



Universidade do Minho

:: Eugénio Campos Ferreira ::

Departamento de Engenharia Biológica ::

Braga : PORTUGAL ::

# :: ENGENHARIA QUÍMICA SEM FRONTEIRAS ::

..: novas tendências  
no ensino da engenharia química :..

## Sumário

- O futuro do ensino da Engenharia Química – EUA (*Frontiers in Chemical Engineering Education*)
- O futuro do ensino da Engenharia Química – União Europeia (Declaração de Bolonha)
- As TIC e Inovação Curricular – Laboratórios Virtuais
- “Effective Teaching”
- Ensino por Projecto

## O futuro do Ensino da Engenharia Química

- **Europa:** *Working-Party on Education* da Federação Europeia de Engenharia Química (EFCE)
  - Nó Português: [www.deb.uminho.pt/eqedu](http://www.deb.uminho.pt/eqedu)
  - Documento “EFCE Recommendations for Chemical Engineering Chemical Engineering Education in a Bologna Two Cycle Degree System” (Set. 2005)
- **EUA:** “Frontiers in Chemical Engineering Education Workshops” iniciados em 2003 (CCR/NSF/AIChE)
  - [web.mit.edu/che-curriculum/](http://web.mit.edu/che-curriculum/)

3/60

EUA

Europa

VLabs

Effective Teaching

PLEE

## *Frontiers in Chemical Engineering Education*

- **Mudanças de paradigma**
  - 1915: Operações Unitárias
  - 1960: Ciências de Engenharia Química
  - >2000: Engenharia Molecular de Produtos e Processos
- **Oportunidades:**
  - Ciências da vida (genética, bio-farma)
  - Energia (fuel cells, catalisadores,...)
  - Sistemas sustentáveis
  - Controlo molecular de processos e instrumentos (Nanotecnologia)
- **Novos Princípios**
  - Transformações à escala molecular
  - Descrições multi-escala
  - Análise e síntese de sistemas

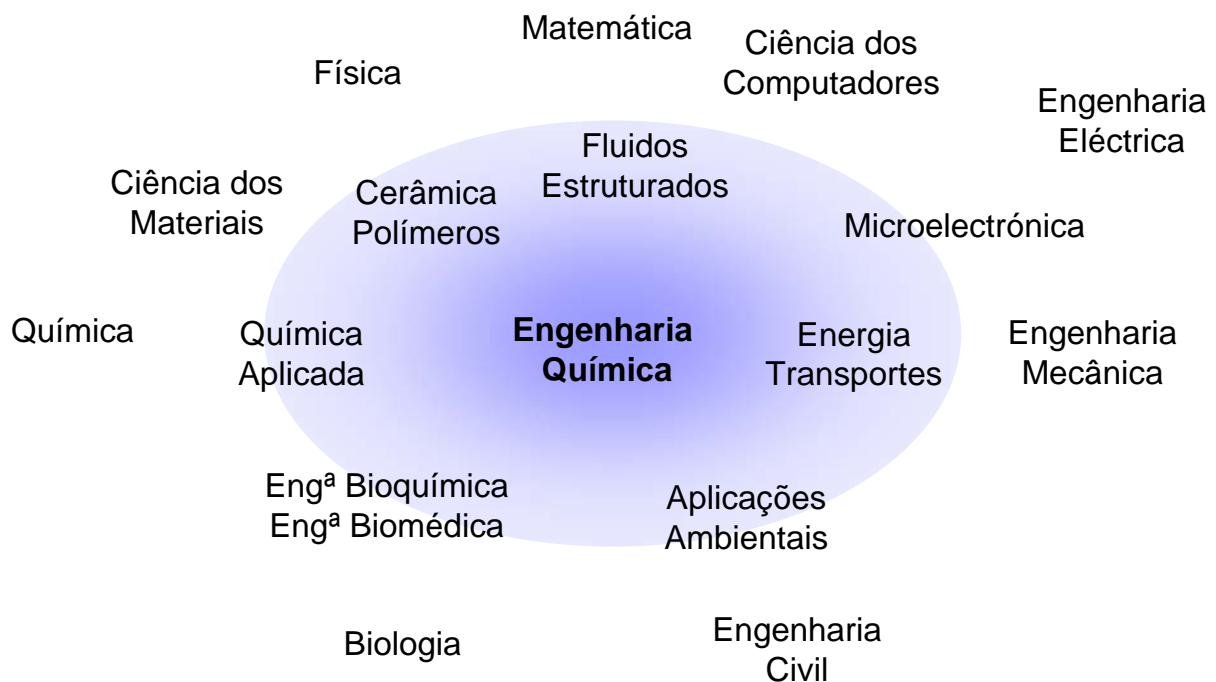
4/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education” - Visão

- A Engenharia Química é uma disciplina vibrante com um papel central importante em várias tecnologias novas e emergentes, especificamente na tradução da informação molecular e descoberta em produtos e processos
- Evoluímos de uma disciplina intimamente relacionada com uma única indústria – a indústria petroquímica – para uma disciplina que interage com várias indústrias de largo espectro desde aplicações biológicas a aplicações químicas
- Devemos continuar a manter um núcleo bem definido que defina a disciplina e forneça a base para a quantificação, integração e relevância na solução de problemas
- É essencial uma ligação próxima e larga às ciências - física, química e biologia - permitindo ao Engenheiro Químico intervir em todas as escalas - sistemas, processos, produtos e moléculas – em diferentes níveis de foco e fornecendo perspectivas multidisciplinares no desenvolvimento e inovação tecnológica

5/60

## A Engenharia Química no centro



*A Engenharia Química situa-se numa posição impar na interface entre as ciências moleculares e a engenharia*

6/60

## Crise de Identidade?

- Mudança de paradigma
- Mudança de indústria
- Mudança de ciências de base
- ...

