



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

**CURSO DE CONSERVAÇÃO E RESTAURO**

**QUÍMICA 2**

(1º ano, 2º semestre)

2006-2007

Docente responsável pela disciplina

**Prof. Adjunto João Luís Farinha Antunes**

**Carga horária da disciplina**

2 horas teóricas por semana

2 horas práticas por semana e por turma

**Método de avaliação**

**Componente teórica.**

Exame final escrito.

ou

Duas frequências que dispensam do exame quando ambas tenham avaliação superior ou igual a 10,0 valores. Neste caso a nota da componente teórica da disciplina é a média das frequências.

**Componente prática**

Resumo e discussão de um artigo que trate de tema que conste no conteúdo programático da disciplina.  
(vale 25% da prática)

Monografia de cerca de 15 páginas sobre um tema escolhido em conjunto pelo aluno e pelo professor tratando um aspecto da Química aplicado à Conservação e Restauro. Exame oral com apresentação da monografia (vale 75% da prática).

Estes trabalhos são realizados em grupos com o número máximo de três alunos.

São APROVADOS os alunos que tenham nota superior ou igual a 10,0 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%.

## Objectivos

Nesta disciplina classificam-se os compostos orgânicos utilizados na prática da C&R, em famílias, e relacionam-se as propriedades químicas e físicas de cada família com a sua estrutura e com o tipo de ligações fazem.

Classificam-se, e comparam-se, os agentes e métodos de limpeza utilizados na prática da C&R, estudando-se os mecanismos envolvidos nos diversos processos.

Pretende-se que, no final da disciplina, os alunos consigam

- Conhecer a nomenclatura dos compostos orgânicos usados em Conservação e Restauro;
- Escrever as fórmulas químicas de compostos orgânicos simples, partindo do seu nome;
- Classificar os compostos orgânicos utilizados na prática da Conservação e Restauro, em famílias, pela identificação do seu grupo funcional;
- Relacionar as propriedades químicas e físicas dos compostos orgânicos que interessam à prática da C&R com a sua estrutura;
- Saber avaliar os perigos dos diferentes solventes;
- Avaliar o tipo de interacção que cada solvente poderá ter com os materiais encontrados no Património e em Conservação e Restauro;
- Saber seleccionar um solvente, ou compor uma mistura de solventes, com recurso ao triângulo de solubilidades, tendo em vista a sua capacidade solvente;
- Compreender, comparando, o mecanismo de acção dos diversos tipos de agentes de limpeza e conhecer os factores que influenciam a sua eficácia;
- Compreender a informação química encontrada em artigos científicos publicados na área do Património e da CR; e saber criticá-la e integrá-la na sua prática;
- Relatar procedimentos fundamentando-os cientificamente do ponto de vista químico;
- Comunicar com especialistas de outras áreas científicas, usando linguagem científica.

## Resumo do programa

### 1 A limpeza em conservação e restauro

- 1.1 *Questões associadas à limpeza: porquê, quando, como, e após...?*
- 1.2 *Técnicas de limpeza*

### 2 Sistemas aquosos de limpeza.

- 2.1 *A água*
- 2.2 *Detergentes*
- 2.3 *Resinas de troca iónica*
- 2.4 *Limpeza por ataque químico*
- 2.5 *Agentes espessantes*

### 3 Solventes orgânicos

- 3.1 *Introdução ao estudo dos compostos orgânicos usados em bens culturais*
- 3.2 *Estudo de grupos funcionais*
- 3.3 *Uso dos solventes orgânicos*
- 3.4 *Sistemas de limpeza mistos*

## Programa

### 1 A limpeza em conservação e restauro

- 1.1 **Questões associadas à limpeza: porquê, quando, como, e após...?**
- 1.2 **Técnicas de limpeza**
  - 1.2.1 Mecânicas
  - 1.2.2 Por solventes
    - 1.2.2.1 Sistemas aquosos
    - 1.2.2.2 Sistemas orgânicos
  - 1.2.3 Por ataque químico
  - 1.2.4 Métodos de aplicação das soluções de limpeza
    - 1.2.4.1 Imersão
    - 1.2.4.2 Compressas
    - 1.2.4.3 Geis
    - 1.2.4.4 Métodos de vapor

