



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR**  
**Escola Superior de Tecnologia de Tomar**  
**Departamento de Arte, Arqueologia e Restauro**

**CURSO DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO**

**FÍSICA E QUÍMICA III**

(2º ano, 1º semestre)

2003-2004

Docente responsável pela disciplina

**Prof. Adjunto João Luís Farinha Antunes**

Carga horária da disciplina

2 horas teóricas por semana

3 horas práticas por semana e por turma

Método de avaliação

Componente teórica.

Exame final escrito.

ou

Duas frequências que dispensam do exame quando tenham média superior a 10 valores.

Componente prática

Monografia de cerca de 25 páginas sobre um tema escolhido em conjunto pelo aluno e pelo professor tratando um aspecto da Química aplicado à Conservação e Restauro realizada em grupos com o número máximo de três alunos. Exame oral com apresentação da monografia.

São APROVADOS os alunos que tenham nota superior a 10 valores em cada uma das componentes teórica e prática. A nota final da disciplina é a média ponderada das componentes teórica e prática, valendo a componente teórica 60%.

## Resumo do programa

### **1 Introdução ao estudo dos compostos orgânicos usados em arte e em restauro**

- 1.1 *Aplicações da Química Orgânica na arte e no restauro*
- 1.2 *Revisão de conceitos*
- 1.3 *Princípios de Química Orgânica*
- 1.4 *Ligações secundárias*

### **2 Estudo de grupos funcionais**

- 2.1 *Hidrocarbonetos alifáticos*
- 2.2 *Hidrocarbonetos aromáticos*
- 2.3 *Derivados halogenados dos hidrocarbonetos*
- 2.4 *Alcoóis*
- 2.5 *Polialcoóis*
- 2.6 *Éteres*
- 2.7 *Cetonas*
- 2.8 *Aldeídos*
- 2.9 *Ácidos orgânicos (carboxílicos)*
- 2.10 *Ésteres*
- 2.11 *Aminas*
- 2.12 *Amidas*

### **3 A limpeza em conservação e restauro**

- 3.1 *Detergentes*
- 3.2 *Solventes*
- 3.3 *Enzimas*
- 3.4 *Resinas de troca iônica*

### **4 Substâncias filmicas, adesivos e consolidantes**

- 4.1 *Teorias de adesão*
- 4.2 *Mecanismos de formação de um filme*
- 4.3 *Propriedades mais importantes em arte e restauro*

### **5 Polímeros sintéticos**

- 5.1 *Generalidades e definições*
- 5.2 *Polímeros vinílicos*
- 5.3 *Polímeros de condensação*
- 5.4 *Polímeros de Silício*

### **6 Biomoléculas**

- 6.1 *Proteínas*
- 6.2 *Lípidos*
- 6.3 *Glícidos e polissacarídeos*
- 6.4 *Cerídeos*
- 6.5 *Terpenos*
- 6.6 *Degradação das substâncias naturais*

### **Bibliografia geral**

- C. Correia, A. Nunes, Química 11º ano, Porto Editora, 1995, Capítulos 1, 5 e 6.*
- L. Masschelein-Kleiner, Les Solvants, Cours de Conservation 2, IRPA, Bruxelles, 1981, 131 pgs*
- L. Masschelein-Kleiner, Ancient Binding Media, Varnishes and Adhesives, ICCROM, Roma, 1995, 110 pgs.*
- R. J. Gettens, G. L. Stout, Painting Materials, A Short Encyclopedia, Dover Publications Inc., New York, 1966.*
- J. S. Mills, R. White, The Organic Chemistry of Museum Objects, Butterworths, London, 1987, 185 pgs.*
- C. V. Horie, Materials for Conservation, Butterworths, London, 1990, 281 pgs.*
- H. Valot, J. Petit, Les Résines Synthétiques et Les Substances Naturelles, École du Louvre, Paris, 1988, 169 pgs.*
- Synthetic Materials used in the conservation of cultural property, in Conservation of Cultural Property (appendix), UNESCO, Roma, 1963.*
- Paolo Cremonesi, Materiali e Metodi per la Pulitura di Opere Policrome, Phase, 1997, 142 pgs.*
- Mauro Matteini, Arcangelo Moles, La Chimica nel Restauro, Nardini Editore, 1989, 379 pgs.*
- Malcolm P. Stevens, Polymer Chemistry: an Introduction, Oxford University Press, Oxford, 1999.*

