

ACE – Avaliação Contínua e E-learning: aplicação ao electromagnetismo*

P.J.V. Garcia

Departamento de Engenharia Física, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal pgarcia@fe.up.pt

Identificação da disciplina

Nome: Electromagnetismo
Faculdade: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Ano/Semestre: 2º ano/1º semestre
Plataforma: Moodle
Nº de Alunos: 479

Senha de acesso: ELEM
Sítio web: <http://moodle.fe.up.pt/0708/course/view.php?id=908>

Sumário

Electromagnetismo é uma disciplina propedêutica do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (MIEEC). Neste caso de estudo é apresentada uma implementação mista onde o servidor de e-learning Moodle complementa as aulas teóricas e teórico-práticas onde decorre uma sistema de avaliação distribuída. Esta implementação teve lugar no ano lectivo de 2007/2008, no ano anterior funcionava uma página web de apoio à disciplina. Um dos pontos chave do sucesso do modelo é a implementação holística das várias componentes. Uma inovação central em relação ao uso mais clássico do e-learning foi a realização de duas dezenas de vídeos de exercícios resolvidos cobrindo a totalidade do programa que estavam disponíveis no Moodle. Em termos de uso do site observou-se que a disciplina bateu o recorde de toda a FEUP com um impressionante número de 118.000 views/acções no servidor. O site aumentou consideravelmente a exposição dos alunos à disciplina. Observou-se que o uso dos vídeos teve lugar essencialmente em época de exames funcionando como complemento à ausência de actividade lectiva. Um inquérito final mostra que os vídeos têm um efeito determinante nas percepções dos alunos da sua motivação, confiança, importância da disciplina para a sua profissão e noção de que vão passar no exame final. Esta última percepção também é potenciada pela avaliação distribuída. Foi possível aumentar fortemente o número de alunos com aprovação final mantendo um elevado nível de exigência. Este resultado leva-nos a conjecturar que o aumento das taxas de reprovação a disciplinas propedêuticas nos últimos anos pode ser estancado com o desenho de contextos de ensino/aprendizagem apropriados às novas populações de alunos que frequentam o ensino superior. Em termos de evoluções futuras a extensão desta experiência a outras disciplinas propedêuticas parece-nos importante para testar a conjectura anterior. A criação de conteúdos audio-visuais didáticos para o canal UPtv afigura-se como muito interessante. A filmagem das aulas teóricas abre também a porta a uma troca de experiências entre docentes e aprendizagem mútua.

* Caso de estudo. Prémio “Excelência E-Learning UPorto”, edição de 2008.

1. Contextualização

1.1. Descrição da disciplina

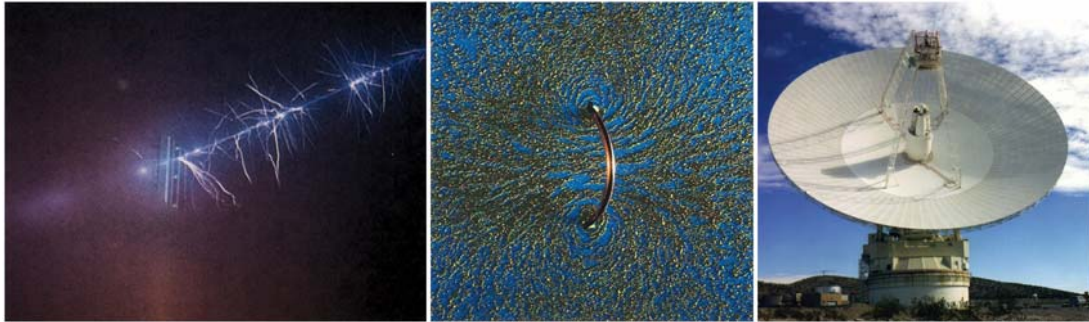


Figura 1. Três fenómenos unificados pelo electromagnetismo. Uma descarga eléctrica numa linha de alta tensão, orientação de limalha de ferro em torno de um anel onde passa corrente, recepção/emissão de ondas (da esquerda para a direita).

Electromagnetismo é uma disciplina propedêutica do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (MIEEC). No plano de estudos do MIEEC a disciplina pertence ao tronco comum, situando-se no 1º semestre do 2º ano. A leccionação semanal consiste em duas aulas teóricas de 1h30m e uma aula prática de 2h, com 7 créditos ECTS. Presentemente existem 4 turmas teóricas e 18 turmas práticas, sendo a equipa docente constituída por dois co-regentes e três docentes leccionam apenas aulas práticas.