7/60

## Motivos para uma mudança

- A Biologia representa uma nova fronteira para nós como disciplina e não somente como aplicação
- A nossa ligação próxima às ciências de base torna os nossos graduados muitos versáteis
- Falhámos na articulação destas questões com os potenciais empregadores
- Falhámos na inclusão disto nos nossos cursos
- Atributos não bem ensinados
- A nossa indústria tradicional está em mudança
- Separação da investigação do ensino
- A nossa base (fonte) de estudantes está em risco

8/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education” – Integração no currículo de novos princípios nucleares

### ■ Transformações à escala Molecular

- Química e Biologia
- Física: mudança de fase, adsorção, etc.

O núcleo antigo não integra conceitos moleculares

### ■ Descrições Multi-Escala

- da escala “sub-molecular” até à “super-macro”
- para processos físicos, químicos e biológicos

O núcleo antigo cobre somente macro para contínuo, física e química

### ■ Análise e Síntese de Sistemas

- Em todas as escalas
- Ferramentas para lidar com dinâmica, complexidade, incerteza, factores externos

O núcleo antigo está ligado principalmente a processos de larga escala

9/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education” – 1ª proposta de Curriculum

Unidades curriculares de fornecidas por outros Departamentos:

### ■ Física

- Mecânica introdutória, biofísica, estado sólido, energia e massa

### ■ Química

- Química Geral + 1 semestre de Química Orgânica
- Química-Física: quantum, espectroscopia, técnicas analíticas

### ■ Biologia

- Bioquímica, biologia molecular e celular

### ■ Matemática:

- cálculo, álgebra linear, EDO's

### ■ Inglês/Humanidades:

- capacidades de comunicação, ética

### ■ Ciências dos Materiais

### ■ Gestão/Economia

10/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education”

### – 1ª proposta de Curriculum: Ano Inicial

#### ■ Transformações Moleculares

- Introdução a correlações de propriedades e estrutura molecular

#### ■ Análise Multi-Escala

- Leis de escala
- Análise dimensional
- Impacto de micro eventos em fenómenos

#### ■ Sistemas

- Pontos de vista de produto e produção em larga escala
- Análise de graus de liberdade

#### ■ Laboratórios

- Queda de esferas de diferentes tamanhos e densidades através de fluidos (análise dimensional)
- Revestimentos hidrofóbicos vs. hidrofílicos à superfície de esferas, solutos que afectam a viscosidade
- Modelação numérica, optimização e construção de uma esfera que apresente um determinado tempo de queda

11/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education”

### – 1ª proposta de Curriculum: Transformações Moleculares

#### ■ Transformações Moleculares: a base moleculares da Engenharia Química

- Objectivos: reconhecimento pelos estudantes que as propriedades podem ser alteradas por mudanças na estrutura através de computação qualitativa e quantitativa

#### ■ Bases moleculares da termodinâmica

- Mecânica quântica e estatística Introdutória, capacidades de gases ideais, entropia em termos de mecânica quântica e estatística, equilíbrio, 1ª e 2ª leis, equações de estado, calor de vaporização, transições de fase

#### ■ Classificação de moléculas

- Conceitos qualitativos (“hidrofílico”, “hidrofóbico”), correlações de propriedades e estrutura molecular, tipos diferentes de moléculas, macromoléculas, interacções biológicas de alta especificidade

#### ■ Bases moleculares das velocidades de reacção

#### ■ Bases molecular de outras propriedades e equações constitutivas

- Propriedades de transporte, efeitos de conformações polímero/biomoleculares, propriedades de mistura, elementos de biologia molecular

#### ■ Tópicos especiais (opcionais)

- Fenómenos interfaciais, nucleação/crescimento, propriedades dos materiais, evolução dirigida

12/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education”

### – 1ª proposta de Curriculum: **Análise Multi-Escala**

Análise Multi-Escala: aplicação de princípios de engenharia química através de várias escalas de espaço e tempo

- Interfaces
  - adsorção, extracção, interfaces, movimentos Brownianos, DLVO, nucleação, interacções coloidais
- Engenharia de reactores homogéneos
  - PFR e CSTR
- Descrições Multi-escala de sistemas reactivos
  - aproximação integrada à transferência de momento, calor e massa com reactividade
  - processos estocásticos
  - sistemas heterogénos e fenómenos interfaciais
  - separações
- “Do cadinho para a instalação”: implementação de princípios multi-escala no projecto de produtos e processos
  - Projecto de um produto e processo para produzir um polímero, sistema de libertação controlada de medicamentos (inclui componente laboratorial para produzir protótipo)
  - Ligação com “Sistemas e Mercado”?

