

Como afundar uma escola de Engenharia — receita infalível usando o ensino de Matemática

I. S. Labouriau*
Centro de Matemática Aplicada
Universidade do Porto
R. das Taipas, 135
4 050 Porto - Portugal
e-mail islabour@fc.up.pt <http://www.fc.up.pt/ma/islabour/>

6 de Junho de 2001

Sumário

- 1 Introdução.
- 2 Receita para afundar a escola.
- 3 Porque a receita funciona.
- 4 O que há de comum entre os exemplos de escolas de Engenharia que são um sucesso.
- 5 Receita para não afundar.

1 Introdução

Estas receitas servem para afundar ou não afundar uma escola, seja ela de Engenharia ou de outro assunto (Matemática ou Economia, por exemplo). Para escolas de outros assuntos as receitas têm que ser adaptadas, mas como se verá, a adaptação é simples.

As receitas também podem ser adaptadas para usar o ensino de outro assunto básico qualquer, como por exemplo Física, em vez de Matemática.

2 Receita para afundar a escola

Tempo de preparação : menos de 10 anos

Ingredientes:

- 1) professores de Matemática que saibam de Matemática aquilo que vão ensinar ou pouco mais
- 2) professores de Matemática cujo interesse principal não é Matemática
- 3) pós-graduação e licença para investigação muito difíceis
- 4) professores que tenham estudado, todos, no mesmo lugar
- 5) ter como critério de contratação dos docentes “foi meu aluno ou colega”
- 6) turmas muito grandes
- 7) programas vagos ou inexistentes
- 8) ensinar apenas como se faz e não porque funciona

*conferência e debate, ISEP, 31 de Janeiro de 2001 no encontro “Que Matemática numa Escola de Engenharia?”

- 9) disciplinas sem pré-requisitos
- 10) taxas de reprovação altas sem alteração nas disciplinas
- 11) todos os professores da escola que usam Matemática dão aulas de Matemática

Instruções :

Escolha pelo menos 3 ingredientes da lista e aplique-os inexoravelmente até a receita estar pronta. Sabe-se que está pronto porque os demais ingredientes começam a aparecer espontaneamente. Nesta altura a escola já terá afundado embora nem todos notem logo.

3 Porque a receita funciona

Para compreender a receita basta uma análise de como os ingredientes interagem. Analisando-os por ordem:

1) professores de Matemática que saibam de Matemática aquilo que vão ensinar ou pouco mais

Assim que apareça um desenvolvimento novo de Engenharia, usando um tipo um pouco diferente de Matemática, estes professores estarão imediatamente desactualizados. Um professor que saiba pouco mais que os alunos procura manter os programas sempre iguais (causando um aumento do ingrediente 7) e só pode apresentar os temas de uma maneira. Estes professores sofrem também dos mesmos males e consequências do ingrediente 2.

2) professores de Matemática cujo interesse principal não é Matemática

A resistência à mudança é ainda maior se o interesse principal do professor não for o assunto que ensina. O conhecimento de outros assuntos não substitui o conhecimento aprofundado do que se ensina, mas cria uma tendência para deixar de explicar porque (ingrediente 8).

Para estes professores, dar aulas de Matemática é uma chatice e os alunos vão se aperceber disto. Causam um aumento dos ingredientes 6, 8 e 10. Criam um mau ambiente de trabalho e com isto aumentam 1, 2, 3 e 4.

3) pós-graduação e licença para investigação muito difíceis

A melhor maneira de garantir que os professores não saibam muito é impedi-los de aprender. Claro que isto não é possível, mas consegue-se uma boa aproximação tornando a pós-graduação e a investigação tão difíceis quanto se possa. Com isto aumenta o ingrediente 1 e em geral também o 5. Além do mais, as pessoas que têm vontade de fazer um ensino bem feito vão embora.

4) professores que tenham estudado, todos, no mesmo lugar

Se todos os professores tiverem estudado no mesmo lugar ou tiverem sido alunos uns dos outros a possibilidade de inovação diminui muito. Têm exactamente a mesma prática de ensino e qualquer flexibilidade no sistema está impedida por natureza. Pensam e reforçam uns nos outros a ideia de que só há uma maneira de ensinar. Este ingrediente causa logo um aumento em 4, 5 e 7. Combinado com taxas de insucesso altas e programas vagos este é um ingrediente de peso.

5) só contratar quem “foi meu aluno ou colega”

Este ingrediente causa rapidamente um aumento de 4. A partir daí aumentam 4 e 5 e a seguir, 7.

6) turmas grandes

Porque será que as pessoas aceitam tão bem que conduzir um automóvel, que é fácil, se aprenda em aulas individuais e que Matemática, que é difícil, se aprenda em aulas com 200 alunos? Os ingredientes 6 e 10 fazem um belo exemplo de ciclo vicioso.