### 2 Sistemas aquosos de limpeza.

- 2.1 **A água**
  - 2.1.1 Água corrente, destilada e desionizada.
  - 2.1.2 Propriedades da água.
- 2.2 **Detergentes**
  - 2.2.1 Agentes tensioactivos (surfatantes)
  - 2.2.2 Classes de detergentes
  - 2.2.3 Sabões
  - 2.2.4 Mecanismo da detergência
  - 2.2.5 Propriedades das soluções de agentes tensioactivos
    - 2.2.5.1 Formação de micelas. Concentração Crítica Micelar (c.m.c.)
    - 2.2.5.2 Solubilidade dos tensioactivos. Ponto de *Krafft*.
- 2.3 **Resinas de troca iónica**
  - 2.3.1 Composição
  - 2.3.2 Tipos de resina
  - 2.3.3 Mecanismo de acção
- 2.4 **Limpeza por ataque químico**
  - 2.4.1 Ácidos, bases e sais.
  - 2.4.2 Soluções tampão. Importância da tamponização.
  - 2.4.3 Quelantes
    - 2.4.3.1 Compostos de coordenação. Quelatos
    - 2.4.3.2 Agentes quelantes mais usados em restauro
    - 2.4.3.3 Importância do controlo do pH na eficácia dos quelantes
  - 2.4.4 Oxidantes e redutores
    - 2.4.4.1 Hipoclorito de sódio
      - 2.4.4.1.1 Equilíbrio redox do hipoclorito
    - 2.4.4.2 Branqueamento com hipoclorito de sódio

- 2.4.4.3 Outros agentes redox usados em restauro
  - 2.4.5 Enzimas
    - 2.4.5.1 Classificação das enzimas
    - 2.4.5.2 Enzimas importantes para a conservação
      - 2.4.5.2.1 Lipases
      - 2.4.5.2.2 Amilases
      - 2.4.5.2.3 Proteases
    - 2.4.5.3 Mecanismo de acção
      - 2.4.5.3.1 Efeito da concentração, temperatura e pH na velocidade das reacções enzimáticas
  - 2.4.6 Biocidas
    - 2.4.6.1 Classes de biocidas
    - 2.4.6.2 Uso em Conservação e restauro
- 2.5 Agentes espessantes**
- 2.5.1 Agentes usualmente usados em restauro
  - 2.5.2 Géis
  - 2.5.3 Constituintes de um gel
  - 2.5.4 Vantagens e desvantagens da limpeza com géis

### **3 Solventes orgânicos**

#### **3.1 Introdução ao estudo dos compostos orgânicos usados em bens culturais**

- 3.1.1 Aplicações da Química Orgânica na arte e no restauro
  - 3.1.1.1 Materiais de origem natural e sintéticos.
  - 3.1.1.2 Materiais de produção artística.
  - 3.1.1.3 Materiais de uso em restauro.
- 3.1.2 Revisão de conceitos
  - 3.1.2.1 Tabela periódica. Electronegatividade.
  - 3.1.2.2 Distribuição electrónica
  - 3.1.2.3 Notação de Lewis.
  - 3.1.2.4 Ligação química
    - 3.1.2.4.1 Ligação covalente, iónica e metálica.
- 3.1.3 Princípios de Química Orgânica
  - 3.1.3.1 Ligação covalente
    - 3.1.3.1.1 Ligações simples, duplas e triplas
  - 3.1.3.2 Concatenação do carbono. Cadeias ramificadas
  - 3.1.3.3 Escrita de fórmulas estruturais de compostos orgânicos
    - 3.1.3.3.1 Fórmulas estruturais de traços (Kekulé)
    - 3.1.3.3.2 Fórmulas de traços reduzidas e condensadas
  - 3.1.3.4 Orbitais atómicas e moleculares
    - 3.1.3.4.1 Orbitais de fronteira: HOMO e LUMO
    - 3.1.3.4.2 Estado fundamental e excitado
  - 3.1.3.5 Ligações duplas conjugadas
    - 3.1.3.5.1 Importância da conjugação na energia das orbitais de fronteira e na cor dos compostos orgânicos
  - 3.1.3.6 Isomerias.
    - 3.1.3.6.1 Isomeria de constituição