## Programa

### 1 Introdução ao estudo dos compostos orgânicos usados em arte e em restauro

#### 1.1 Aplicações da Química Orgânica na arte e no restauro

- 1.1.1 Materiais de origem natural e sintéticos.
- 1.1.2 Materiais de produção artística.
- 1.1.3 Materiais de uso em restauro.

#### 1.2 Revisão de conceitos

- 1.2.1 Tabela periódica. Electronegatividade.
- 1.2.2 Distribuição electrónica
- 1.2.3 Notação de Lewis.
- 1.2.4 Noção de radical.
- 1.2.5 Ligação química
  - 1.2.5.1 Ligação covalente, iónica e metálica.

#### 1.3 Princípios de Química Orgânica

- 1.3.1 Ligação covalente
  - 1.3.1.1 Ligações simples, duplas e triplas.
- 1.3.2 Concatenação do carbono. Cadeias ramificadas.
- 1.3.3 Escrita de fórmulas estruturais de compostos orgânicos
  - 1.3.3.1 Fórmulas estruturais de traços (Kekulé).
  - 1.3.3.2 Fórmulas de traços reduzidas.
  - 1.3.3.3 Fórmulas condensadas.
- 1.3.4 Orbitais atómicas e moleculares
  - 1.3.4.1 Orbitais de fronteira: HOMO e LUMO.
  - 1.3.4.2 Estado fundamental e excitado.
- 1.3.5 Ligações duplas conjugadas
  - 1.3.5.1 Importância da conjugação na energia das orbitais de fronteira e na cor dos compostos orgânicos.
- 1.3.6 Polaridade da ligação covalente
  - 1.3.6.1 Ligação covalente polar e apolar.
  - 1.3.6.2 Momento dipolar.
  - 1.3.6.3 Efeito da electronegatividade dos elementos no momento dipolar.
  - 1.3.6.4 Efeito da geometria molecular no momento dipolar.

#### 1.4 Ligações secundárias

- 1.4.1 Dipolos permanentes, instantâneos e induzidos.
- 1.4.2 Forças de Van der Waals.
- 1.4.3 Forças dipolo-dipolo. Influência do momento dipolar.
- 1.4.4 Forças de dispersão ou London. Polarizabilidade. Influência do tamanho da molécula.
- 1.4.5 Pontes de Hidrogénio.
- 1.4.6 Efeito das ligações secundárias nas propriedades dos compostos
  - 1.4.6.1 Pontos de fusão e ebulição.
  - 1.4.6.2 Hidro e lipofilicidade
- 1.4.7 Triângulo de solubilidades.

## 2 Estudo de grupos funcionais

### 2.1 Hidrocarbonetos alifáticos

- 2.1.1 Hidrocarbonetos **saturados** (alcanos)
  - 2.1.1.1 Nomenclatura.
  - 2.1.1.2 Cicloalcanos.
  - 2.1.1.3 Isomeria. Isomeria de constituição.
  - 2.1.1.4 Variação dos Pontos de Fusão e Ebulição com o n° de carbonos na cadeia.
  - 2.1.1.5 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
  - 2.1.1.6 Diluentes. Os espíritos. Éteres de petróleo.
  - 2.1.1.7 Posição no triângulo de solubilidades.
- 2.1.2 Hidrocarbonetos alifáticos **insaturados** (alquenos)
  - 2.1.2.1 Nomenclatura.
  - 2.1.2.2 Cicloalquenos.
  - 2.1.2.3 Isomeria cis-trans
  - 2.1.2.4 Especial importância do radical vinilo.
  - 2.1.2.5 Importância da presença de duplas ligações num composto.
  - 2.1.2.6 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
  - 2.1.2.7 Posição no triângulo de solubilidades.

