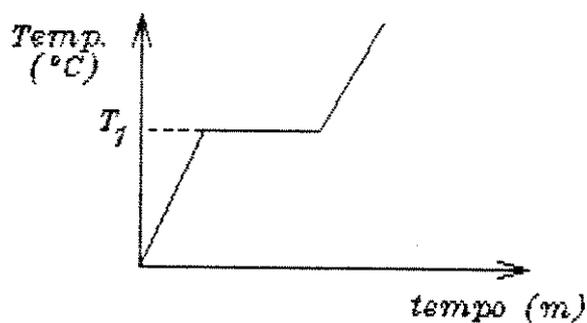
1-) As duas amostras são do mesmo líquido puro.



2-) As duas amostras são de líquidos puros diferentes.



3-) Uma amostra é de um líquido puro e a outra é de uma mistura.



NOTA DE RODAPÉ: Existem misturas líquidas chamadas misturas azeotrópicas, que apresentam um ponto de ebulição (G<sub>es</sub>) (MT). Um exemplo é a mistura constituída por 96% de álcool etílico e 4% de água. No entanto, as misturas azeotrópicas, sendo casos específicos, não invalidam o uso do ponto de ebulição como critério de distinção entre substâncias e misturas (G<sub>es</sub>) (SB/MT).

## VIII - Questões para Discussão

1. É possível saber o estado físico em que se encontra uma substância nas condições ambientes conhecendo-se o seu ponto de fusão e de ebulição? (G90) (SB)

Sim, é possível saber o estado físico em que se encontra uma substância nas condições ambientais, já que os pontos de fusão e de ebulição são as temperaturas nas quais a substância passa do estado sólido para o líquido e do líquido para o gasoso (G91) (SB).

Analise a tabela abaixo e responda a questão 2.

SUBSTANCIA	PONTO DE FUSAO	PONTO EBULIÇÃO
nitrogênio	- 210 °C	- 196 °C
bromo	- 7 °C	+ 59 °C
metano	- 183 °C	- 162 °C
difenilcarbinol	69 °C	298 °C

2. Quais dessas substâncias são gases, líquidos ou sólidos, à temperatura ambiente de 25 °C ? (G92) (SB)

Gases : Nitrogênio e metano;

Líquido : Bromo;

Sólido : Difenilcarbinol.

3. Na terra, uma das temperaturas, mais baixas é observada no Polo Norte, (aproximadamente -100°C). Pensando nisto, você acha que o ponto de ebulição do oxigênio deve ser menor ou maior que -50°C ? Justifique.

*Deve ser menor, já que no Polo Norte há vida, portanto, é necessário que o oxigênio esteja na forma gasosa.*

### Guia Experimental 5 : Densidade

#### I - Introdução

O álcool anidro e o álcool hidratado são líquidos de mesmo aspecto e de mesmo odor. Uma propriedade usada para distinguir esses dois líquidos é a densidade. Além disso, conhecendo-se a densidade de uma amostra de álcool hidratado pode-se determinar a composição da amostra, ou seja, a quantidade de álcool e de água que constituem a mistura.

Mas de que modo a determinação da densidade possibilita a caracterização de uma substância? E de que maneira o conhecimento desta propriedade permite distinguir uma substância de uma mistura?

Através deste experimento você vai encontrar respostas para estas questões, pois no final desta atividade você deverá ser capaz de:

- . Definir densidade;
- . Conhecer se a densidade é uma propriedade característica de uma substância;
- . Verificar como a densidade permite diferenciar uma substância de uma mistura.

## II - Material Necessário

- 3 frascos de boca larga
- 1 bequer de 400 ml
- água
- mercúrio
- ácido sulfúrico
- sal
- alumínio
- ferro
- 1 ovo

## III - Procedimento, Análise de Dados e Conclusões

### PARTE A

1. Seu professor vai lhe indicar 3 frascos contendo volumes iguais de três substâncias líquidas: água, ácido sulfúrico e mercúrio. Segure cada um dos frascos com cuidado. O que você nota?

*Noto que os pesos dos frascos são diferentes.*

2. As massas contidas em volumes iguais dessas substâncias são iguais? (G93) (SB) Justifique sua resposta.

*Não, apesar de apresentarem o mesmo volume, o frasco que contém mercúrio tem massa maior que o frasco que contém ácido sulfúrico, o qual tem massa um pouco maior do que o frasco que contém água.*

3. Compare agora a massa de uma amostra de ferro e de uma amostra de alumínio aproximadamente de mesmo volume. Para isso segure cada uma delas numa mão. O que você nota?

*Noto que a amostra de ferro é mais pesada.*

4. As massas contidas em volumes iguais dessas substâncias são iguais ? (G94) (SB) Justifique sua resposta.

*Não, mesmo contendo volumes iguais, ferro e alumínio possuem massas diferentes.*

Nessa atividade você comparou as massas de volumes iguais de algumas substâncias (G95) (SB). Assim, você pode perceber que a massa de cada substância que ocupa um determinado volume é diferente (G96) (SB).

A massa (m) de uma substância que ocupa um determinado volume (v) é expressa matematicamente pela razão  $m/v$  (G97) (SB). Esta razão é a densidade da substância e indica a massa de substância em gramas que ocupa um volume de  $1 \text{ cm}^3$  (G98) (SB).

A tabela abaixo mostra a densidade de algumas substâncias (G99) (SB):

SUBSTANCIA	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )
mercúrio	13,6
ácido sulfúrico	1,84
água	1,00
ferro	7,8
alumínio	2,7
chumbo	11,3
cobre	8,9
ouro	19,3
álcool metílico	0,79

5. Qual das substâncias da tabela anterior apresenta maior densidade?

*O ouro apresenta maior densidade.*

6. Se tivéssemos volumes iguais de ouro, cobre e chumbo qual apresentaria menor massa? Justifique sua resposta.

*O cobre, porque é menos denso.*

7. Se tivéssemos massas iguais de ácido sulfúrico, mercúrio e água os volumes seriam iguais? Justifique sua resposta.

*Não, seriam diferentes porque estas substâncias têm diferentes densidades.*

8. A densidade de uma amostra de 10 cm<sup>3</sup> de ferro é diferente da densidade de uma amostra de 5 cm<sup>3</sup> de ferro? Justifique sua resposta.

*Não, pois a densidade não depende do volume da substância (G100) (SB).*

9. A densidade de uma amostra de 27g de alumínio é diferente da densidade de uma amostra de 270g de alumínio? Justifique sua resposta.

*Não, pois a densidade não depende da massa da substância (G101) (SB).*

10. A densidade pode ser utilizada para caracterizar uma substância? Justifique sua resposta.

*Sim. A densidade é uma propriedade característica de uma substância (G102) (SB). Portanto, as substâncias têm densidades constantes (G103) (SB).*

Como a densidade é a razão entre a massa e o volume, no caso de líquidos, pode-se determinar a densidade medindo-se a massa numa balança e o volume numa proveta (G104).