Fica difícil ensinar seja o que for nesta escala, a menos que se adopte técnicas especiais. Isto é difícil e dá trabalho. A alternativa fácil na presença dos demais ingredientes é aumentar 8, 9 e 10 e também 1, 2 e 3.

7) programas

Um programa que conste de títulos de assuntos como “integrais”, “séries” ou “diagonalização” garante que os alunos nunca aprendem aquilo que vão usar. O melhor mesmo é deixar de ter programa e ficar pelo título das disciplinas, não vá o professor acertar sem querer. Cada docente interpretará de forma diferente a informação que lhe é dada, não se sabendo assim o que é que os alunos devem aprender. Os alunos também não saberão o que é esperado deles, fica claro para eles que Matemática é um conjunto de regras arbitrárias, aplicadas por razões arbitrárias. Fica difícil a Matemática ser útil para alguma coisa.

Este ingrediente é muitas vezes um sintoma de que está presente o ingrediente 4. Causa aumentos directos em 6 e 10, e indirectamente aumenta todos os outros.

8) **como, mas nunca porque**

Ensina-se Matemática não só para que os alunos conheçam certos factos mas principalmente para que aprendam uma maneira de pensar. Para isto não basta ter professores que saibam usar Matemática, é preciso professores que sejam capazes de criar Matemática nova, o que não é tão fácil assim! Aprender sem explicação os factos acumulados em 2 500 anos de raciocínio torna o assunto misterioso e difícil, causando o aumento dos ingredientes 10 e 6.

Como agora a Matemática é ensinada assim no secundário, torna-se particularmente importante que não seja ensinada assim numa escola de Engenharia.

A actitude de quem não explica porque é a mesma que eu teria se tivesse dado a receita sem esta secção — o leitor não teria como saber se a receita funciona, a menos do fraco argumento da autoridade.

9) **disciplinas sem pré-requisitos**

Os alunos reprovados continuam tranquilamente o seu curso. Como não sabem Matemática, não a podem usar quando é preciso. Isto causa reprovações nas demais disciplinas de Matemática, aumentam 10 e 6. Nas disciplinas de outros assuntos aumenta também a reprovação, os professores são obrigados a ensinar Matemática dentro de cada disciplina. Aumentam 1 e 2. Instala-se o clima de “isto não serve para nada”, aumentam os ingredientes 7 e 8 e em consequência os 6 e 10. Com este ambiente de trabalho o jeito é aumentar os ingredientes 1, 2, 11 e 3. Por causa do ingrediente 11 os programas ficam cada vez mais confusos (ingrediente 7).

10) **taxas de reprovação altas sem alteração nas disciplinas**

Criam um aumento de 6. Os alunos acumulam-se em algumas disciplinas e para evitar isto a tendência é aumentar 8 e 9. Como é preciso dar aulas a muitos alunos, aumentam 1, 2, 3 e 11.

11) **todos os professores da escola que usam Matemática dão aulas de Matemática ; ou pior ainda, todos os professores da escola que gostam de Matemática dão aulas de Matemática**

Estes professores são em geral ingredientes 1 e 2. Com um pouco de sorte, são também 4 e 5. Este não é o problema mais grave.

Os alunos nunca mais irão aprender como usar Matemática para fazer Engenharia — os professores que poderiam ensinar isto estão ocupados com aulas de Matemática. Não irão aprender porque é que os métodos de Engenharia funcionam — nas aulas de Engenharia aprenderão receitas sem explicação, porque esta envolve sempre um bocado de Matemática. Estes alunos estarão desactualizados pouco tempo depois de acabar o curso e terão enormes dificuldades em se actualizar.

Efeito de interacção

Os 3 últimos ingredientes formam uma combinação explosiva. Os alunos reprovados continuam seu curso tranquilamente, com professores que não usam Matemática (todos os que usam estão ocupados dando aulas de Matemática). Instala-se o clima de “isto não serve para nada”, aumentam os ingredientes 7 e 8 e em consequência os 6 e 10. Os alunos ficam “presos” pelas disciplinas de Matemática, para consertar aumenta-se 8 e 9. Com este ambiente de trabalho o jeito é aumentar os ingredientes 1, 2, 11 e 3. As pessoas que têm vontade de fazer trabalho bem feito procuram outro emprego. Por causa do ingrediente 11 os programas ficam cada vez mais confusos.

O aprofundamento já está completo. Os alunos não aprendem nem Matemática nem Engenharia. Talvez aprendam a decorar sem entender e a copiar.

4 Escolas de Engenharia que não afundaram

Escolhi alguns exemplos de sucesso (e portanto que não usaram a receita) para observar. O critério usado foi escolher escolas que conheci inicialmente como escolas de Engenharia e que são famosas como escolas de Engenharia. Procurei diversificar a escolha por países e tradições diferentes.