### 2.2 Hidrocarbonetos aromáticos

- 2.2.1 Benzeno. Estruturas de ressonância. Radical fenilo.
- 2.2.2 Nomenclatura.
- 2.2.3 Derivados do Benzeno. Tolueno. Xileno.
- 2.2.4 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.2.5 Posição no triângulo de solubilidades.

### 2.3 Derivados halogenados dos hidrocarbonetos

- 2.3.1 Nomenclatura.
- 2.3.2 Nomes tradicionais e comerciais.
- 2.3.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.3.4 Posição no triângulo de solubilidades.

## COMPOSTOS COM OXIGÉNIO

### 2.4 Alcoóis

- 2.4.1 Nomenclatura. Alcoóis primários, secundários e terciários. Alcoóis aromáticos.
- 2.4.2 Isomeria de posição.
- 2.4.3 Importância das Pontes de Hidrogénio nas suas propriedades. Variação desta importância com o n° de carbonos da cadeia.
- 2.4.4 Variação dos Pontos de Fusão e Ebulição com o n° de carbonos na cadeia.
- 2.4.5 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.4.6 Posição no triângulo de solubilidades.
- 2.4.7 Presença da função álcool em compostos polifuncionais.

### 2.5 Polialcoois

- 2.5.1 Diois (glicóis) e triois.
- 2.5.2 O glicerol (glicerina) como composto muito importante em arte.
- 2.5.3 Posição no triângulo de solubilidades.

### 2.6 Éteres

- 2.6.1 Nomenclatura.

- 2.6.2 Isomeria funcional
- 2.6.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.6.4 Posição no triângulo de solubilidades.

## **2.7 Cetonas**

- 2.7.1 Nomenclatura.
- 2.7.2 Variação dos Pontos de Fusão e Ebulição com o nº de carbonos na cadeia.
- 2.7.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

## **2.8 Aldeídos**

- 2.8.1 Nomenclatura.
- 2.8.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

## **2.9 Ácidos orgânicos (carboxílicos)**

- 2.9.1 Nomenclatura.
- 2.9.2 Nomes tradicionais.
- 2.9.3 Comparação com os ácidos inorgânicos (clorídrico, sulfúrico e nítrico).
- 2.9.4 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.9.5 Posição no triângulo de solubilidades.
- 2.9.6 Saponificação de um ácido orgânico. Sabões.
- 2.9.7 Os ácidos orgânicos como constituintes principais das gorduras e óleos.
- 2.9.8 Ácidos livres e ácidos esterificados.

## **2.10 Ésteres**

- 2.10.1 Ligação éster.
- 2.10.2 Nomenclatura.
- 2.10.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.10.4 Posição no triângulo de solubilidades.
- 2.10.5 Hidrólise de um éster. Hidrólise básica.
- 2.10.6 Saponificação de um éster.
- 2.10.7 As gorduras, óleos e ceras como exemplo de esteres de origem biológica.

### **COMPOSTOS COM AZOTO**

## **2.11 Aminas**

- 2.11.1 Nomenclatura. Aminas primárias, secundárias e terciárias. Aminas cíclicas.
- 2.11.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

## **2.12 Amidas**

- 2.12.1 Nomenclatura.
- 2.12.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 2.12.3 Posição no triângulo de solubilidades.

## **3 A limpeza em conservação e restauro**

### **3.1 Detergentes**

- 3.1.1 Agentes tensioactivos.
- 3.1.2 Mecanismo da detergência
- 3.1.3 Classes de detergentes. O ião tetralquilamónio.

### **3.2 Solventes**

- 3.2.1 Factores a ter em conta na escolha de um solvente.
- 3.2.2 Graus de pureza de um solvente.