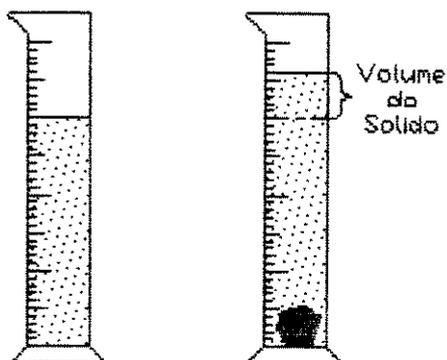


FIG. 1

No caso de alguns sólidos pode-se medir o volume imergindo o sólido num líquido contido numa proveta e observando o volume de líquido deslocado conforme indica a figura 1 (G105).

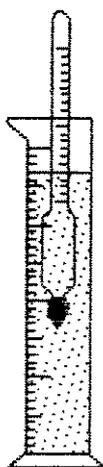


FIG. 2

Além disso, existem aparelhos que medem diretamente a densidade como os densímetros utilizados para líquidos (figura 2) (G106).

### PARTE B

Neste experimento utilizaremos um ovo para comparar densidade de líquidos.

1. Coloque um ovo num bequer com água e observe.

*O ovo fica no fundo do bequer.*

2. Adicione duas colheres de sal à água contida no bequer e agite. O que você nota?

*O ovo sobe.*

3. Vá adicionando mais sal aos poucos. O que acontece com o ovo?

*O ovo boia na mistura de água e sal.*

4. Você pode dizer que a densidade do líquido permanece a mesma com a adição do sal?

*Não, a densidade aumenta com a adição do sal.*

5. Diferentes misturas de água e sal apresentam a mesma densidade? Justifique sua resposta.

*Não, a densidade de uma mistura depende da composição química desta (G107) (MT).*

Assim como no caso da mistura água e sal, a mistura água e álcool (álcool hidratado) também não apresenta uma densidade característica. A densidade da mistura varia com a composição, isto é, com as quantidades de álcool e água presentes na amostra (G108) (MT). No entanto, para uma determinada composição têm-se uma densidade, o que permite saber a composição da mistura conhecendo-se a densidade (G109) (MT).

Também outras misturas como as ligas metálicas, que são misturas de metais, apresentam densidades diferentes dependendo da composição (G110) (MT).

A tabela a seguir mostra a densidade de misturas de álcool etílico (etanol) e água de diversas composições:

COMPOSIÇÃO (volume de etanol em 100 cm <sup>3</sup> de mistura)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )
10,0	0,99
20,0	0,98
30,0	0,97
40,0	0,95
50,0	0,93
92,0	0,83
96,0	0,81
99,0	0,80

6. Como é possível distinguir uma substância de uma mistura através da densidade? (G111) (SB/MT)

É possível distinguí-las, já que a densidade para uma substância é constante, enquanto que para uma mistura, varia com a composição desta (G112) (SB/MT).

### Guia Experimental 6 : Solubilidade

#### I - Introdução

Dois sólidos parecidos como o sal e o açúcar podem ser distinguidos através do ponto de fusão, afinal o açúcar funde a 189°C e o sal 810°C. Mas nem sempre é fácil fundir sólidos, alguns deles exigem temperaturas altíssimas que não são conseguidas em laboratório (G113).

Quando não é fácil medir-se o ponto de fusão, pode-se reconhecer um sólido através de sua densidade (G114). No guia anterior comparou-se a densidade de alguns sólidos. Para se conhecer a densidade de um sólido, em geral, mede-se a sua massa em uma balança e o seu volume pelo deslocamento de um líquido (G115). Mas existem alguns sólidos que dissolvem em água e em outros solventes (solventes são líquidos usados para dissolver) (G116). Portanto, neste caso fica difícil usar-se a densidade para reconhecer sólidos.

Será que a propriedade de uma substância sólida dissolver-se num líquido pode ser usada para reconhecer esta substância? (G117) (SB). Ou seja, será que a solubilidade também é uma propriedade característica de cada substância?

Para responder esta questão você deverá realizar os experimentos a seguir onde analisará:

- Se um solvente dissolve igualmente diversas substâncias.

- Se uma substância é dissolvida igualmente em diversos solventes.

- Se uma substância dissolve-se igualmente em temperaturas diferentes.

- Como a massa de uma substância a ser dissolvida varia com o volume de solvente usado para dissolvê-la (G118) (SB).

- Se a solubilidade é uma propriedade característica de uma substância.

## II - Material Necessário

- 18 tubos de ensaio
- 1 estante de tubos de ensaio
- 1 proveta de 10ml ou pipeta graduada
- 1 bico de Bunsen
- 1 espátula ou colherinha
- 1 pinça de madeira
- 1 almofariz com pistilo
- água
- álcool
- acetona
- açúcar
- sal de cozinha
- talco
- naftalina
- sulfato de cobre II

## III - Procedimento

### PARTE A

1. Não toque com as mãos em nenhum sólido ou líquido. Use a pipeta (ou proveta) para os líquidos e a espátula (ou colherinha) para os sólidos.

2. Coloque em um tubo de ensaio aproximadamente 5 ml de água. Adicione ao tubo com água a menor quantidade possível de açúcar. Agite conforme as instruções do seu professor. Adicione mais açúcar aos poucos e agite. Anote na tabela A:

- Dissolve muito
- Dissolve pouco
- Não dissolve

3. Repita o item 2 para outras substâncias, tais como: talco, sal de cozinha, naftalina, enxofre e sulfato de cobre II.

4. Repita o item 2 para outros solventes, tais como: álcool e acetona (cuidado que a acetona é muito volátil e evapora muito rapidamente. Evite cheirá-la muito).

TABELA A

SOLIDOS	açucar	SAL	TALCO	ENXOFRE	NAFTALINA	SULFATO DE COBRE II
SOLVENTES						
AGUA	dissolve muito	dissolve muito	não dissolve	não dissolve	não dissolve	dissolve muito
ALCOOL	não dissolve	não dissolve	dissolve muito	não dissolve	não dissolve	não dissolve
ACETONA	dissolve pouco	não dissolve	dissolve muito	não dissolve	dissolve muito	não dissolve

**PARTE B**

1. Triture em um almofariz 3,0g de sal sulfato de cobre II.

2. Coloque em 5 tubos de ensaio (limpos e secos) as seguintes quantidades de sulfato de cobre II:

TUBO 1	TUBO 2	TUBO 3	TUBO 4	TUBO 5
0,20g	0,40g	0,60g	0,80g	1,00g

3. Adicione a cada tubo de ensaio 3,0 ml de água com o auxílio de uma pipeta ou proveta. Agite até que não se dissolva mais sal. Anote na tabela B suas observações quanto à cor do líquido e quantidade de sólido que sobrou.

TABELA B

TUBOS	1	2	3	4	5
Cor do líquido	azul claro	azul mais forte	azul mais intenso que 2	azul mais intenso que 3	azul bem intenso
quantidade do sólido que sobrou	não sobrou	não sobrou	não sobrou	sobrou pouco sólido	mais sólido do que em 4

4. Aqueça cada um dos tubos de ensaio, com a ajuda de um bico de Bunsen ou lamparina, até que o líquido quase ferva. Anote na tabela C suas observações quanto a cor do líquido e quantidade de sólido que sobrou após o aquecimento.