A disciplina unifica conceitos físicos fundamentais para o engenheiro electrotécnico, conceitos esses que estão subjacentes ao comportamento de circuitos eléctricos e filtros, propagação de ondas, máquinas eléctricas e criação de energia eléctrica (ver exemplos da Figura 1). O electromagnetismo expresso nas equações de Maxwell é a teoria física mais avançada que o futuro engenheiro electrotécnico aborda no MIEEC. Nela tem lugar a fusão de conceitos matemáticos sofisticados com fenómenos físicos complexos, como por exemplo a noção de rotacional de um campo de vectores e a indução magnética. A sofisticação e complexidade dos conceitos põe fortes requisitos na disciplina sendo necessárias boas bases, construídas em disciplinas como Análise Matemática, Física ou mesmo Circuitos. Os campos, correntes e cargas manifestam-se de modo variado. Exemplos são o campo eléctrico que guia a corrente num circuito; o campo electromagnético que se propaga num onda; ou o comportamento ferromagnético de alguns materiais. Esta variedade transporta consigo uma inerente extensão das matérias.

Em suma, o electromagnetismo é uma disciplina rica, mas difícil, quer devido à extensão de conceitos em jogo; quer ao nível da complexidade de conceitos e interações entre estes; quer nos requisitos que põe. O seu ensino é por isso um desafio que não deve ser subestimado, mas que por outro lado é partilhado por milhões de pessoas em todo o planeta.

1.2. Planos de estudo da disciplina

A disciplina tem um programa que se apresenta abaixo, assim como objectivos da aprendizagem tal como definidos por Felder e Brent [1].

Programa:

- 1) Sistemas de coordenadas cartesianas, cilíndricas e esféricas; transformações entre os sistemas; elementos de comprimento, superfície e volume.
- 2) Lei de Coulomb: carga eléctrica; força eléctrica; condutores e isoladores; princípio da sobreposição.
- 3) Campo eléctrico; linhas de força; fluxo eléctrico e Lei de Gauss; aplicações da Lei de Gauss; a divergência de um campo de vectores e a equação de Poisson.
- 4) O potencial electrostático: campos conservativos; potencial eléctrico; exemplos de cálculo do potencial; dipolos eléctricos; o rotacional do campo eléctrico; a forma local das equações da electrostática; o potencial de condutores; a energia electrostática.
- 5) Capacidade eléctrica e condensadores: cálculo da capacidade de um condensador; exemplos de aplicação; associações em série e paralelo de condensadores; energia electrostática armazenada; dieléctricos; condições fronteira do campo eléctrico.

- 6) A corrente eléctrica: definição; conservação da carga e equação de continuidade; a lei de Ohm e a condutividade; o modelo cinético da lei de Ohm; propriedades ondulatórias dos electrões; o espectro de bandas (condutores, isolantes e semicondutores); o efeito Joule; força electromotriz; as leis de Kirchhoff.
- 7) O campo magnético: força magnética entre correntes; lei de Ampère e aplicações, a lei de Biot-Savart e aplicações; a lei de Lorentz; o efeito Hall.
- 8) A lei da indução: indução electromagnética; a lei de Lenz; geradores e motores; o transformador ideal; indutância mútua e indutância própria; energia magnética.
- 9) Materiais magnéticos: correntes de magnetização; o campo H; diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo; condições fronteira do campo magnético; circuitos magnéticos.
- 10) As equações de Maxwell: recapitulação; a corrente de deslocamento; ondas electromagnéticas planas; balanço de energia e vector de Poynting.

Os objectivos da aprendizagem em contraste com o programa são objectivos mensuráveis, que neste contexto são apenas cognitivos e de vários níveis. Os objectivos permitem estruturar toda a aprendizagem associada a cada tema do programa desde um nível básico de memorização até níveis elevados como o da avaliação e criação. São demasiado extensos e desapropriados para este documento optando-se por apresentar alguns exemplos:

- a) Explicar o significado físico de indutância.
- b) Calcular coeficientes de auto-indução e indutância mútua pelos métodos da energia e do fluxo de ligação.
- c) Descrever a lei de Faraday e explicar o seu significado físico assim como das quantidades em jogo (força electromotriz e fluxo magnético).
- d) Aplicar a lei de Lenz e Faraday ao cálculo da força electromotriz e do sentido da corrente num circuito ou num condutor em movimento.