13/60

## “Frontiers in Chemical Engineering Education”

### – 1ª proposta de Curriculum: **Sistemas**

Sistemas: ferramentas para síntese, análise e projecto de processos, unidades

- Introdução a “Sistemas”
  - Leis de conservação para sistemas em estado estacionário e dinâmicos, construir modelo para sistema dinâmico experimental, aquisição e análise de dados, simulação numérica, estimação de parâmetros (complexidade e incerteza), construir equipamento/sensor
- Introdução aos Sistemas Moleculares
  - sistemas estocásticos e reacções a nível molecular como sistemas
  - simulação como tecnologia
  - princípios de optimização para projecto, estimação de parâmetros e tomada de decisão
  - exemplos de microelectrónica, catálise, biologia de sistemas, cinética estocástica
- Sistemas e Mercado
  - sistemas multi-escala: separação e resolução de escalas de tempo e comprimento
  - projecto e análise de retroacção (*feedback*)
  - monitorização, detecção de falhas e análise de sensibilidade
  - programação de experiências: capacidades de gestão/económicas, segurança, marketing, impacto ambiental, análise de ciclo de vida, ética, globalização

14/60

## Sumário

- O futuro do ensino da Engenharia Química – EUA (Frontiers in Chemical Engineering Education)
- O futuro do ensino da Engenharia Química – União Europeia (Declaração de Bolonha)
- As TIC e Inovação Curricular – Laboratórios Virtuais
- “Effective Teaching”
- Ensino por Projecto

15/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

- Documento “*EFCE Recommendations for Chemical Engineering Chemical Engineering Education in a Bologna Two Cycle Degree System*” (Working-Party on Education, Set. 2005)
- Recomendações “**resultados da aprendizagem**” em termos de “competências e conhecimento a adquirir” e das “competências transferíveis”
  - Define o **núcleo comum** para actualização do currículo dos cursos de Engenharia Química
  - questões de ensino / aprendizagem (ensino por projecto, ensino activo)
  - Experiência em estágio industrial
  - Revisão do processo educativo
  - Avaliação dos estudantes

16/60



## Bolonha - Recomendações da EFCE

- Núcleo comum que cobre 2/3 dos 2 ciclos
- Facilita um dos objectivos do processo de Bolonha: mobilidade durante e após os estudos
- Necessidade de introdução de conhecimento em engenharia de produto para reflectir a importância crescente da ciência dos materiais moderna (Engenharia Biomolecular e Nanotecnologia?)

17/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

Resultados da aprendizagem para o **1º ciclo**. Após a conclusão do 1º ciclo um EQ deve

- Ter um conhecimento das ciências de base relevantes (matemática, química, biologia molecular, física) para ajudar a entender, descrever e lidar com fenómenos de EQ
- Perceber os princípios básicos que regem a EQ:
  - balanços materiais, energéticos, de momento
  - equilíbrio
  - cinéticas de processos (reação, massa, calor, transferência de momento

e ser capaz de os usar para formular e resolver (analítica, numérica, graficamente) uma variedade de problemas de EQ

- Perceber os princípios básicos de controlo de processos
- Perceber os princípios por de trás dos métodos de medida de processos / produtos
- Ser capaz de planear, desempenhar, explicar e relatar experiências simples

18/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

(cont.)

- Possuir um conhecimento da literatura relevante e de fontes de informação
- Ter um entendimento básico de questões ambientais, de saúde e segurança
- Perceber o conceito de sustentabilidade
- Perceber os conceitos básicos de EQ de produto
- Possuir conhecimento de algumas aplicações práticas de engenharia de processos e produtos
- Possuir capacidade para analisar problemas complexos numa determinada orientação
- Possuir alguma experiência na utilização de software
- Ser capaz de realizar projecto apropriado numa determinada orientação
- Ser capaz de calcular custos de processos e projectos

19/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

Resultados da aprendizagem para o **2º ciclo**. Após a conclusão do 1º ciclo um EQ deve

- Ser mais proficiente nas competências do 1º nível para uma determinada orientação
- Usar conhecimento mais profundo dos fenómenos de modo a construir modelos mais avançados
- Ser capaz de usar ferramentas computacionais apropriadas
- Ser capaz de realizar experiências mais avançadas e produzir interpretações mais avançadas dos resultados
- Ser capaz de analisar, avaliar e comparar alternativas relevantes numa determinada orientação
- Ser capaz de sintetizar e otimizar novas soluções
- Ser capaz de auto-estudar um tópico em profundidade

20/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

**Competências transferíveis.** Após a graduação um EQ deve:

- Ser capaz de comunicar efectivamente, incluindo o Inglês, usando as modernas ferramentas de apresentação de modo apropriado
- Ser capaz de trabalhar em equipas multidisciplinares
- Ter um entendimento do impacto das soluções de engenharia num contexto ambiental e social
- Ter um entendimento da responsabilidade ética e profissional
- Ser capaz de aprender de modo autónomo e reconhecer a necessidade de aprendizagem ao longo da vida

21/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

Currículo nuclear para o 1º ciclo

- **Ciências e matemática:** min 45 ECTU (20 a 30% dos ECTU)
  - má., estatística, métodos numéricos, informática, química, física e biologia molecular (incl. Lab.)
- **Engenharia Química:** min 65 ECTU (40 a 50% dos ECTU)
  - Balanços materiais e energéticos, termodinâmica / química-física, separações, transf. calor, eng<sup>a</sup> da reacção, materiais de construção, eng<sup>a</sup> básica do produto, instrumentação e controlo, PAT, segurança-saúde-ambiente, labs de eng<sup>a</sup> química, tese 1º ciclo ou projecto
- **Tópicos não técnicos:** 10 ECTU (até 10 % dos ECTU)
  - Economia e gestão