TABELA C (após aquecimento)

TUBOS	1	2	3	4	5
cor do líquido	intensificou o azul	azul mais intenso	azul mais intenso	azul mais intenso	azul mais intenso
quantidade do sólido que sobrou	não sobrou sólido	não sobrou sólido	não sobrou sólido	não sobrou sólido	não sobrou sólido

5. Esfrie cada um dos tubos de ensaio em água. Anote suas observações na tabela D.

TABELA D (após o resfriamento)

TUBOS	1	2	3	4	5
cor do líquido	voltou o azul normal	voltou o azul anterior			
quantidade do sólido que sobrou	não sobrou sólido	não sobrou sólido	não sobrou sólido	muito pouco sólido	um pouco mais do que em 4

6. Adicione mais 3,0ml de água ao tubo 5. Compare a coloração do líquido com a dos outros tubos e anote suas observações.

*A coloração do líquido ficou semelhante à coloração do líquido do tubo 3.*

#### IV - Análise de Dados

As substâncias que são dissolvidas são chamadas de solutos. Após a dissolução de um soluto num solvente obtém-se uma solução (G119) (SB).

1. Com o auxílio da tabela A responda:

- Qual é o soluto que dissolve mais em água?
- Qual é o soluto que dissolve menos em água?
- Qual é o melhor solvente para o naftaleno?
- Pode-se afirmar que o sulfato de cobre II dissolve mais em água do que em álcool? Justifique a sua resposta.

*Sim, porque sobra mais soluto quando se dissolve o sulfato de cobre II em álcool.*

2. Com a ajuda da tabela B responda e justifique suas respostas.

a) As quantidades de soluto (sulfato de cobre II) que dissolveram nos tubos 1 e 2 foram iguais?

*Não, pois as colorações dos líquidos não são iguais.*

b) As quantidades que dissolveram nos tubos 2 e 3 foram iguais?

*Não, pois as colorações dos líquidos não são iguais.*

c) As quantidades que dissolveram nos tubos 3 e 4 foram iguais?

*Não.*

d) As quantidades que dissolveram nos tubos 4 e 5 foram iguais?

*Não.*

3. Comparando a tabela C com a tabela B, responda:

a) Em quais tubos ocorreram mudanças? E quais foram elas?

*Em todos os tubos a coloração do líquido se intensificou. Nos tubos 4 e 5, em C, os sólidos dissolveram-se.*

4. Comparando as tabelas B, C e D; responda:

a) O que ocorre após o resfriamento com as quantidades de soluto dissolvidas em cada tubo?

*São diferentes.*

b) Qual foi o efeito do aumento de temperatura?

*Aumentou a solubilidade.*

5. Após adicionar água no tubo 5 obtém-se uma solução semelhante a qual dos outros tubos? Explique.

*Semelhante ao tubo 3. Com a adição de mais água, mais sulfato de cobre II se dissolve.*

## V - Conclusões

1. O que você pode concluir sobre a dissolução de uma substância em diferentes solventes?

Uma substância não é dissolvida igualmente em vários solventes (G120) (SB).

2. O que você pode concluir sobre a dissolução de várias substâncias em um mesmo solvente?

Um solvente não dissolve várias substâncias igualmente (G121) (SB).

Na parte B da experiência, você viu que em alguns tubos não foi possível dissolver todo o sulfato de cobre II sem aquecer ou adicionar mais solvente. Nesses tubos obteve-se soluções que são chamadas de soluções saturadas (G122).

Nas soluções saturadas não é possível dissolver mais soluto, atingiu-se um limite. Por outro lado, as soluções em que ainda é possível dissolver mais soluto, são chamadas de insaturadas (G123).

1. Em quais tubos, na parte B da experiência, obteve-se soluções saturadas?

*Tubos 4 e 5.*

2. Em quais tubos, na parte B da experiência, obteve-se soluções insaturadas?

*Tubos 1, 2 e 3.*

3. Se na parte B da experiência, usássemos 5 ml de água apenas, suas respostas às questões 1 e 2 seriam diferentes? Explique.

*Sim, as respostas seriam diferentes porque seria possível dissolver mais soluto do que é possível em 3 ml de solvente.*

4. Se na parte B da experiência, usássemos álcool no lugar de água, suas respostas às questões 1 e 2 seriam diferentes? Explique.

*Sim, porque o sulfato de cobre II dissolve diferentemente em água e álcool.*

5. Se fizéssemos a experiência no inverno e no verão obteríamos resultados iguais ou diferentes? Explique.

*Obteríamos resultados diferentes porque com o aumento da temperatura (verão), aumenta a quantidade de soluto dissolvido.*

6. Solubilidade é a quantidade máxima de um soluto que é possível dissolver numa determinada quantidade de um solvente. As quantidades de soluto e solvente são, em geral, expressas em gramas (G124).

Como a solubilidade varia com a temperatura, é sempre necessário indicar a temperatura em que o valor da solubilidade foi determinado (G125). A tabela a seguir mostra a solubilidade de várias substâncias em 100g de água na temperatura de 20°C (G126) (SB).

TABELA DE SOLUBILIDADE DE ALGUMAS SUBSTANCIAS EM 100G  
DE AGUA, NA TEMPERATURA DE 20°C

Sulfato de cobre II	20,7 g
Nitrato de potássio	31,6 g
Enxofre	0,0 g
Silicato de magnésio (talco)	0,0 g
Bicarbonato de sódio	9,6 g
Iodo	0,029g
Cloreto de sódio	36,0 g

Como você pode verificar na tabela, algumas substâncias são muito solúveis em água e outras são pouco solúveis, algumas até insolúveis.

Conforme indica a tabela, a solubilidade também é uma propriedade característica de uma substância como o ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade (G127) (SB). Defina substância levando em conta essas 4 propriedades físicas.

Substância é um material puro que possui ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade características (G128) (SB).

Como a solubilidade é uma propriedade característica das substâncias, há métodos para separar misturas baseados nessa propriedade (G129) (SB/MT).

Assim como a densidade, a solubilidade de uma mistura varia com a composição (G130) (MT).

## VII - Exercícios

1. Sabe-se que na temperatura de 20°C é possível dissolver no máximo 0,60g de sulfato de cobre II em 3,0 ml de água. Critique as seguintes afirmações:

a) Em 3,0 ml de água é possível dissolver 0,30g de sulfato de cobre II na temperatura de 20°C.

*Correto, pois nesta temperatura é possível dissolver até 0,60g de sulfato de cobre II em 3,0 ml do solvente água.*

b) Em 3,0 ml de água é possível dissolver 0,50g de sulfato de cobre II na temperatura de 20°C.

*Correta, pois à 20°C a solubilidade do sulfato de cobre II é de 0,60g/3,0ml de água.*

c) Em 3,0 ml de água é possível dissolver 0,80g de sulfato de cobre II dependendo da temperatura.

*Correta, se a temperatura for superior a 20°C.*

d) Em 6,0 ml de água é possível dissolver 1,40g de sulfato de cobre II na temperatura de 20°C.