- 3.1.3.6.1.1 Isomeria de posição
- 3.1.3.6.1.2 Isomeria funcional
- 3.1.3.6.2 Estereoisomeria
  - 3.1.3.6.2.1 Diastereoisómeros  
*Isomeria cis-trans*
  - 3.1.3.6.2.2 Enantiómeros  
*Isomeria óptica*
- 3.1.3.7 Polaridade da ligação covalente
  - 3.1.3.7.1 Ligação covalente polar e apolar
  - 3.1.3.7.2 Dipolos. Momento dipolar
  - 3.1.3.7.3 Efeito da electronegatividade dos elementos no momento dipolar.
  - 3.1.3.7.4 Efeito da geometria molecular no momento dipolar.
  - 3.1.3.7.5 Polarizabilidade. Influência do tamanho da molécula
  - 3.1.3.7.6 Dipolos permanentes, instantâneos e induzidos.
- 3.1.4 Ligações secundárias
  - 3.1.4.1 Forças de *Van der Waals*.
  - 3.1.4.2 Forças dipolo-dipolo. Influência do momento dipolar.
  - 3.1.4.3 Forças de dispersão ou London.
  - 3.1.4.4 Pontes de Hidrogénio.
  - 3.1.4.5 Efeito das ligações secundárias nas propriedades dos compostos
    - 3.1.4.5.1 Pontos de fusão e ebulição. Volatilidade
    - 3.1.4.5.2 Hidro e lipofilicidade
  - 3.1.4.6 Parâmetros de solubilidade
    - 3.1.4.6.1 O parâmetro de solubilidade de *Hildebrand*
    - 3.1.4.6.2 Outros parâmetros de solubilidade
    - 3.1.4.6.3 Parâmetros de solubilidade fraccionais.
      - 3.1.4.6.3.1 Triângulo de solubilidades (Gráfico de *Teas*).
      - 3.1.4.6.3.2 Limitações do triângulo de solubilidades.

## 3.2 Estudo de grupos funcionais

### 3.2.1 HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS

- 3.2.1.1 Hidrocarbonetos **saturados**
  - 3.2.1.1.1 Nomenclatura.
  - 3.2.1.1.2 Grupos alquilo.
  - 3.2.1.1.3 Cicloalcanos.
  - 3.2.1.1.4 Variação dos Pontos de Fusão e Ebulição com o nº de carbonos na cadeia.
  - 3.2.1.1.5 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
  - 3.2.1.1.6 Diluentes. Os *espíritos*. Éteres e essências de petróleo.
    - 3.2.1.1.6.1 Os *White Spirit*. Vantagens e inconvenientes
  - 3.2.1.1.7 Posição no triângulo de solubilidades.
- 3.2.1.2 Hidrocarbonetos alifáticos **insaturados**
  - 3.2.1.2.1 Nomenclatura.
  - 3.2.1.2.2 Cicloalquenos.
  - 3.2.1.2.3 Especial importância do grupo vinilo.
  - 3.2.1.2.4 Importância da presença de duplas ligações num composto.

3.2.1.2.5 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

3.2.1.2.6 Posição no triângulo de solubilidades.

### 3.2.2 Hidrocarbonetos aromáticos

3.2.2.1 Benzeno. Estruturas de ressonância. Grupo fenilo.

3.2.2.2 Nomenclatura.

3.2.2.3 Derivados do Benzeno. Tolueno. Xileno.

3.2.2.4 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

3.2.2.5 Posição no triângulo de solubilidades.

3.2.2.6 A polaridade comparada dos hidrocarbonetos entre si.

### COMPOSTOS COM OXIGÊNIO

#### 3.2.3 Alcoóis

3.2.3.1 Nomenclatura. Alcoóis primários, secundários e terciários. Alcoóis aromáticos.

3.2.3.2 Importância das Pontes de Hidrogênio nas suas propriedades. Variação desta importância com o nº de carbonos da cadeia.