Min 120 ECTU

22/60

## Bolonha - Recomendações da EFCE

### Currículo nuclear para o 2º ciclo

- Ciências e matemática: min 15 ECTU
- Tópicos de Engenharia Química: min 40 ECTU
- Tese de 2º ciclo / Projecto de Eng<sup>a</sup> Química: min 20 ECTU

Min 75 ECTU (63% do total de 120 ECTU) permitindo  $\frac{3}{4}$  de 1 ano de estudo para especialização adicional

23/60

## Reformulação de Cursos – Bolonha

- Adequar os planos de estudos dos cursos ao modelo da chamada “Declaração de Bolonha - espaço europeu do ensino superior,” que pretende a adopção de um sistema facilmente inteligível e que facilite a equiparação / reconhecimento dos graus concedidos por diferentes Universidades.
- Decorre também da adopção do modelo de Bolonha a aposta num sistema de formação bi-etápico:
  - Um primeiro ciclo com a duração 3/4 anos nos cursos de Engenharia do Minho
  - E um segundo ciclo com um ano de formação em especialização que poderá ser complementada com um período adicional para preparação de tese de mestrado.

24/60

## Espaço Europeu do Ensino Superior

- Um outro objectivo do modelo de Bolonha passa pelo estabelecimento do sistema de créditos ECTS (*European Credit Transfer System*) em todos os países da União Europeia que assegure tanto a transferência e a acumulação de créditos numa lógica de formação ao longo da vida.
- Os Créditos ECTS são um valor numérico (entre 1 e 60) atribuído às unidades curriculares que expressam a carga de trabalho requerida ao estudante para que as complete.
- Reflectem a quantidade de trabalho que cada unidade curricular exige em relação à quantidade de trabalho necessária para completar um ano de estudos completo na instituição, isto é, aulas, trabalhos práticos, seminários, tutoriais, trabalho de campo, estudo pessoal – na biblioteca ou em casa – e exames ou outras actividades de avaliação.
- Os créditos são assim baseados na carga completa de trabalho do estudante e não se limitam apenas às horas de contacto.

25/60

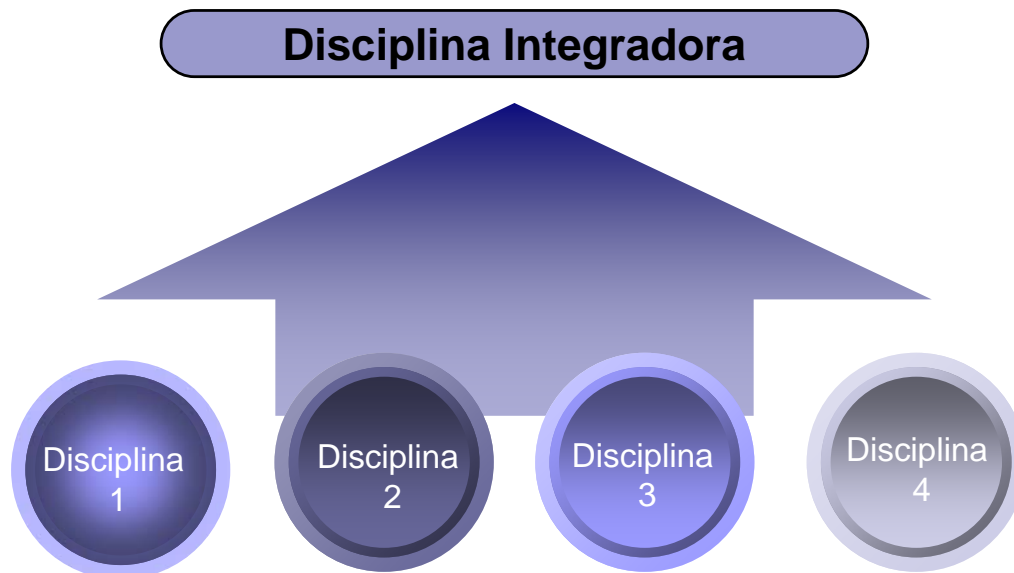
## Reformulação de Cursos – Bolonha

- Valorizar o trabalho do aluno, incentivando-o a usar o seu tempo de preparação em tarefas significativas que lhe permitam alcançar os resultados esperados pela sua aprendizagem.
- Tempo de contacto de 20 horas semanais, de forma a privilegiar o trabalho independente dos alunos
- Apoio tutorial a grupos de alunos em cerca de 6 horas por semana

26/60

## Reformulação de Cursos – Bolonha ?

- Elevada componente prática integradora do curso, traduzida em disciplinas de índole laboratorial ou de projecto, em percentagem de 20% no primeiro ano e 30% nos restantes anos



27/60

## Sumário

- O futuro do ensino da Engenharia Química – EUA (Frontiers in Chemical Engineering Education)
- O futuro do ensino da Engenharia Química – União Europeia (Declaração de Bolonha)
- As TIC e Inovação Curricular – Laboratórios Virtuais
- “Effective Teaching”
- Ensino por Projecto

28/60

# "Frontiers in Chemical Engineering Education"

## – As TIC e Inovação Curricular

### Inovação Curricular

**Ensino orientado para o Projecto**  
**Exemplos do mundo real**  
**Conectividade no Curriculum**  
**Aplicações multidisciplinares**