*Incorreta, pois nesta temperatura só é possível dissolver 1,20g desse soluto em 6,0 ml de água.*

e) Classifique cada uma das soluções obtidas com as quantidades acima, em insaturadas e saturadas.

*Soluções insaturadas: a, b e c*

*Solução saturada : d*

## VIII - Questões para Discussão

1. O álcool se mistura muito mais facilmente com a água do que com a gasolina. A solubilidade do álcool na água é infinita, isto é, nunca obtém-se uma solução saturada de álcool e água.

Será que a solubilidade do álcool na gasolina é infinita?

*Não, já que o álcool não se mistura tão bem com a gasolina como se mistura com a água.*

2. O nitrato de potássio que é um sólido branco usado na fabricação da pólvora, na conservação de alimentos, como adubo e, é muito solúvel em água (consulte a tabela). Entretanto ele é dificilmente encontrado no Brasil, mas é encontrado em abundância no Chile e na Índia.

Levando em conta as características geográficas destes dois países:

Chile - País com altitudes elevadíssimas (as temperaturas são baixas em elevadas altitudes).

Índia - País com vastas regiões desérticas.

Procure explicar por que razão encontra-se nitrato de potássio nestes países?

*No Chile é explicado porque a solubilidade diminui com a diminuição da temperatura, permanecendo o nitrato de potássio no estado sólido. Na Índia ele é encontrado devido à escassez de água.*

3. Você poderia retirar uma camada de tinta velha de um portão usando a propriedade de solubilidade?

*Sim, utilizando um solvente adequado à dissolução da tinta.*

## Texto 2 : As Reações Químicas e as Propriedades Físicas

As reações químicas são transformações em que ocorre a formação de novos materiais (G131) (RQ).

Porém, nem sempre é fácil decidir sobre a ocorrência ou não de uma reação química num sistema, uma vez que a observação de evidências de reação química apenas indica, mas não garante, que tenha havido a formação de novos materiais (G132) (RQ).

É, portanto, necessário o conhecimento de outras propriedades do sistema em estudo além de cor, cheiro, estado físico e temperatura que permitam concluir sobre a ocorrência ou não de uma reação química (G133) (RQ).

O estudo de propriedades físicas como ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade, além de permitir classificar um material como substância ou mistura, permite caracterizar uma substância (G134) (SB/MT).

Então, a comparação das propriedades físicas das substâncias componentes do sistema antes da transformação e das propriedades físicas das substâncias componentes do sistema após a transformação permite concluir sobre a ocorrência ou não de uma reação química no sistema (G135) (SB/RQ).

Se houver mudança nas propriedades físicas dos componentes do sistema, conclui-se que as substâncias iniciais se transformaram em outras substâncias - ocorreu uma reação química no sistema (G136) (SB/RQ).

Se não houve mudança nas propriedades físicas dos componentes do sistema, conclui-se que as substâncias não se transformaram em outras - ocorreu um processo físico (G137) (SB).

A caracterização e a distinção de substâncias através de suas propriedades físicas permite também saber quais os produtos de uma reação química (G138) (SB/RQ). Mas será que é necessário o conhecimento de todas as propriedades de uma substância para caracterizá-la?

Esta questão pode ser respondida através da análise da tabela abaixo:

TABELA I

SUBSTANCIA	PONTO DE FUSAO (°C)	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)	SOLUBILIDADE a 20°C (g/100g de água)	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	COR
AGUA	0	100	-----	1,00	incolor
ALCOOL ETILICO (ETANOL)	-114,5	78,4	•	0,789	incolor
ACETONA	- 94,8	56,2	•	0,791	incolor
ACIDO SULFURICO	10,35	340	•	1,834	incolor
MERCURIO	- 38,87	356,73	insolúvel	13,546	prateado
NAFTALENO	80,2	218,0	0,003 25°C	1,145	branco
SULFATO DE COBRE II	110	250	20,7	2,286	azul
FERRO	1535	2885	insolúvel	7,86	prateado
ALUMINIO	660,1	2450	insolúvel	2,70	prateado
BENZENO	5,5	80,1	0,07 22°C	0,879	incolor
TOLUENO	- 95	110,6	insolúvel	0,866	incolor
TRINITROTOLUENO (TNT)	80,1	explode a 280	0,15 (a quente)	1,654	branco

Como você pode notar na tabela, existem substâncias que apresentam pontos de fusão muito próximos, como por exemplo o naftaleno (80,2°C) e o trinitrotolueno (80,1°C) ou a acetona (-94,8°C) e o tolueno (-95°C). Existem também outras substâncias que apresentam pontos de fusão tão altos que não é possível fundi-las usando as fontes de aquecimento disponíveis, em geral, nos laboratórios. Portanto, o ponto de fusão não é uma propriedade conveniente para caracterizar e distinguir essas substâncias. Então é necessário o conhecimento de outras propriedades dessas substâncias.

É possível, por exemplo, distinguir a acetona e o tolueno através de seus pontos de ebulição que são bem diferentes (56,2°C) para a acetona e (110,6°C) para o tolueno, ou pela solubilidade (a acetona se dissolve em água em qualquer proporção e o tolueno é insolúvel em água). Já a densidade dessas duas substâncias são muito próximas o que torna inconveniente o uso da densidade para distingui-las. Mas, no caso do ferro, a propriedade mais conveniente para caracterizá-lo é a densidade.

Portanto, dependendo do caso, é mais conveniente o uso de uma ou de outra propriedade na caracterização e distinção de substâncias.

### Exercícios

1. Através de uma reação química obteve-se, a partir de álcool etílico (ponto de ebulição = 78,4°C) um líquido incolor de ponto de ebulição 56,2°C.

a) Você pode garantir que ocorreu reação química? Justifique.

*Sim, ocorreu reação química pois houve mudança nos valores de ponto de ebulição.*

b) Consultando a tabela da página 43, qual deve ser o produto dessa reação?

*Deve ser a acetona.*

2. É conveniente o uso do ponto de ebulição para distinguir naftaleno e trinitrotolueno? Justifique.

*Não, porque o trinitrotolueno é explosivo.*

3. É conveniente o uso da densidade para distinguir álcool etílico de acetona?

*Não, porque os valores de densidade para estas duas substâncias são muito próximos:*

$$d_{\text{álcool}} = 0,789\text{g/cm}^3$$

$$d_{\text{acetona}} = 0,791\text{g/cm}^3$$

### Texto 3 : Outras Aplicações das Propriedades

Através dos quatro primeiros guias experimentais deste Capítulo II, constatou-se que as propriedades físicas - ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade - são características das substâncias, o que permite identificá-las (G139) (SB). Por sua vez, é essa identificação que justifica a utilização das propriedades físicas das substâncias para reconhecer a ocorrência de uma reação química, já que os produtos de uma reação sendo substâncias diferentes dos reagentes apresentam também diferentes propriedades físicas (G140) (SB/RQ).

Além dessas importantes aplicações das propriedades, elas permitem ainda a separação de misturas e a determinação da pureza das substâncias separadas (G141) (SB/MT).

Deve-se levar em conta que a substância é considerada para de acordo com a finalidade a que se destina (G142) (SB). Por exemplo: o álcool hidratado usado como combustível é uma mistura (água-álcool), que não precisa ser purificada porque mesmo sendo uma mistura queima como combustível.