1.3. Estratégias de ensino adoptadas em anos lectivos anteriores

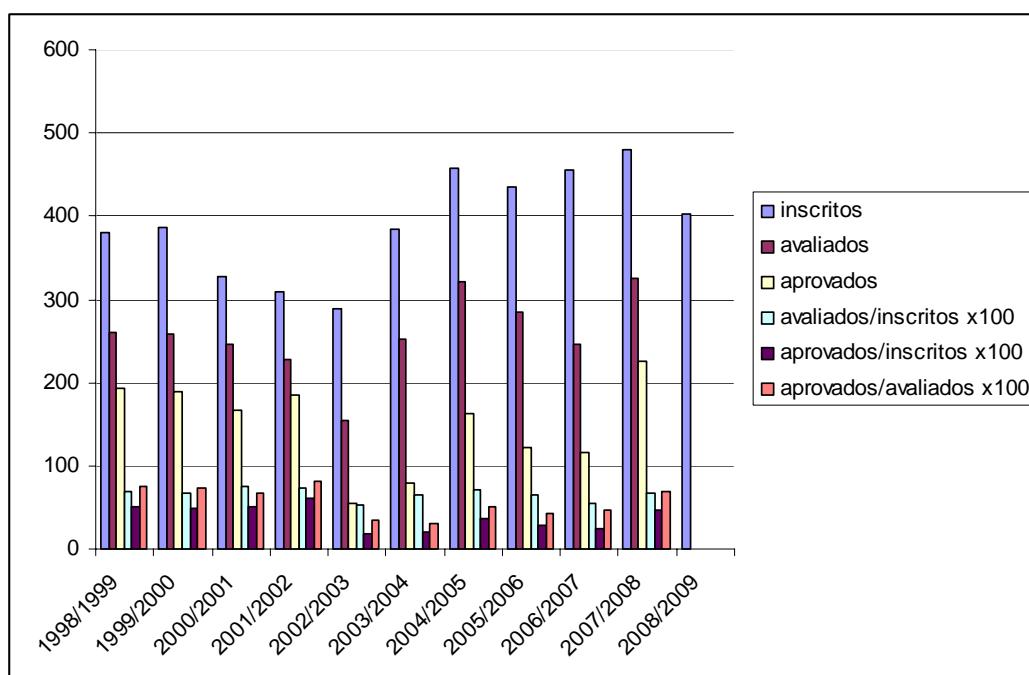


Figura 2. Evolução das estatísticas dos resultados da disciplina. Os rácios são multiplicados por 100.

O programa da disciplina mantém-se essencialmente inalterado desde os anos anteriores. Tal é natural dada a sua natureza propedêutica. As estratégias de ensino evoluíram do modelo clássico de aulas e exame final de há cerca de uma década para a introdução de componentes de avaliação contínua como a resolução de problemas nos últimos cinco anos. Mais recentemente foi criada uma página da disciplina onde eram disponibilizadas folhas de exercícios e resultados da avaliação. As distribuições dos resultados são apresentadas na Figura 2.

2. Motivação

O electromagnetismo é uma disciplina com taxas de aprovação crónicas (Figura 2). Estas baixas taxas de aprovação, se há uma década eram circunscritas a certas disciplinas, presentemente estendem-se a muitas outras. O autor tinha uma experiência de 3 anos de regência de disciplinas de electromagnetismo (dois na Licenciatura em Engenharia Informática e Computação 2002/2004, e no MIEC 2006/2007) e leccionou aulas práticas de electromagnetismo no MIEEC desde 2001 sob a direcção de vários regentes. A grande motivação para esta experiência foi a dúvida se o nível de exigência da disciplina se teria entretanto tornado desapropriado para os nossos alunos, dada a evolução da população estudantil nos últimos dez anos. Foi desenhada e implementada de uma estratégia com vista a maximizar o envolvimento e aprendizagem dos alunos. Nestas condições seria possível verificar se de facto os conteúdos estariam desenquadrados ao nível de profundidade, ou se a causa estaria relacionada a com um desenquadramento do modelo de ensino/aprendizagem com a evolução dos nossos alunos. Por exemplo, é sabido que os alunos de engenharia têm um estilo de aprendizagem activo, sensitivo e sobretudo visual [2]. Será que um ênfase na componente visual poderá aumentar a motivação e aprendizagem do electromagnetismo? Ou deverá uma descrição do electromagnetismo baseada em análise vectorial ser abandonada para uma descrição meramente integral?