- 3.2.3 O perigo dos materiais orgânicos
  - 3.2.3.1 Toxicidade. Parâmetros de toxicidade. Classes de toxicidade.
  - 3.2.3.2 Flamabilidade. *Flash point*.
- 3.2.4 Mecanismo de acção de uma gota de solvente sobre uma superfície
- 3.2.5 Capacidade de penetração. Classes de capacidade de penetração.
- 3.2.6 Volatilidade-retenção. Classes de volatilidade-retenção.
- 3.2.7 Classificação dos solventes combinando penetração e retenção.
- 3.2.8 Interações específicas.
- 3.2.9 Solventes mais importantes utilizados em restauro organizados por grupo funcional. Suas propriedades, nomes tradicionais e comerciais, e utilização.

### **3.3 Enzimas**

- 3.3.1 Constituição
- 3.3.2 Mecanismo de acção
- 3.3.3 Utilização em restauro

### **3.4 Resinas de troca iónica**

- 3.4.1 Composição
- 3.4.2 Tipos de resina
- 3.4.3 Mecanismo de acção

## **4 Substâncias fílmicas, adesivos e consolidantes**

### **4.1 Teorias de adesão**

### **4.2 Mecanismos de formação de um filme**

### **4.3 Propriedades mais importantes em arte e restauro**

- 4.3.1 Mecânicas
- 4.3.2 Ópticas
- 4.3.3 Químicas

## **5 Polímeros sintéticos**

### **5.1 Generalidades e definições**

- 5.1.1 Homopolímeros e copolímeros.
- 5.1.2 Tipos de polimerização
  - 5.1.2.1 Adição.
  - 5.1.2.2 Condensação.
- 5.1.3 Classificação dos polímeros
  - 5.1.3.1 Por tipo de polimerização.
  - 5.1.3.2 Por estrutura interna.
  - 5.1.3.3 Por comportamento térmico.
  - 5.1.3.4 Por origem.
  - 5.1.3.5 Por uso ou função
- 5.1.4 Temperatura de Transição Vítrea
  - 5.1.4.1 Importância desta propriedade na escolha de um polímero para uso em restauro.
- 5.1.5 Modos de aplicação dos polímeros.
- 5.1.6 Factores que afectam as propriedades dos polímeros
  - 5.1.6.1 Natureza química das moléculas

- 5.1.6.2 Natureza macromolecular: comprimento e massa molecular.
- 5.1.6.3 Morfologia: disposição relativa das cadeias. Cristalinidade.
- 5.1.6.4 Adição de plastificantes, cargas e plastificantes.
- 5.1.7 Mecanismos de degradação dos polímeros sintéticos

## 5.2 Polímeros vinílicos

- 5.2.1 Composição química geral
- 5.2.2 Polímeros vinílicos usados em arte e restauro
  - 5.2.2.1 Polietilenos e outros poli-hidrocarbonetos.
  - 5.2.2.2 Polivinilacetatos (PVA).
  - 5.2.2.3 Polivinilalcoois (PVAL).
  - 5.2.2.4 Poliacrilatos
    - 5.2.2.4.1 O Paraloid B72 como caso particular no restauro actual.
  - 5.2.2.5 Outros polímeros vinílicos
- 5.2.3 Propriedades importantes para a arte e restauro.
- 5.2.4 Marcas comerciais

## 5.3 Polímeros de condensação

- 5.3.1 Reacções de polimerização
- 5.3.2 Polímeros de condensação usados em arte e restauro
  - 5.3.2.1 Resinas epóxicas.
  - 5.3.2.2 Poliesteres.
  - 5.3.2.3 Outros polímeros de condensação.
- 5.3.3 Propriedades importantes para a arte e restauro.
- 5.3.4 Marcas comerciais.

## 5.4 Polímeros de Silício

- 5.4.1 Silanos e siloxanos.
- 5.4.2 Silicato de etilo e resinas de silicone
  - 5.4.2.1 Reacções de polimerização.
  - 5.4.2.2 Uso em arte e restauro.
  - 5.4.2.3 Propriedades.
  - 5.4.2.4 Marcas comerciais.