Para saber se o material a ser utilizado está puro ou não, é necessário determinar suas propriedades físicas. Se o material estiver impuro, isto é, constituir uma mistura de substâncias, e se for necessário purificá-lo, tem-se que escolher um método mais conveniente para tal (G143) (SB/MT).

Por sua vez, a escolha do método mais conveniente depende do tipo da mistura a ser separada, bem como das condições materiais, econômicas e do tempo gasto na separação (G144) (MT).

Você já pensou em como o sal é separado da água do mar? Ou como se separam as impurezas existentes na água, tornando-a possível de ser bebida? E a poeira, como é separada do ar utilizado no motor dos carros?

Ao realizar os experimentos que vêm a seguir, você vai perceber que para cada tipo de mistura existe um método mais conveniente de separar seus constituintes e que este método vai estar baseado em certas propriedades físicas das substâncias que constituem o sistema. Os métodos focalizados neste estudo são: decantação, filtração, destilação e recristalização (G145) (SB/MT).

## Guia Experimental 7 : Decantação

### I - Introdução

Se você tivesse vontade de fazer café e não possuísse um filtro de café, como faria para separar o pó de café do café líquido?

Porque você agita determinados sucos de frutas antes de tomá-los?

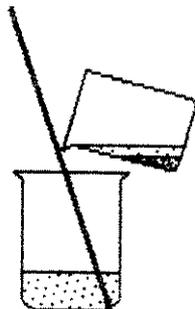
Para responder estas questões você vai conhecer, neste experimento, um método de separação de misturas denominado decantação (G146)(MT). Ao final deste experimento você deverá saber para que tipos de misturas esse método pode ser usado e em qual propriedade física ele se baseia.

### II - Material Necessário

- 2 bequers de 250 ml
- 1 bastão de vidro
- 1 funil de decantação
- 1 suporte universal
- 1 argola
- 1 bequer de 100 ml
- água
- areia
- óleo
- sal
- álcool
- clorofórmio

### III - Procedimento

#### A) Sistema água-areia.



1. Num bequer de 250ml misture uma porção de areia com água e agite a mistura com a bagueta.

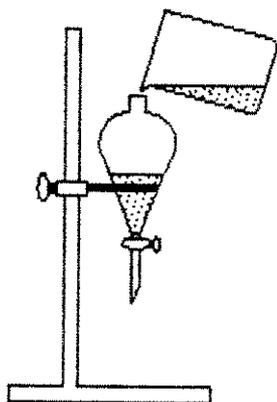
Deixe-a em repouso, aproximadamente, por dois minutos.

Anote suas observações.

*A areia fica no fundo do bequer.*

2. Separe o líquido entornando o frasco, conforme o esquema acima.

#### B) Sistema água-óleo.



1. Num bequer de 250 ml misture 50 ml de óleo com 50 ml de água, agitando com a bagueta.
2. Transfira a mistura para um funil de decantação (vide figura ao lado). Agite o mesmo e deixe-o em repouso, aproximadamente por dois minutos.

3. Abra a torneira do funil e recolha o primeiro líquido num bequer de 250 ml.

4. Anote suas observações.

*A água decantada é retirada do funil de decantação.*

C) Sistema: Solução aquosa de cloreto de sódio (sal comum dissolvido em água).

1. Misture num bequer de 250 ml um pouco de sal em uma porção de água. Deixe a mistura em repouso, aproximadamente por dois minutos.

2. Anote suas observações.

*O sal se dissolve totalmente na água.*

D) Sistema: água-álcool.

1. Misture num bequer de 250 ml uma porção de álcool com água. Deixe a mistura em repouso, aproximadamente por dois minutos.

2. Anote suas observações.

*A água se mistura totalmente com o álcool.*

E) Sistema: água-clorofórmio.

1. Num bequer de 100 ml misture 10 ml de clorofórmio com 50 ml de água e agite com a bagueta.

2. Transfira a mistura para um funil de decantação. Agite o mesmo e deixe-os em repouso, aproximadamente por dois minutos.

3. Abra a torneira do funil e recolha o primeiro líquido num bequer de 250 ml.

4. Anote suas observações.

*O clorofórmio separa-se da água e é recolhido num bequer.*

#### IV - Análise de Dados

1. Em quais dos sistemas (A, B, C, D, E) o método de separação por decantação foi eficiente?

*A decantação foi eficiente em A, B e E.*

2. O que você observou de comum nos sistemas em que a decantação foi eficiente? E naqueles em que não foi?

*Em A, B e E um dos componentes é separado, enquanto que em C e D, os componentes do sistema formam soluções.*

3. Os sistemas C e D são exemplos de sistemas homogêneos. Outros exemplos de sistemas homogêneos são: água-álcool, acetona-álcool, água-mineral, ar atmosférico sem poeira. Com tais informações defina sistema homogêneo.

Sistemas homogêneos apresentam um único aspecto, ou seja, são misturas em que não se distingue as substâncias componentes (G147) (SB/MT).

4. Os sistemas A, B e E são exemplos de sistemas heterogêneos. Outros exemplos de sistemas heterogêneos são: água-gasolina, granito, ar atmosférico com poeira, areia-serragem. Com tais informações defina sistema heterogêneo.

Sistemas heterogêneos apresentam mais de um aspecto, ou seja, são misturas nas quais as substâncias componentes podem ser distinguidas (G148) (SB/MT).

5. Os sistemas homogêneos tais como: água-álcool, água-sal dissolvido, ar sem poeira, apresentam apenas um aspecto visual. Entretanto, em cada sistema heterogêneo como: água-óleo, areia-ferro em limalhas, observam-se vários aspectos. Esses aspectos são denominados fases (G149). Agora, redefina sistema homogêneo e sistema heterogêneo.

Sistema homogêneo : apresenta uma única fase;  
Sistema heterogêneo: apresenta mais de uma fase  
(G150) (MT).

## V - Conclusões

Em função do experimento realizado e da análise de dados, responda às seguintes questões:

1. O que é decantação?

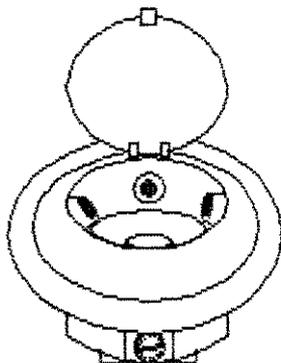
A decantação é um método de separação de misturas (G151) (MT).

2. Para que tipos de misturas o método de separação por decantação é eficiente?

A decantação só é eficiente para misturas heterogêneas (G152) (MT).

3. Em que propriedade se baseia o método de separação por decantação?

A decantação baseia-se na solubilidade e na densidade das substâncias componentes da mistura (G153) (SB/MT).



4. Existe um método mais rápido de decantação, isto é, o da centrifugação, realizado em aparelhos chamados centrífugas ou centrifugadores (G154). Nas indústrias de laticínios, a manteiga é separada do leite, utilizando-se centrífugas, isto é, a mistura gira a uma grande velocidade e o material mais denso (leite sem gordura) deposita rapidamente no fundo do tubo.