3.2.3.3 Variação dos Pontos de Fusão e Ebulição com o nº de carbonos na cadeia.

3.2.3.4 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

3.2.3.5 Posição no triângulo de solubilidades.

3.2.3.6 Presença da função álcool em compostos polifuncionais.

3.2.3.7 Polialcoois

3.2.3.7.1 O caso particular do glicerol (glicerina).

#### 3.2.4 Éteres

3.2.4.1 Nomenclatura.

3.2.4.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

3.2.4.3 Posição no triângulo de solubilidades.

#### 3.2.5 Cetonas

3.2.5.1 Nomenclatura.

3.2.5.2 Variação dos Pontos de Fusão e Ebulição com o nº de carbonos na cadeia.

3.2.5.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

#### 3.2.6 Aldeídos

3.2.6.1 Nomenclatura.

3.2.6.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

#### 3.2.7 Ácidos carboxílicos

3.2.7.1 Nomenclatura.

3.2.7.2 Nomes tradicionais.

3.2.7.3 Comparação com os ácidos inorgânicos.

3.2.7.4 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

3.2.7.5 Posição no triângulo de solubilidades.

3.2.7.6 Saponificação de um ácido orgânico. Sabões.

3.2.7.7 Os ácidos orgânicos como constituintes principais das gorduras e óleos.

3.2.7.8 Ácidos livres e ácidos esterificados.

#### 3.2.8 Ésteres

3.2.8.1 Ligação éster.

3.2.8.2 Nomenclatura.

3.2.8.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.

3.2.8.4 Posição no triângulo de solubilidades.

- 3.2.8.5 Hidrólise de um éster. Hidrólise básica.
- 3.2.8.6 Saponificação de um éster.
- 3.2.8.7 As gorduras, óleos e ceras como exemplo de esteres de origem biológica.

#### COMPOSTOS COM AZOTO

- 3.2.9 Aminas
  - 3.2.9.1 Nomenclatura. Aminas primárias, secundárias e terciárias. Aminas cíclicas.
  - 3.2.9.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
- 3.2.10 Amidas
  - 3.2.10.1 Nomenclatura.
  - 3.2.10.2 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
  - 3.2.10.3 Posição no triângulo de solubilidades.

#### COMPOSTOS COM CLORO

- 3.2.11 Derivados halogenados dos hidrocarbonetos
  - 3.2.11.1 Nomenclatura.
  - 3.2.11.2 Nomes tradicionais e comerciais.
  - 3.2.11.3 Propriedades mais importantes do ponto de vista da arte e restauro.
  - 3.2.11.4 Posição no triângulo de solubilidades.

### 3.3 Uso dos solventes orgânicos

- 3.3.1 Factores a ter em conta na escolha de um solvente.
- 3.3.2 Graus de pureza de um solvente.
- 3.3.3 O perigo dos solventes orgânicos
  - 3.3.3.1 Toxicidade. Parâmetros de toxicidade. Classes de toxicidade.
  - 3.3.3.2 Flamabilidade. *Flash point*.
- 3.3.4 Classes de solventes de Liliane Masschelein-Kleiner
  - 3.3.4.1 Mecanismo de acção de uma gota de solvente sobre uma superfície
  - 3.3.4.2 Capacidade de penetração. Classes de capacidade de penetração.
  - 3.3.4.3 Volatilidade-retenção. Classes de volatilidade-retenção.
  - 3.3.4.4 Classificação dos solventes combinando penetração e retenção.
- 3.3.5 Interações específicas.
- 3.3.6 Solventes mais importantes utilizados em restauro organizados por grupo funcional. Suas propriedades, nomes tradicionais e comerciais, e utilização.

### 3.4 Sistemas de limpeza mistos

- 3.4.1 Emulsões
- 3.4.2 Preparação de misturas de limpeza

## Bibliografia

AMOROSO, Giovanni G.; CAMAITI, Mara – **Scienza dei Materiali e Restauro. La Pietra: dalle mani degli artisti e degli scalpellini a quelle dei chimici macromolecolare.** Firenze: Alínea Editrice, 1997. ISBN 88-8125-155-8 (cap. 5 – Soluzioni e solventi).