Um passeio pelas páginas de internet permite ter uma boa ideia de como estas escolas funcionam. Na página do MIT, há uma listagem bastante completa de “sites” académicos de todo o mundo:

<http://web.mit.edu/afs/athena.mit.edu/user/c/d/cdemello/www/univ.html>

As escolas cujas páginas consultei foram o MIT (Massachusetts Institute of Technology) (E.U.A); o CalTech (California Institute of Technology) (E.U.A) fundado em 1891; a École Polytechnique (França), fundada em 1794; o Imperial College (G.B), fundado em 1907; a Escola de Engenharia de São Carlos - USP (Brasil), fundada em 1952; e o Instituto Superior Técnico (Portugal), fundado em 1910.

Os dados que obtive, embora muito incompletos, mostram que as instituições são muito diferentes. Algumas orgulham-se de ter prémios Nobel e medalhas Fields em seu corpo docente ou entre seus ex-alunos. O número total de alunos varia de 2 000 (CalTech) a 10 000 alunos (MIT e IC). A proporção entre alunos de graduação e pós-graduação vai de 1/1.5 (MIT) a 3.5/1 (IC).

Uma parte das diferenças é ilusória. Por exemplo, as escolas contam o seu corpo docente de maneira diferente: em algumas são contados os assistentes, em outras são considerados pessoal temporário que não pertence ao corpo docente. Em algumas escolas os assistentes não são contados para o número de professores mas, na mesma escola, são contados quando se faz a relação docente/aluno.

Ainda assim, pode-se observar que os departamentos de Matemática destas escolas têm desde menos de 20 (CalTech) a mais de 60 professores. A proporção entre o número total de professores da escola e professores de Matemática vai desde 14/1 (CalTech) até 70/1 (IC). O número de alunos por professor da escola vai de 8.4/1 (IC) a 4.3/1 (MIT).

O que há de comum entre os exemplos de sucesso, quanto ao ensino de Matemática é que todos têm as seguintes características:

- investem em ter professores de Matemática de alta qualidade (como nos outros assuntos);
- investem em investigação e em pós-graduação, em todos os assuntos que ensinam (inclusive em Matemática).

Como resultado:

Todas estas escolas têm excelentes grupos de investigação em Matemática. Os assuntos de investigação são de interesse para a comunidade Matemática internacional. Muito do trabalho de investigação em Matemática feito nessas escolas não está directamente ligado ao assunto principal de interesse da escola, mas é de alta qualidade.

A dimensão dos departamentos de Matemática e a sua proporção dentro das escolas varia muito. Em todos os casos, os departamentos de Matemática têm dimensão suficiente para manter grupos de investigação visíveis internacionalmente.

O que todas estas escolas tentam ter é um grupo de professores capaz de dar aos seus alunos um treinamento básico de alta qualidade. Citando a página de uma delas: “profs can launch into advanced material immediately, without the need to review basics for some underprepared students.” (Caltech, página sobre “core curriculum”).

O que há de comum entre as escolas de sucesso, seja em escala mundial, seja em escalas nacionais, é uma política de qualidade em todas as áreas de actuação. Naturalmente isto inclui uma política de qualidade no ensino da Matemática

5 Receita para não afundar

Escolas de Engenharia de sucesso já existem há muito tempo. O melhor é não tentar inventar a roda - escolha algumas escolas excelentes e procure ver como elas resolveram o problema. É melhor não ser modesto. Porque não tentar ser como os melhores do mundo? Invista em qualidade.

Alguns ingredientes para o sucesso do ponto de vista de ensino de Matemática :

1) decida o tipo de profissional a formar

Isto irá condicionar toda a estrutura do curso — em particular, quanta e qual Matemática será necessária. Lembre-se: um profissional competente é capaz de manter-se actualizado e para isto precisa saber porque e como os métodos funcionam.

2) programas objectivos, preparados por equipa interdisciplina

Um programa objectivo é uma lista de actividades que o aluno deve ser capaz de realizar; não é uma lista de nomes de capítulos. Por exemplo não basta dizer que o programa deve incluir o estudo de séries, é

preciso dizer o que o aluno precisa saber sobre séries: determinar se convergem? demonstrar que convergem? estimar a sua soma? demonstrar que a soma é esta? determinar a rapidez da convergência? para quais classes de séries?

Este tipo de programa é muito mais difícil de preparar do que parece à primeira vista. Tem necessariamente que ser feito em conjunto pelos professores que vão usar a Matemática em disciplinas a seguir (incluindo as de Matemática) e pelos professores que vão dar aulas da disciplina. Tem que conter um bom compromisso entre a capacidade de resolução prática de problemas e o treinamento em raciocínio e em rigor matemático, que é o que permite aprender mais, quando necessário.