3. Objectivos

Os objectivos de topo da disciplina são:

- a) Apresentar o electromagnetismo como um modelo unificador dos vários fenómenos electromagnéticos, observados na natureza e utilizados nas tecnologias.
- b) Desenvolver a capacidade de resolução de problemas e a familiaridade com as ferramentas e linguagem matemáticas usadas no electromagnetismo e disciplinas subsequentes.
- c) Desenvolver a intuição física e a capacidade de resolver problemas conceptuais em electromagnetismo.
- d) Desenvolver capacidades de trabalho em grupo, disciplina de trabalho continuado ao longo do semestre, e uma atitude respeitando valores éticos, tais como o respeito mútuo e a honestidade.

Estes objectivos são de certa maneira “meta-objectivos”. Subjacentes a estes estão objectivos de aprendizagem bastante precisos [1], já exemplificados anteriormente.

Nesta experiência a dificuldade consistiu em criar um sistema de ensino/aprendizagem que potenciase os objectivos anteriores. Optou-se por uma abordagem holística onde as aulas teóricas, teórico-práticas, e-learning e avaliação tiveram a articulação descrita na próxima secção. Tratando-se de uma experiência tínhamos algumas perguntas em aberto. Outro objectivo desta experiência foi aferir da importância das várias componentes, desde a avaliação distribuída aos vídeos passando pelos outros conteúdos, mais clássicos, também disponibilizados no Moodle. A monitorização da aprendizagem foi feita ao longo do semestre através da avaliação distribuída e no final com os exames. A utilização das várias componentes/modulos do sítio Moodle foi monitorizada usando os relatórios, uma análise do streaming do Moodle foi feita usando os logs do Windows Media Services.

4. Modelo/Estratégia

No desenho do modelo partimos do postulado “Ensinar é liderar.”. Cabe ao docente liderar a aprendizagem dos alunos. Quem lidera deve ter um conhecimento profundo das matérias a ensinar, deve ter um sentido de dever e integridade ética, deve comunicar, inovar, encorajar. Finalmente deve ter uma certa “presença” – isto é um aluno deve sentir-se mais seguro e confiante na presença do professor.

Um líder deve ter uma noção muito clara, em primeiro lugar de quem está a liderar, em segundo do terreno onde se move, em terceiro dos objectivos que quer alcançar. Os nossos alunos foram treinados para passar e não para aprender. São pouco eficientes. No 1º semestre do 2º anos os alunos, além da exigências normais da vida de um jovem adulto também preparam a recepção dos novos alunos. Dos cerca de 500 alunos inscritos, 150 são-no pela primeira vez. A organização escolar tem durações lectivas e de exames similares. É neste contexto que a aprendizagem de uma disciplina difícil e exigente como o electromagnetismo tem lugar. Perante este panorama optou-se por transformar as fraquezas em forças. Criaram-se alterações que fossem percebidas como mínimas em relação aos anos anteriores. Sendo a maioria dos alunos “repetente” era importante manter o máximo de discentes no circuito. Por outro lado permitiria-nos verificar se agindo sobre o modelo de ensino/aprendizagem era possível manter a mesma exigência.

A liderança exerce-se inicialmente com o desenho do modelo de ensino/aprendizagem, este modelo é central para o sucesso do curso [3]. Cada sub-unidade curricular (ou tema do programa) é suportada por um modelo

misto (blended learning) que tem vários componentes. As componentes são na sua maioria óbvias e triviais, vamos por isso concentrar-nos em futuras subsecções naquelas onde a inovação em relação a anteriores edições do Prémio e-learning é maior sendo talvez úteis para outros colegas: reutilização de open course-ware, folhas de exercícios; vídeos; avaliação contínua.