## VI - Exercícios

1. Cite cinco sistemas homogêneos e cinco heterogêneos, especificando o número de fases de cada um.

a) *HOMOGENEOS* : *sal-açúcar (1), água-sal (1), água-sal-açúcar (1);*

b) *HETEROGENEOS* : *granito (3), vinagre-óleo-sal (2), gasolina-água (2).*

2. Considerando os sistemas da questão anterior, em quais deles você empregaria o método de separação por decantação?

- *Vinagre-óleo-sal para separar os componentes líquidos.*

- *Gasolina-água.*

3. Consulte a tabela I (p. 43) e responda para quais dos sistemas abaixo o método de separação por decantação é eficiente?

Sistemas: a) Água-sulfato de cobre

*Não é eficiente.*

X b) Benzeno-água

*Sim, é eficiente.*

X c) Naftaleno-água

*Sim, é eficiente.*

d) Acido sulfúrico-água

*Não é eficiente.*

X e) Mercúrio-água

*Sim, é eficiente.*

## Guia Experimental 8 : Filtração

### I - Introdução

Em muitos casos a decantação é um método conveniente de separar misturas (G155) (MT). No entanto, você não o utilizaria para separar toda a terra contida numa porção de água barrenta, pois a água nunca ficaria completamente livre de terra. Para misturas deste tipo qual seria o método mais conveniente de separá-las?

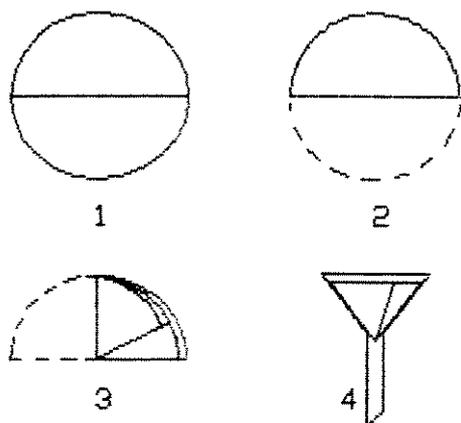
Neste experimento você vai conhecer um outro método de separação de misturas heterogêneas - filtração - (G155) (MT) e ao final deste trabalho prático, você deverá ser capaz de decidir sobre a conveniência do uso da decantação ou da filtração.

### II - Material Necessário

- 2 bequers de 150 ml
- 1 bastão de vidro
- 1 funil de vidro
- 3 papéis de filtro
- 1 pisseta
- 1 suporte universal
- 1 argola
- água
- terra
- açúcar
- enxofre

### III - Procedimento

#### A) Sistema água-terra



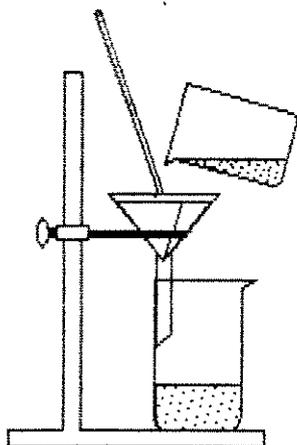
1. Misture terra num bequer contendo água. Agite a mistura e deixe-a em repouso aproximadamente por dois minutos.

2. Dobre o papel de filtro de acordo com as etapas do esquema ao lado.

3. Filtre a mistura conforme o esquema ao lado.

4. Anote suas observações.

*A terra fica retida no papel de filtro.*



#### B) Sistema água-açúcar

Repita o procedimento anterior utilizando uma mistura de água com um pouco de açúcar. Anote suas observações.

*O filtrado contém açúcar.*

#### C) Sistema água-enxofre

Repita o procedimetno, utilizando uma mistura de água com um pouco de enxofre. Anote suas observações.

*O enxofre fica retido no papel de filtro.*

#### IV - Análise de Dados

1. Em quais dos sistemas (A, B, C) o método de separação por filtração foi eficiente?

*Foi eficiente nos sistemas A e C.*

2. Seria conveniente utilizar o método de separação por decantação para os sistemas A, B, C?

*Não, pois em A a terra não decanta totalmente; a decantação não é eficiente para soluções B; o enxofre não decanta em C.*

3. Ao filtrar a mistura de água e terra e de água e enxofre você obteve água límpida?

*Sim.*

#### V - Conclusões

1. Para que tipos de misturas a filtração é eficiente?

*A filtração é eficiente para misturas heterogêneas (G157) (MT).*

2. Em que propriedades físicas - ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade - se baseia o método da filtração?

*A filtração baseia-se na solubilidade das substâncias componentes da mistura (G158) (SB/MT).*

3. Indique as semelhanças e diferenças que você observou entre os métodos de separação por filtração e por decantação.

SEMELHANÇAS	DIFERENÇAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>método de separação de misturas heterogêneas</u></li> <li>- <u>baseiam-se na propriedade da solubilidade</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>filtração somente para misturas sólido-líquido (G159) (MT)</u></li> <li>- <u>decantação baseia-se também na densidade</u></li> </ul>

## VI - Exercícios

1. Considerando os seguintes sistemas:

- A) Água-pedrinhas
- B) Sal-ferro (em limalhas)
- C) Alcool-água
- D) Vinagre-óleo
- E) Água-talco
- F) Leite-nata

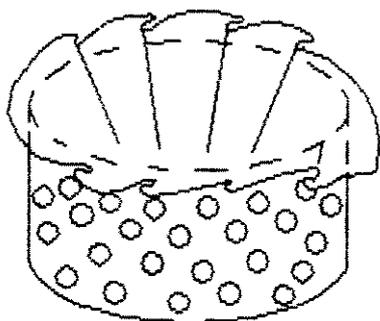
Classifique-os de acordo com as colunas abaixo:

1) Sistemas separáveis por decantação e também por filtração.	2) Sistemas separáveis por decantação.	3) Sistemas separáveis somente por filtração.	4) Sistemas não separáveis por decantação, nem por filtração.
a	d	e	b
f			c

2. Você conhece um processo de fabricação do queijo tipo mineiro, em geral, feito nas fazendas?

Inicialmente o leite recém-tirado da vaca é colocado num caldeirão grande de alumínio, ao qual em seguida é colocado o coalho. Este último vem acelerar o processo pelo qual o leite coalha.

Depois de totalmente coalhado, o que demora cerca de quatro horas, o leite constituiu-se de uma mistura heterogênea: o soro, que é menos denso e a parte coalhada, mais densa, da qual vai ser feito o queijo.



A mistura é então separada utilizando para isso uma forma do tipo desta esquematizada ao lado, em cujo interior existe um pano.

A parte coalhada é apertada na forma, passando então o soro através do pano e dos furos. Entretanto, a separação total só ocorre depois de aproximadamente três horas de repouso. O soro é desprezado.

Identifique no procedimento acima os métodos de separação utilizados.

1. *Decantação: leite coalhado.*
2. *Filtração : separação da mistura leite coalhado e soro.*

## Guia Experimental 9 : Recristalização

### I - Introdução

Diariamente, você ingere cloreto de sódio, isto é, sal de cozinha, através das comidas que você come. Além de ser um componente fundamental na cozinha, o cloreto de sódio tem outros usos importantes, tais como: conservante de alimentos, remédio e matéria-prima para a obtenção de outros produtos como a soda cáustica e o cloro.