**AN INTRODUCTION TO MATERIALS.** Science for Conservators, Book 1. Helen Wilks (series ed.). London: The Conservation Unit. Museums & Galleries Commission. (Conservation Science Teaching Series), 1984. 128 pags.. ISBN 0-948630-04-

BELLUCCI, Roberto; CREMONESI, Paolo – L'uso dei tensioattivi nella conservazione e nel restauro dei dipinti. **Kermes**, anno VIII, n. 24 (1995), 55-74. Dossier.

BERGER, Gustav A. – **Conservation of Paintings.** London: Archetype Publications, 2000. ISBN 1 873132 37 9. (cap V – Deacidification of canvas paintings as practiced in our studio)

BONOMI, Roberto; GARABELLI, Giorgio – Enzimi e resine scambiatrici: casi applicative. In **Biotechnology and the Preservation of Cultural Artifacts**, Sept 10-11, 1998, Torino. [s.l.]: Fondazione per le Biotechnologie, [1999?] 90-114.

BREThERICK L. (ed.), **Hazards in the Laboratory**, 4<sup>th</sup> ed. London: The Royal Society of Chemistry, 1986.

CAMPOS, Luís S.; MOURATO, Miguel – **Nomenclatura de Compostos Orgânicos.** Lisboa: Escolar Editora, 1999 (IPT 22569, QUI 52)

CARLILE, Leslie, TOWNSEND, Joyce H., HACKNEY, Stephen -- Triammonium Citrate: an investigation into its application for surface cleaning. In HACKNEY, Stephen; TOWNSEND, Joyce; EASTAUGH, Nick (Eds.) -- **Dirt and Pictures Separated.** Papers given at a conference held jointly by UKIC and the Tate Gallery, Jan 1990. London: UKIC, 1990.

CECERE, Francesca – **Scelta e selezione dei solventi per la pulitura di superfici pittoriche, test alternative al "test di feller" nei BB.CC..** Esame di laboratorio di chimica del restauro. Università Degli Studi Di Roma "La Sapienza", 2004, 12 pags. [http://w3.uniroma1.it/chemo/ftp/test\\_di\\_solubilita\\_final1.pdf](http://w3.uniroma1.it/chemo/ftp/test_di_solubilita_final1.pdf), acedido em 21/3/2007.

**CLEANING.** Science for Conservators, Book 2. Helen Wilks (series ed.). London: The Conservation Unit. Museums & Galleries Commission. (Conservation Science Teaching Series), 1984. 128 pags.. ISBN 0-948630-04-3

COLADONATO, M. -- **Il rischio chimico nel cantiere e nel laboratorio di restauro.** Italia: Istituto Centrale per il Restauro, 2005. 29 pags.

COLADONATO, Maurizio; SANTAMARIA, Ulderico; TALARICO, Fabio – Note sull'uso dell'acqua ossigenata e di sue miscele nel restauro della pietra. In **Materiali e Strutture: Problemi di Conservazione**, ano V, n° 2 (1995), 41-58

CORREIA, C.; NUNES, A. – **Química 11º ano.** Porto: Porto Editora, 1995, pags 146-184 (Cap. 3; O que é a Química Orgânica?).

COSTA PESSOA, João; FARINHA ANTUNES, João L.; FIGUEIREDO, M.O.; AMARAL FORTES, M. – Removal and analysis of soluble salt from ancient tiles. **Studies in Conservation**, 41 (1996), 153-160.

CREMONESI, Paolo – **Materiali e Metodi per la Pulitura di Opere Policrome.** Bolonha: Phase, 1997, 142 pgs.

FELLER, Robert L.; STOLow, Nathan; JONES, Elizabeth H. – **On Pictures Varnishes and their Solvents.** Washington: National gallery of Art, 1985, 259 pags.



GETTENS, R. J.; STOUT, G. L. – **Painting Materials, A Short Encyclopedia**, New York: Dover Publications Inc., 1966. A5. 333 pgs. ISBN 0-486-21597-0.