- a) *Aulas teóricas* Aulas presenciais. A experiência de baixa frequência às aulas teóricas levou-nos a dar um valor acrescentado a estas aulas que eram as únicas onde o docente resolvia exercícios, que se encontravam ligados à avaliação contínua.
- b) *Aulas teórico-práticas* Aulas presenciais onde tinha lugar a avaliação distribuída. Nestas nenhum exercício era resolvido no quadro pelo docente, podendo este explicar verbalmente o exercício ou fazer um esquema no quadro. A ideia era pôr os alunos a funcionar num modo mais cognitivo mais complexo que o simples “copy & paste” do quadro. O docente tirava dúvidas dos exercícios, individualmente. Era incentivada a colaboração na resolução entre “vizinhos”.
- c) *Atendimento* Acompanhamento individual presencial para esclarecer dúvidas pontuais.
- d) *Bibliografia* Uma bibliografia curta, evitando dispersões, onde a principal é em língua portuguesa e a complementar um clássico que será utilizado em disciplinas posteriores. Não foram utilizadas sebatas que são incapazes de competir em qualidade com qualquer bom livro do mercado [4].
- e) *Apresentações power-point das aulas teóricas* Visualmente ricas incluindo animações e sumários dos conceitos, eram disponibilizadas em formato PDF e formato fonte PPT (que mantinha as animações). As animações são discutidas na sub-secção OpenCourseWare.
- f) *Folhas de exercícios* São apresentados os objectivos de aprendizagem, exercícios das teóricas e teórico-práticas. São apresentadas em detalhe numa sub-secção.
- g) *Software* Em parte embebido nas apresentações das aulas teóricas, em parte como objecto de exercícios da folha de exercícios. É discutido na sub-secção sobre OpenCourseWare.
- h) *Vídeos* Resolução explicada de exercícios chave. São apresentados numa sub-secção.
- i) *Avaliação contínua* Fomentando um estudo contínuo ao longo do semestre. É aprofundada numa sub-secção.
- j) *Testes conceptuais* Testes de escolha múltipla de auto-avaliação que acompanhavam a avaliação contínua.
- k) *Forum de professores* Comunicação da equipa de cinco docentes.
- l) *Fora de dúvidas dos alunos* Associados a cada sub-unidade curricular. Foram descontinuados a meio do semestre.
- m) *Site moodle* Inscrição facultativa, centraliza todos as componentes com suporte digital, assim como resultados da avaliação e notícias.

4.1. Reutilização de OpenCourseWare

Sendo o electromagnetismo uma disciplina envolvendo milhões de professores e estudantes é natural que exista um grande manancial de recursos na rede. No entanto a qualidade é escassa e nesta disciplina, depois de aturadas procuras na rede, acabamos por nos concentrar em OpenCourseWare de muito poucas fontes: o projecto TEAL, software de visualização de Moore e Fendt.

Projecto TEAL É o modelo de ensino de electromagnetismo mais sofisticado de que temos conhecimento. O projecto TEAL [5,6] produz uma série de animações de fenómenos electromagnéticos que ilustram não só conceitos acessórios como a integração do campo eléctrico ao longo de um anel de carga, como também o campo em todo o espaço de cargas e correntes em movimento e indução. Na Figura 3 é apresentado um exemplo de uma interacção electromagnética complexa. Um anel condutor é deixado cair livremente ao longo do eixo de um íman. O padrão azul representa o campo magnético do íman em todo o espaço. A linha azul ilustra uma linha de campo magnético. Os esferas do anel são cargas livres. Nesta animação é possível observar efeitos como a indução de corrente no anel, criação de campo magnético pela corrente induzida no anel, repulsão magnética entre o anel e o íman. Outros applets são interactivos e permitem ao utilizador medir quantidades em várias situações. Por exemplo, medir o vector campo eléctrico em qualquer ponto do espaço de uma dada distribuição de carga por intermédio do cursor.