**Aprendizagem conceptual por**  
**Experiências**

**Software temático específico**

**Exposição à prática de Engenharia**  
**baseada nas TIC**

### Ferramentas / Mecanismos propostos

**Internet Ready Instruction Modules (IRIM)**

Industrial Design Project Modules  
 Faculty Research-based Modules

**Virtual Labs (VLAB)**

Virtual Laboratory for Core Courses

**Software Applications Library (SAL)**

Interface Curriculum with Software

- Course on IT Tools: Software Integration
- Web-mediated Concurrent Engineering
- Project Presentation via Internet  
*Startup company model*

**Outcome Based Assessment**  
 Knowledge-Based and Perception-  
 Assessment Mechanisms

29/60



**e-Learning**

**b-Learning**

**m-Learning**

Ensino à Distância

Não presencial

Síncrono

Avaliações em linha

Internet

Actividades baseadas em eventos incluindo aulas presenciais "cara-a-cara", e-learning "ao vivo", e estudo assíncrono

"Mobile Learning"

Novo paradigma?

Redes sem fios  
 Campus Virtual  
 www.e-u.pt

notebooks, PDA,  
 tablet computers

## Perspectivas da Aprendizagem Móbil



- With the widespread of wireless notebook computers, handheld PDA, and tablet computers in education the push to provide better online learning resources is becoming a new paradigm – **mobile learning**
- Everything is available with a laptop and from any point within the university campus
- Typically, e-learning is described as being "**anytime, anyplace learning**". While this is mostly true, a student still needs access to a computer with Internet connection.
- m-learning can happen everywhere: the infrastructure and tools are in place for m-learning

31/60

## Laboratórios Virtuais



<http://vlabs.uminho.pt/>

32/60



## Internet-ready instructional modules (IRIM)

- Internet is being used for web-based delivery of knowledge and instruction by allowing students to download software and computer assisted instructional modules to run as homework exercises
- Students are participating in the development of these **Internet-Ready Instructional Modules (IRIM)**, thereby providing them valuable hands on experience with the use of ICT tools

33/60

## Sumário

- O futuro do ensino da Engenharia Química – EUA (Frontiers in Chemical Engineering Education)
- O futuro do ensino da Engenharia Química – União Europeia (Declaração de Bolonha)
- As TIC e Inovação Curricular – Laboratórios Virtuais
- “Effective Teaching”
- Ensino por Projecto

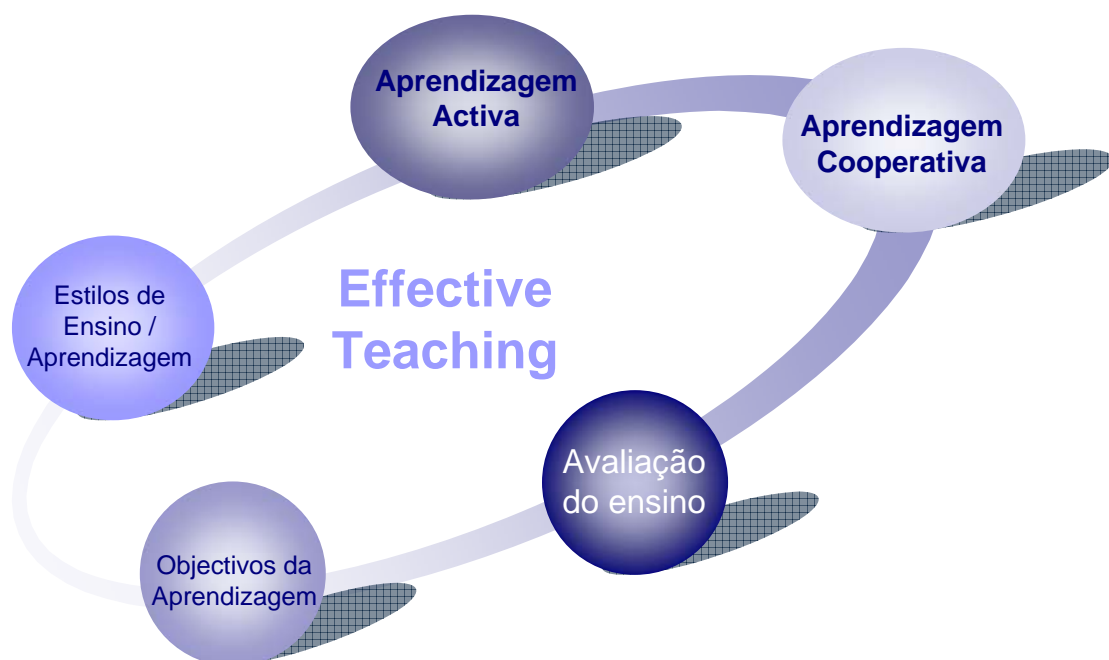
34/60

## “Effective Teaching”

- Técnicas de ensino / aprendizagem ligados ao conceito de **Effective Teaching**
- Conceito proposto por Richard Felder, Prof<sup>o</sup> Emérito de Engenharia Química da North Carolina State University
- Coluna habitual “Random Thoughts ...” na revista “**Chemical Engineering Education**”