IUPAC – **Guia IUPAC para a Nomenclatura de Compostos Orgânicos**. Tradução Portuguesa nas Variantes Europeia e Brasileira de “A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds Recommendations 1993” por FERNANDES, Ana, C.; BERNARDO, Herold; MAIA, Hermâni; RAUTER, Amélia Pilar; RODRIGUES, José A. Rosário. Lisboa [etc.]: Lidel, 2002. ISBN 972-757-150-6. 190 pags.

KHANDEKAR, Narayan – A survey of the conservation literature relating to the development of aqueous gel cleaning on painted and varnished surfaces. **Reviews in Conservation**. 1 (2000), 10-20

MASSCHELEIN-KLEINER, L. -- **Les Solvants**. Bruxelles: IRPA, 1981. 131 pgs

MATTEINI, Mauro – Revisione critica dei metodi di pulitura delle pitture murali e dei manufatti lapidei: meccanismi d'azione e limite dei materiali oggi utilizzati. In **Biotechnology and the Preservation of Cultural Artifacts**, Sept 10-11, 1998, Torino. [s.l.]: Fondazione per le Biotechnologie, [1999?], 42-52.

MATTEINI, Mauro; MOLES, Arcangelo – **La Chimica nel Restauro**. Roma: Nardini Ed., 1989. 379 pgs.

OTTEWILL, R. H. – Surfactants: introduction. In Th. F. Tadros (ed.) - **Surfactants**. Proceedings of a meeting held in Bristol, England in July 1983. London [etc.]: Academic Press, 1984 (Cap. 1 - pags 1-17).

PHENIX, Alan; SUTHERLAND, Ken – The cleaning of paintings: effects of organic solvents on oil paint films. **Reviews in Conservation**. 2 (2001), 47-60.

SHIBAYAMA, Nobuko; EASTOP, Dinah -- Removal of flour paste residues from a painted banner with alpha-amylase. **The Conservator**, n. 20, 1996, 53-63.

SOLOMONS, T.W. Graham – **Fundamentals of Organic Chemistry**, 2ª ed. N. York: J. Wiley, 1985. pag. 92 (paragrafo 3.3 -IUPAC Nomenclature of Alkanes, Alkyl Halides and Alcohols).

SOUTHALL, Anna - Detergents soaps surfactants. In HACKNEY, Stephen; TOWNSEND, Joyce; EASTAUGH, Nick (Eds.) -- **Dirt and Pictures Separated**. Papers given at a conference held jointly by UKIC and the Tate Gallery, Jan 1990. London: UKIC, 1990. Pags 29-34.

STOMBOLOV, T. – Notes on the removal of iron stains form calcareous stone. **Studies in Conservation**, 13 (1968), 45-47.

TADROS, Th.F. (ed) – **Surfactants**. London [etc.]: Academic Press, 1984  
Cap. 1 - Introduction (por R.H. Ottewill)

TÍMÁR-BALÁZSY, Ágnes; EASTOP, Dinah – **Chemical Principles of Textile Conservation**. Oxford [etc.]: Butterworth (Series in Conservation and Museology), 1998.

cap. 8 – Solvents and solubility ; cap. 9 – Solvent cleaning of historical textiles;  
cap. 10 – Water; cap. 11 – Wet Cleaning; cap. 12 – Cleaning by chemical reactions;  
cap. 18 – Disinfestation and disinfection

TÍMAR-BALÁZSY, Ágnes – Wet cleaning of historical textiles: surfactants and other wash bath additives. **Reviews in Conservation**. 1 (2000), 46-64.

TORRACA, Giorgio – **Solubility and Solvents for Conservation Problems**. Roma: ICCROM, 1990, 64 pags.

WOLBERS, Richard – **Cleaning Painted Surfaces: Aqueous Methods**. London: Archetype Publications, 2000, 197 pags. ISBN 1 873132 36 0

ZANARDI, Bruno – Una nuova técnica di pulitura di sculture policrome: Il portale nord di Benedetto Antelami nel Battistero di Parma. In **Primo Incontro Técnico Nazionale tra Restauratori**, Pisa: Associazione Restauratori d' Italia 1992.