A tarefa de quem prepara o programa pode ser facilitada escolhendo um bom livro de texto. Matemática é ensinada em escolas de Engenharia há 200 anos, há uma boa quantidade de experiência acumulada que se pode aproveitar. Não é preciso ser original nisto para ser competente. Se o livro escolhido não existe em Português, porque não investir em traduzi-lo?

Os programas e a sua execução devem ser revistos regularmente por dois motivos. Primeiro, para mantê-los actualizados em relação às necessidades de outras disciplinas. Segundo, para que os professores de Matemática e das disciplinas que a usam se mantenham conscientes da interligação entre os programas e tirem partido dela.

3) cuidado com as taxas de reprovação

Uma taxa de reprovação alta em disciplinas de base tem as consequências perniciosas que já foram explicadas. Ela é um sintoma. A causa, em geral, é uma mistura de preparação inadequada dos alunos, programas demasiado ambiciosos e métodos de ensino inadequados. Há muitas soluções que já foram usadas e testadas.

A solução mais simples é aprovar os alunos administrativamente, ou o que parece mais elegante mas é o mesmo, ajustar as suas notas a uma curva dada a priori. Isto resolve o problema da taxa de reprovação, mas não resolve o problema da ignorância dos alunos. Numa escola que quer investir em qualidade, é uma solução inaceitável.

Aulas remediais para repetentes funcionam pior do que oferecer-lhes a possibilidade de fazer a disciplina em mais tempo e com mais apoio. Isto pode ser feito, por exemplo, dando aos repetentes a possibilidade de fazer em um ano o programa de uma disciplina semestral acompanhado de revisões dos pré-requisitos feitas à medida que vão sendo usados.

Para alunos com dificuldades, um sistema de avaliação com resposta mais frequente que o habitual permite corrigir a tempo problemas que só seriam descobertos tarde demais. Isto só é útil se houver apoio para resolver as dificuldades à medida que aparecem.

Há muitas outras maneiras de atacar o problema. Todas elas envolvem trabalho adicional durante algum tempo, que acaba por ser compensado pela diminuição dos alunos acumulados. Para investir em qualidade é preciso buscar os meios, mas é muito mais fácil obtê-los quando se tem um projecto bem estruturado.

4) estimule professores que sabem muita Matemática a dar aulas da sua especialidade, usando muita Matemática

Assim os alunos aprenderão não só a Matemática, como a maneira específica de usar Matemática dos assuntos que estudam (coisa que um matemático não lhes poderá ensinar). Por exemplo: o conceito de valores próprios e os métodos básicos para calculá-los devem ser ensinados em disciplinas gerais de Matemática. A maneira de usar valores próprios para extrair conclusões varia de uma aplicação para outra. Em certos assuntos utiliza-se matrizes com propriedades especiais para as quais há técnicas especiais que simplificam o cálculo. Estas interpretações e estas técnicas devem ser aprendidas juntamente com o assunto em que são usadas, o que será fácil para quem já tem a formação geral.

Escolher só uma destas maneiras de ensinar é uma perda para os alunos. No exemplo dos valores próprios, um aluno que só aprenda métodos gerais terá dificuldade em realizar cálculos específicos em certos assuntos. Um aluno que só aprenda os métodos específicos não só perderá a oportunidade de aprender que valor próprio é um conceito geral que se aplica a muitos problemas diferentes, como perderá também a oportunidade de lidar com o conceito abstracto de valor próprio o que é um bom treino de raciocínio.

A aprendizagem é um processo cumulativo que beneficia de alguma repetição. Um aluno aprenderá mais e melhor se estudar o mesmo assunto em várias disciplinas diferentes em que será apresentado de pontos de vista diferentes.

5) invista na formação docente

Não é possível fazer ensino de qualidade com professores ignorantes, por melhor que seja a sua pedagogia.

6) contrate professores de Matemática que saibam mais Matemática do que vão ensinar

Um professor que sabe muito mais do que o que ensina é capaz de vários níveis de explicação. É uma pessoa que participa sem dificuldade de uma equipa interdisciplinar para discussão de programas. É uma pessoa que não tem dificuldade em enfrentar uma mudança de programa: ou já sabe o assunto novo ou o aprende com facilidade.

7) contrate professores de Matemática que que dêem garantia de actualização, isto é, que fazem investigação mesmo que esta “não sirva para nada”

A história da Matemática está cheia de exemplos famosos de assuntos considerados inúteis que se revelaram depois utilíssimos. Mas mais importante que isto, é que fazer investigação é uma garantia de capacidade. Quem investe em qualidade quer contratar as pessoas mais competentes.

A única coisa que não serve mesmo para nada é a ignorância. Ou pior: serve para nos tornar dependentes dos outros que não são ignorantes.