Na medida em que o cloreto de sódio nos é tão importante, você já pensou em como nós o obtemos?

Em vários países, o sal é principalmente extraído de depósitos subterrâneos denominados salgemas. Nós também possuímos salgemas, principalmente no Rio Grande do Norte, entretanto, como país tropical e com uma vasta extensão de costa marítima, a grande maioria da nossa produção de cloreto de sódio provém da água do mar.

Nesta experiência você vai conhecer mais um método de separação de misturas - recristalização - (G180) (MT) - através do qual se purifica o cloreto de sódio obtido da água do mar.

Ao final desta experiência, você deverá saber para que tipos de mistura se usa o método de separação por recristalização e, em qual propriedade física ele se baseia.

## II - Material Necessário

- 1 erlenmeyer de 50 ml
- 1 bequer de 50 ml
- 1 bagueta de vidro
- 1 funil
- 1 papel de filtro
- 1 suporte
- 1 argola
- 1 tripé de ferro
- 1 bico de Bunsen
- 1 cápsula de porcelana
- 1 almofariz com pistilo
- 1 lupa
- água
- sal grosso

## III - Procedimento

1. Triture uma porção de sal grosso no almofariz. Coloque o sal num erlenmeyer de 50 ml. Adicione 20 ml de água destilada e agite o erlenmeyer por um minuto.
2. Aqueça o erlenmeyer por cinco minutos.
3. Filtre a solução a quente.
4. Esfrie o filtrado banhando o bequer com água fria corrente.
5. Coloque três gotas do filtrado numa cápsula de porcelana. Aqueça a mesma até que toda água evapore.
6. Observe o conteúdo da cápsula com uma lupa.

#### IV - Análise de Dados

1. O sal obtido por recristalização é igual ao sal grosso? Por que?

*Não. O sal obtido por recristalização é filtrado, portanto, livre de muitas impurezas.*

2. Como você pode ter certeza que o sal recristalizado está puro?

*Verificando suas propriedades físicas.*

#### V - Conclusões

1. Em que propriedade física se baseia a recristalização?

*A recristalização baseia-se na solubilidade das substâncias que compõem a mistura (G181) (SB/MT).*

#### VI - Exercícios

1. Descreva um procedimento para obter o sal grosso a partir da água do mar.

*Recolhimento da água do mar com evaporação posterior da água para que o sal se cristalice.*

2. Como você obteria o açúcar cristalizado a partir do açúcar mascavo (marron-escuro)?

*Efetuando a recristalização do açúcar mascavo.*

## Guia Experimental 10 : Destilação

### I - Introdução

Não é possível separar uma mistura homogênea, de água e sal, por exemplo, por filtração, nem por decantação (G162) (MT). Então que método poderia ser utilizado ? Na experiência anterior, você descreveu um método de obtenção do sal a partir da água do mar. Como se obtém água pura a partir da água do mar?

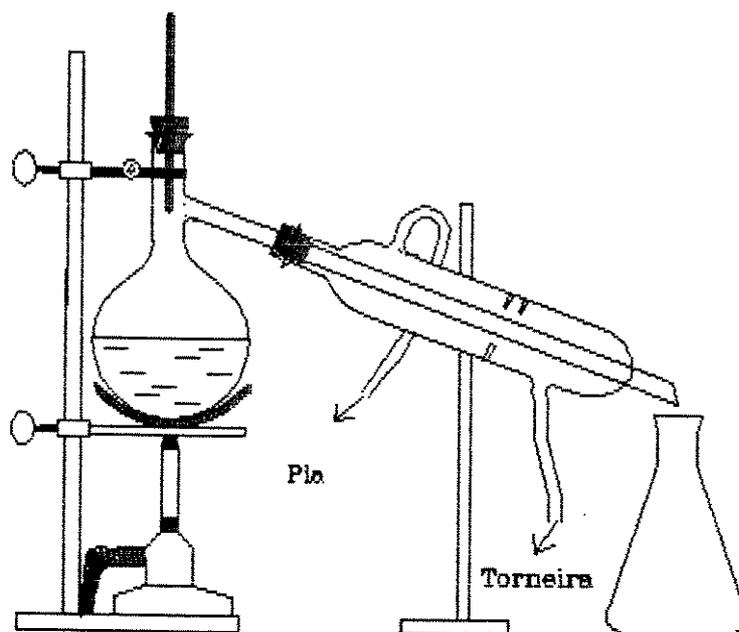
Depois de realizar este experimento você poderá responder às questões acima, além de saber para quais misturas você pode aplicar o método da destilação e em que propriedade física ele está baseado.

### II - Material Necessário

- 2 suportes universais
- 1 balão de fundo redondo de 500 ml
- 1 bico de Bunsen
- 1 tripé de ferro
- 2 mufas
- 2 garras
- 1 condensador
- 2 mangueiras de borracha
- 1 erlenmeyer de 150 ml
- 1 termômetro de 0 a 110°C
- 2 rolhas de borracha
- 1 tela de amianto
- cloreto de sódio
- sulfato de cobre

## III - Procedimento

1. Monte a aparelhagem conforme a figura abaixo.



2. Coloque no balão 100 ml de uma solução de cloreto de sódio ou de sulfato de cobre, com ajuda de um funil.

3. Feche o balão com a rolha, onde previamente foi introduzido o termômetro.

4. Leia a temperatura e anote.

5. Encha o condensador com água, regule o fluxo da água e deixe-a fluir até o término do experimento.

6. Inicie o aquecimento.

7. Após o início da destilação anote a temperatura.

8. Deixe destilar e observe.

## IV - Análise de Dados

1. O líquido coletado no erlenmeyer é diferente do inicial?

*Não. No balão a solução é azul e no erlenmeyer o líquido é incolor.*

2. Qual foi a temperatura lida no início e durante a destilação?

*98°C.*

3. Você obteve uma substância no frasco coletor? Por que?

*Sim, porque a temperatura de ebulição é constante*  
(G163) (SB)

4. O que restou no balão?

*Restou o sulfato de cobre II.*

## V - Conclusões

1. Em que propriedade física se baseia o método da destilação?

*A destilação baseia-se no ponto de ebulição e na solubilidade das substâncias que compõem a mistura* (G164)  
(SB/MT).