35/60

## Felder’s “Effective Teaching”



36/60

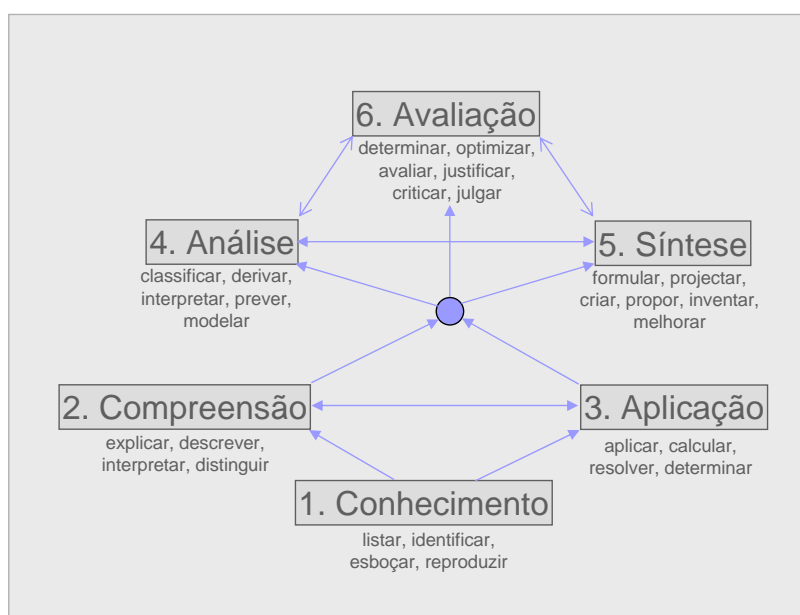
## Effective Teaching - Como é que os estudantes aprendem?

### ■ Os diferentes estilos de aprendizagem:

- Aprendizes Sensitivos vs Intuitivos - percepção
- Aprendizes Visuais vs Verbais – modalidade de “input”
- Aprendizes Activos vs Reflectivos - processamento
- Aprendizes Sequenciais vs Globais - compreensão

37/60

## Effective Teaching – definição dos resultados (objectivos) esperados da aprendizagem (taxonomia de Bloom)



- **Objectivos não instrucionais**: conhecer, aprender, apreciar, perceber... são objectivos importantes mas não são directamente observáveis e como tal não deverão constituir-se como objectivos instrucionais

38/60

## Effective Teaching – Avaliação do ensino

- performance em testes relacionados com os objectivos da aprendizagem
- relatórios de projecto
- apresentações orais
- propostas projectos de investigação e artigos
- críticas escritas de projectos e artigos
- avaliação dos colegas e auto-avaliação

39/60

## Effective Teaching – Aprendizagem Activa

- Actividades instruccionais que motivem os estudantes a realizar algo para além de escutarem e tomarem notas na aula
  - **equipas na aula de 2 a 4 alunos** (rever a matéria anterior, responder a questões, iniciar a resolução de um problema, pensar num exemplo ou aplicação, entender um resultado errado, discutir uma questão, sumariar uma aula,...)
  - **“think-pair-share”**: os estudantes pensam em respostas individualmente; seguidamente formam pares para produzir respostas conjuntas; partilha com a turma
  - ... + 6 conceitos

40/60

## Effective Teaching – Aprendizagem Cooperativa

- Os estudantes trabalham em equipas em tarefas de aprendizagem estruturada sob as seguintes condições
  - os membros da equipa devem depender de outro membro para cumprir a tarefa
  - os membros são responsáveis pela sua parte do trabalho
  - parte ou todo o trabalho deve ser realizado em grupo
  - os membros da equipa praticam e recebem instrução em liderança, suporte à decisão, comunicação, gestão de conflitos
  - as equipas devem reflectir no que estão fazendo bem como equipa, no que podem melhorar e se algo deve ser feito de modo diferente no futuro.
- A aprendizagem cooperativa não é:
  - estudantes sentadas a uma mesa estudante conjuntamente
  - grupos de projectos com 1 ou 2 estudantes fazendo todo o trabalho

41/60

## Effective Teaching – Aprendizagem Cooperativa

- Vantagens da aprendizagem cooperativa, melhor:
  - interacção professor-estudante
  - interacção estudante-estudante
  - retenção da informação
  - notas
  - destreza de pensamento de alto nível
  - atitude perante temas
  - motivação para aprender
  - trabalho de equipa
  - competência de comunicação
  - percepção do ambiente da profissão
  - auto-estima
  - frequência das aulas

42/60

## Effective Teaching – Aprendizagem Cooperativa

- Questões de implementação
  - Critérios na formação das equipas (misturar diferentes níveis de competências, horários comuns, interesses comuns,...)
  - Preferencialmente as equipas devem ser formadas pelo docente;
  - equipas de 3-4 alunos funcionam melhor
  - Sorteio dos temas;
- Ajudar os estudantes no desenvolvimento de competências de trabalho em equipa
- Promover interdependência positiva (diferentes papéis para cada elemento da equipa, jogos e charadas, bónus em exames para equipas acima da média,...)
- Avaliação individual
  - exames individuais, chamadas aleatórias de alunos, auto-avaliação do grupo e de cada elemento,...)