# 6 Biomoléculas

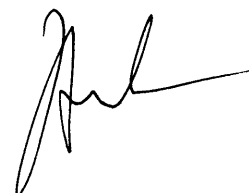
## 6.1 Proteínas

- 6.1.1  $\alpha$ -aminoácidos.
- 6.1.2 Zwitterião.
- 6.1.3 Principais aminoácidos com importância em arte e restauro.
- 6.1.4 Péptido. Ligação peptídica. Hidrólise da ligação peptídica.
- 6.1.5 Proteínas. Principais proteínas com importância em arte e restauro.
- 6.1.6 Materiais de arte e restauro compostos principalmente por proteínas
  - 6.1.6.1 Gelatina e colas animais
  - 6.1.6.2 Ovo
  - 6.1.6.3 Caseína

## 6.2 Lípidos

- 6.2.1 Composição dos óleos e gorduras
- 6.2.2 Óleos secantes
  - 6.2.2.1 Composição química geral.





6.2.2.2 Óleos secantes mais comuns.

6.2.2.3 Mecanismo da secatividade.

### **6.3 Glicídeos e polissacarídeos**

#### 6.3.1 Monossacarídeos

6.3.1.1 Glucose e outros açúcares.

#### 6.3.2 Polissacarídeos

6.3.2.1 Ligação glicosídica.

6.3.2.2 Celulose, Amilose e Amilopectina.

#### 6.3.3 Materiais de arte e restauro compostos principalmente por polissacarídeos

6.3.3.1 Algodão, Linho.

6.3.3.2 Colas de amido.

6.3.3.3 Gomas e mucilagens.

6.3.3.4 Derivados semi-sintéticos da celulose.

### **6.4 Cerídeos**

6.4.1 Distinção entre ceras propriamente ditas (cerídeos) e outras ceras.

6.4.2 Classificação das ceras.

6.4.3 Composição geral das ceras propriamente ditas (cerídeos)

6.4.4 Ceras sintéticas.

6.4.4.1 Ceras de polietileno.

6.4.4.2 Ceras microcristalinas.

6.4.4.3 Ceras de Polietilenoglicóis (PEG).

6.4.5 Uso em arte e restauro.

### **6.5 Terpenos**

6.5.1 Classificação.

6.5.2 Composição química geral.

6.5.3 Materiais de arte e restauro compostos principalmente por terpenos

6.5.3.1 Essência de Terebentina.

6.5.3.2 Colofónia (pez), Sandaraca, Copal.

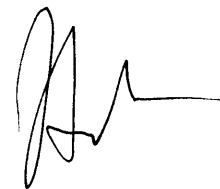
6.5.3.3 Dammar, Mastic. Elemi.

### **6.6 Degradação das substâncias naturais**

6.6.1 Principais causas da degradação das substâncias naturais

6.6.2 Mecanismos de degradação

6.6.3 Consequências na obra de arte



## Bibliografia geral

- C. Correia, A. Nunes, *Química 11º ano*, Porto Editora, 1995, Capítulos 1, 5 e 6.
- L. Masschelein-Kleiner, *Les Solvants*, Cours de Conservation 2, IRPA, Bruxelles, 1981, 131 pgs
- L. Masschelein-Kleiner, *Ancient Binding Media, Varnishes and Adhesives*, ICCROM, Roma, 1995, 110 pgs.
- R. J. Gettens, G. L. Stout, *Painting Materials, A Short Encyclopedia*, Dover Publications Inc., New York, 1966.
- J. S. Mills, R. White, *The Organic Chemistry of Museum Objects*, Butterworths, London, 1987, 185 pgs.
- C. V. Horie, *Materials for Conservation*, Butterworths, London, 1990, 281 pgs.
- H. Valot, J. Petit, *Les Résines Synthétiques et Les Substances Naturelles*, École du Louvre, Paris, 1988, 169 pgs.
- Synthetic Materials used in the conservation of cultural property*, in Conservation of Cultural Property (appendix), UNESCO, Roma, 1963.
- Paolo Cremonesi, *Materiali e Metodi per la Pulitura di Opere Policrome*, Phase, 1997, 142 pgs.
- Mauro Matteini, Arcangelo Moles, *La Chimica nel Restauro*, Nardini Editore, 1989, 379 pgs.
- Malcolm P. Stevens, *Polymer Chemistry: an Introduction*, Oxford University Press, Oxford, 1999.