## VI - Exercícios

1. Cite um método de separação eficiente para cada sistema abaixo:

a) Água-açúcar - *recristalização.*

- b) Alcool-enxofre - *filtração.*
- c) Pó de giz-água - *filtração.*
- d) Açúcar-álcool - *destilação.*

2. Em quais propriedades físicas estão baseados os métodos de separação dos quatro sistemas anteriores?

- a) *Solubilidade.*
- b) *Solubilidade.*
- c) *Solubilidade.*
- d) *Solubilidade e ponto de ebulição.*

## Anexo II

## Identificação e Frequência de Conceitos Químicos no Material Instrucional

CONCEITO (PALAVRA) QUIMICO	FREQUENCIA
1. QUIMICA	03
2. TRANSFORMAÇÃO	22
3. MATERIAL	24
4. TRANSFORMAÇÃO QUIMICA	38
5. TRANSFORMAÇÃO FISICA	06
6. MISTURA	40
7. SISTEMA	22
8. TEMPERATURA	13
9. MASSA	10
10. VOLUME	12
11. PROPRIEDADE	06
12. REAGENTE	03
13. PRODUTO	06
14. GAS	05
15. SOLIDO	13
16. SOLUÇÃO	04
17. PRECIPITADO	03
18. CALOR	02
19. ESTADO FISICO	03
20. SUBSTANCIA	69
21. PROPRIEDADE FISICA	18
22. PONTO DE FUSAO	23
23. PONTO DE EBULIÇÃO	19
24. DENSIDADE	26
25. SOLUBILIDADE	17
26. LIQUIDO	19
27. FUSAO	04
28. SOLIDIFICAÇÃO	02
29. PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO	12
30. MISTURA EUTÉTICA	02
31. EBULIÇÃO	04
32. VAPOR	02
33. VAPORIZAÇÃO	03
34. MISTURA AZEOTROPICA	02
35. GRAMA	02
36. CENTIMETRO CUBICO	01
37. BALANÇA	02
38. PROVETA	02
39. DENSIMETRO	01
40. COMPOSIÇÃO QUIMICA	05
41. LIGA METALICA	01
42. METAL	01

## Anexo III

## Especificação dos Conceitos Químicos Relacionados com Substância, Mistura e Reação Química no Material Instrucional

CONCEITOS QUÍMICOS	SUBSTANCIA	MISTURA	REAÇÃO QUÍMICA
1. QUÍMICA	-	-	-
2. TRANSFORMAÇÃO	+	-	+
3. MATERIAL	+	+	+
4. TRANSF. QUÍMICA	+	-	-
5. TRANSF. FÍSICA	+	-	-
6. MISTURA	+	-	-
7. SISTEMA	+	-	+
8. TEMPERATURA	+	+	-
9. MASSA	+	-	-
10. VOLUME	+	-	-
11. PROPRIEDADE	+	+	-
12. REAGENTE	+	-	+
13. PRODUTO	+	-	+
14. GAS	+	-	+
15. SÓLIDO	+	-	-
16. SOLUÇÃO	-	-	-
17. PRECIPITADO	-	-	+
18. CALOR	-	-	+
19. ESTADO FÍSICO	+	-	-
20. SUBSTANCIA	-	+	+
21. PROP. FÍSICA	+	+	+
22. PONTO DE FUSÃO	+	+	-
23. PONTO DE EBULIÇÃO	+	+	-
24. DENSIDADE	+	+	-
25. SOLUBILIDADE	+	+	-
26. LÍQUIDO	+	+	-
27. FUSÃO	-	+	-
28. SÓLIDIFICAÇÃO	-	-	-
29. PONTO DE SÓLIDIF.	+	+	-
30. MISTURA EUTÉTICA	-	+	-
31. EBULIÇÃO	-	+	-
32. VAPOR	-	-	-
33. VAPORIZAÇÃO	+	-	-
34. MIST. AZEOTRÓPICA	-	+	-
35. GRAMA	+	-	-
36. CENTÍMETRO CÚBICO	+	-	-
37. BALANÇA	-	-	-
38. PROVETA	-	-	-
39. DENSÍMETRO	-	-	-
40. COMPOSIÇÃO QUÍM.	-	+	-
41. LIGA METÁLICA	-	+	-
42. METAL	-	+	-
43. DISSOLUÇÃO	+	-	-

CONCEITOS QUIMICOS	SUBSTANCIA	MISTURA	REAÇÃO QUIMICA
44. SOLVENTE	+	-	-
45. SOLUTO	+	-	-
46. SOLUÇÃO SATURADA	-	-	-
47. SOL. INSATURADA	-	-	-
48. DECANTAÇÃO	-	+	-
49. FILTRAÇÃO	-	+	-
50. DESTILAÇÃO	-	+	-
51. RECRISTALIZAÇÃO	-	+	-
52. MISTURA HOMOGENEA	-	+	-
53. MIST. HETEROGENEA	-	+	-
54. FASE	-	+	-
55. CENTRIFUGAÇÃO	-	-	-
56. CENTRIFUGA	-	-	-

**Legenda:** A presença e ausência de uma relação conceitual são indicadas respectivamente pelos sinais positivo (+) e negativo (-).

## Anexo IV

**Especificação das Generalizações Relativas aos Conceitos-Chave,  
Substância (SB), Mistura (MT) e Reação Química (RQ) no Material  
Instrucional**

Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave			Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave		
	SB;	MT;	RQ		SB;	MT;	RQ
1		-		21		-	
2		-		22			RQ
3		-		23			RQ
4		-		24			RQ
5		-		25			RQ
6		-		26			RQ
7		-		27		-	
8		-		28			RQ
9			RQ	29			RQ
10			RQ	30			RQ
11		-		31			RQ
12		MT		32			RQ
13			RQ	33			RQ
14			RQ	34			RQ
15			RQ	35			RQ
16		-		36			RQ
17		-		37			RQ
18		-		38			RQ
19		-		39			RQ
20		-		40			-

Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave SB; MT; RQ	Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave SB; MT; RQ
41		66	SB
42		67	SB
43		68	SB
44		69	SB / MT
45		70	SB
46		71	SB / MT
47		72	MT
48		73	SB / MT
49		74	SB / MT
50		75	-
51		76	-
52	SB / MT	77	SB
53		78	-
54	SB / MT	79	-
55	-	80	-
56	-	81	SB
57	-	82	SB
58	-	83	SB
59	-	84	SB / MT
60	SB / MT	85	SB / MT
61	SB	86	SB
62	SB / MT	87	SB / MT
63	-	88	MT
64	-	89	SB / MT
65	SB	90	SB

Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave SB; MT; RQ	Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave SB; MT; RQ
91	SB	116	-
92	SB	117	SB
93	SB	118	SB
94	SB	119	SB
95	SB	120	SB
96	SB	121	SB
97	SB	122	-
98	SB	123	-
99	SB	124	-
100	SB	125	-
101	SB	126	SB
102	SB	127	SB
103	SB	128	SB
104	-	129	SB / MT
105	-	130	MT
106	-	131	RQ
107	MT	132	RQ
108	MT	133	RQ
109	MT	134	SB / MT
110	MT	135	SB / RQ
111	SB / MT	136	SB / RQ
112	SB / MT	137	SB
113	-	138	SB / RQ
114	-	139	SB
115	-	140	SB / RQ

Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave SB; MT; RQ	Nº da Genera- lização	Relativo ao(s) Conceito(s)-Chave SB; MT; RQ
141	SB	153	SB / MT
142	SB	154	-
143	SB / MT	155	MT
144	MT	156	MT
145	SB / MT	157	MT
146	MT	158	SB / MT
147	SB / MT	159	MT
148	SB / MT	160	MT
149	MT	161	SB / MT
150	MT	162	MT
151	MT	163	SB
152	MT	164	SB / MT