43/60

## “Effective Teaching”

- Ver página internet de R. Felder  
“Resources in Engineering and Science Education”  
[www.ncsu.edu/effective\\_teaching](http://www.ncsu.edu/effective_teaching)
- Mais de 200 Workshops em todo o mundo com Rebecca Brent

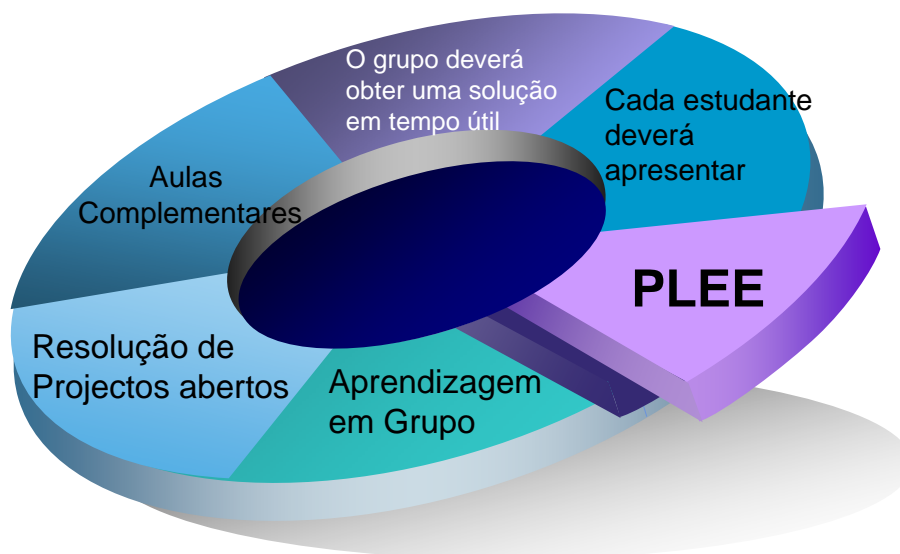
44/60

## Sumário

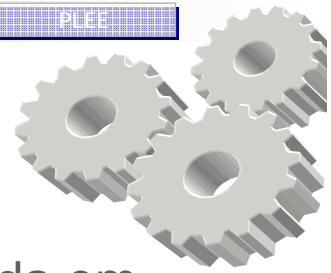
- O futuro do ensino da Engenharia Química – EUA (*Frontiers in Chemical Engineering Education*)
- O futuro do ensino da Engenharia Química – União Europeia (Declaração de Bolonha)
- As TIC e Inovação Curricular – Laboratórios Virtuais
- “Effective Teaching”
- Ensino por Projecto

45/60

## Project-Led Engineering Education



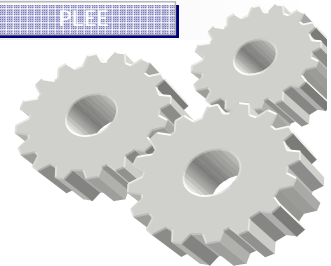
## O que é o Ensino por Projectos



- Actividade de aprendizagem organizada em grupos de alunos
- Permite resolver projectos de grande dimensão e abertos
- Deve ter apoio em disciplinas teóricas, idealmente três
- O grupo de alunos fornece a solução ao problema numa data previamente acordada
- Cada aluno deve ser capaz de defender todo o projecto

47/60

## Ensino por Projecto – Pontos Chave

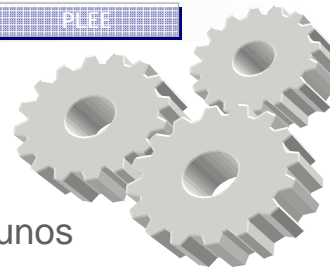


- Aborda problemas reais
- O ensino é centrado no aluno e não no docente
- A aprendizagem espelha a prática de engenharia
- Os docentes orientam/facilitam a aprendizagem – não dão simplesmente respostas
- Menos aulas, mais aprendizagem do tipo “aprender-fazendo”
- Motiva o aluno e este fica determinado a obter sucesso
- A re-organização é um desafio!

48/60



## Ensino por Projecto – Potencialidades



- Motivação – o ser relacionado com a vida real - os alunos consciencializam-se do valor das suas competências
- Exige análise e síntese de informação aplicada a um contexto real
- Desenvolvimento do espírito crítico e criatividade
- Permite aos alunos desenvolver competências **técnicas** e **sociais**:
  - Identificar, formular e resolver problemas de engenharia
  - Integrar teoria e prática
  - Comunicar de forma eficiente
  - Como trabalham as organizações industriais
  - Trabalhar em equipas multidisciplinares
  - Tomar decisões e ser responsáveis por estas
  - Recolher, seleccionar e usar informação
  - Necessidade de aprendizagem para a vida

49/60

## Ensino por Projecto - Como funciona



- O tempo de aprendizagem é mais importante do que o tempo em aulas (*“Avoid death by lectures”*)
- Projecto: 40% tempo de aprendizagem
- Disciplinas de apoio: 30%
- Outras disciplinas: 30%
  
- 45 horas de aprendizagem efectiva por semana

50/60

## Onde se desenrola o projecto? – recursos materiais

- Desenrola-se na sala de projecto
- Os alunos escrevem as respostas no quadro
- O tutor vê rapidamente o que o grupo de alunos está a discutir
- Qualquer aluno deve ser capaz de defender o que está no quadro
- O tutor supervisiona vários grupos alunos



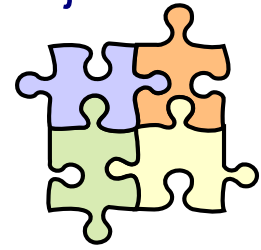
51/60

## Ensino por Projecto - Que competências?

- O que queremos que os alunos sejam capazes de fazer?
- Que competências?
  - Competências técnicas,
  - Competências sociais
  - e de negociação
- Desenvolvimento pessoal
- Como vão os alunos desenvolver as suas competências?
- Disciplinas de apoio
- Como avaliar a sua capacidade para o realizar?

52/60

## Ensino por Projecto – O que faz um bom projecto?



(Aspectos académicos)

- Enquadra os objectivos do semestre
- Tarefa complexa e multidisciplinar
- Requer divisão de tarefas, trabalho cooperativo
- Integra o conhecimento, atitudes e valores
- Análise / síntese dum contexto real
- O resultado a obter é claro (para o grupo de alunos)
- Tempo de realização do projecto deve ser real
- O projecto NÃO deve ser uma série de exercícios

53/60

## Ensino por Projecto - Algumas regras básicas

- Definir um ASSUNTO para o semestre/trabalho de projecto
- Decidir QUE TÓPICOS devem ser abordados no semestre
- Decidir QUAL A % TEMPO para o projecto
- Que disciplinas APOIAM o projecto directamente?
- Que disciplinas NÃO APOIAM o projecto?
- Propor projectos que se apoiem em outras disciplinas

54/60

## Ensino por Projecto - Exemplo

- Exemplo da formulação dum projecto - **Enzimas na produção de cerveja**
- **Propósito:** O aluno deve ser capaz de definir conceitos técnicos e científicos relevantes e ser capaz de descrever modelos, teorias e métodos científicos relevantes para a formulação do problema escolhido
- **Objectivos:**
  - Ser capaz de desenhar um processo de fermentação e descrever, compreender e analisar os diferentes processos envolvidos
  - Ser capaz de descrever e analisar a alteração de moléculas nos processos de fermentação.
- **Recursos, Disciplinas de apoio ao projecto:**
  - Bioquímica
  - Processos de separação
  - Engenharia das fermentações

55/60

## Ensino por Projecto - Exemplo

- **Tópicos técnicos:**
  - Papel de enzimas na produção da cerveja e sua importância na cor e paladar do produto final.
  - Modelos para alteração de moléculas nos processos fermentativos.
  - Termodinâmica do processo fermentativo.
  - Fazer a sua própria cerveja e servi-la no dia do exame final.
- **Tópicos contextuais:**
  - História dos processos fermentativos com especial enfoque na produção de cerveja.
  - O papel da vitamina B em relação à saúde.
  - Desenvolvimento de sabores usando diferentes matérias primas

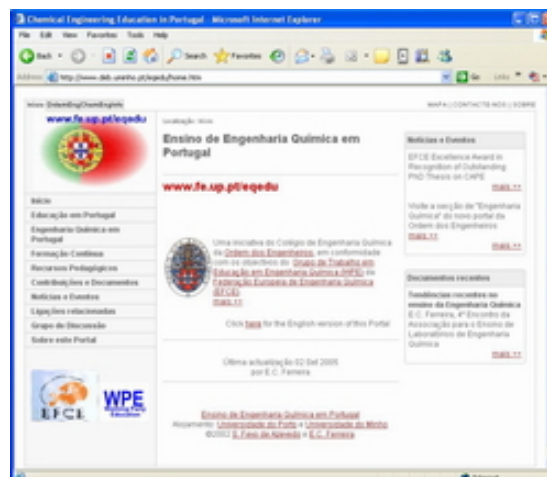
56/60

## Ensino por Projecto - Limitações

- Sociais (papeis esperados dos professores e alunos)
- Institucionais (organização e recursos)
- Tutores (motivação/interesse e falta de experiência)
- Estudantes (trabalho cooperativo e motivação)

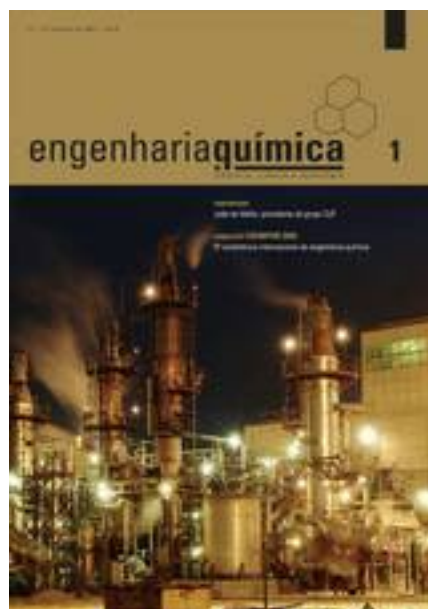
57/60

Nó nacional da Working Party Education da EFCE  
– Ensino da Engenharia Química em Portugal:  
[www.deb.uminho.pt/eqedu](http://www.deb.uminho.pt/eqedu)



58/60

Revista ENGENHARIA QUÍMICA  
[www.deb.uminho.pt/EngQuimica](http://www.deb.uminho.pt/EngQuimica)



59/60



Universidade do Minho  
Braga, PORTUGAL

:: Eugénio Campos Ferreira ::

Departamento de Engenharia Biológica ::  
Braga : PORTUGAL ::

:: ENGENHARIA QUÍMICA  
SEM FRONTEIRAS ::

:: novas tendências  
no ensino da engenharia química ::

:: [ecferreira@deb.uminho.pt](mailto:ecferreira@deb.uminho.pt) ::  
:: [www.deb.uminho.pt/ecferreira](http://www.deb.uminho.pt/ecferreira) ::  
:: [biopseg.deb.uminho.pt](http://biopseg.deb.uminho.pt) ::