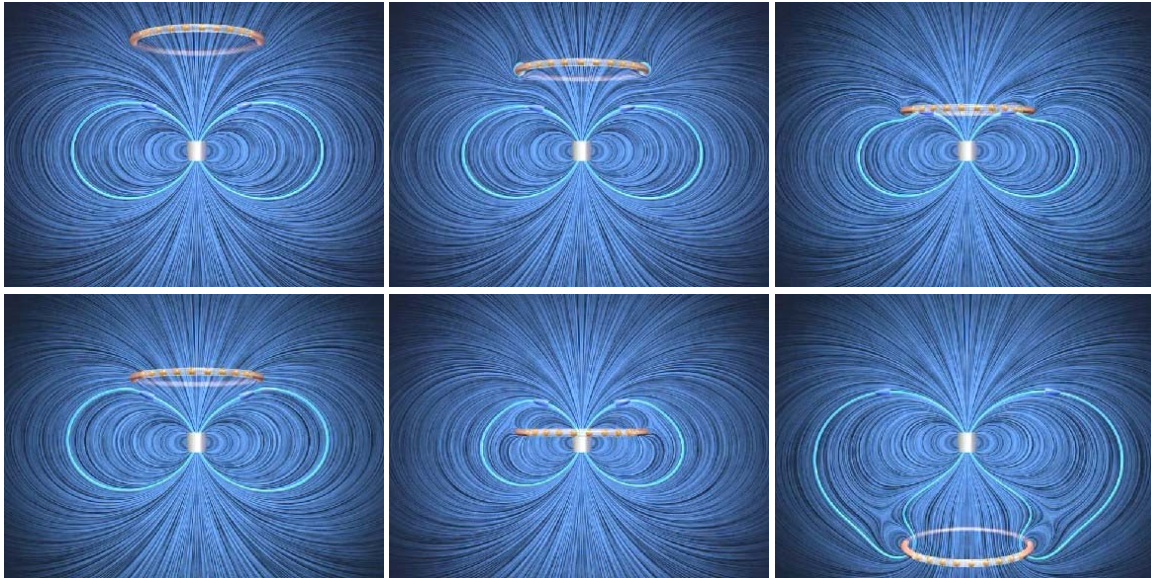


Figura 3. Queda livre de um anel condutor pelo eixo de um íman [5].

Software de visualização Uma das limitações das animações do projecto TEAL é que ilustram situações bem definidas havendo pouca possibilidade de alteração da situação. Os softwares de visualização desenvolvido por Moore [7] permitem calcular campos eléctricos, magnéticos e distribuições de potencial electrostático de distribuições de cargas e correntes que podem ser criadas muito facilmente sem ser necessário aprender uma linguagem de programação. Estes softwares foram utilizados nas aulas teóricas e também objecto de alguns exercícios das folhas de exercícios. Na Figura 4 é apresentada uma ilustração. A biblioteca de applets de Walter Fendt [8] é uma fonte muito útil de programas interactivos que ilustram conceitos e aplicações do electromagnetismo. A Figura 5 apresenta um gerador de corrente alternada em que alguns parâmetros podem ser alterados.

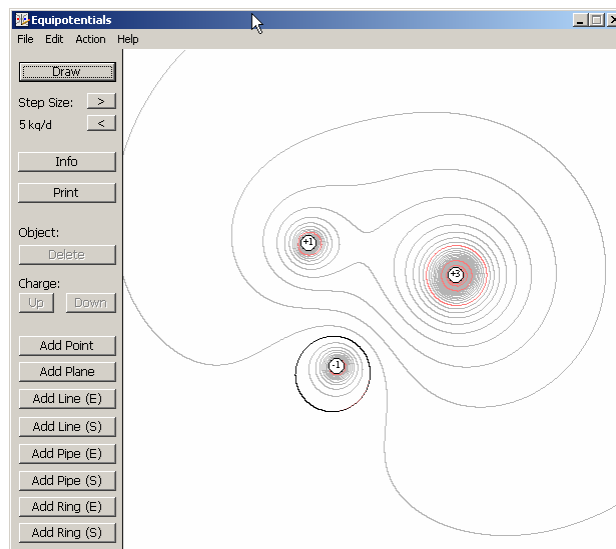


Figura 4. Linhas de potencial constante de um distribuição de cargas usando o software *equipotentials* [7].

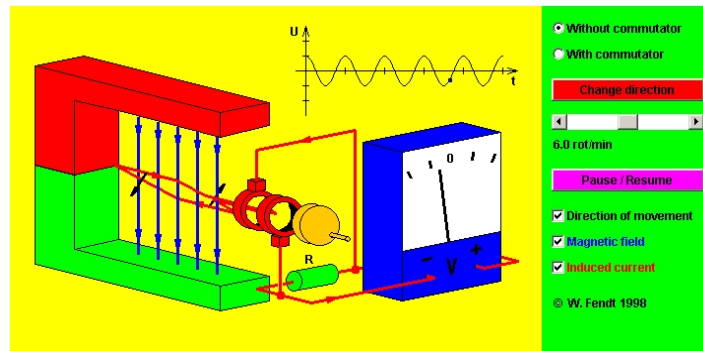


Figura 5. Applet de um gerador eléctrico [8].

Apesar de não ser OpenCourseWare e por uma questão de completude também foi muito útil o banco de imagens do Tipler [9].

4.2. Folhas de exercícios

No final desta secção o/a aluno/a deve ser capaz de:

- Descrever o processo de polarização de um dieléctrico e as suas consequências em termos de cargas de polarização induzidas.
- Explicar e distinguir os vectores polarização, deslocamento eléctrico e campo eléctrico num dieléctrico.
- Calcular densidades superficiais e volúmicas de cargas de polarização num dieléctrico.
- Identificar parâmetros (como a susceptibilidade eléctrica, permitividade (relativa) e rigidez eléctrica) que descrevem propriedades de materiais dieléctricos e explicar o seu significado.
- Explicar por palavras suas o conceito de capacidade de um condutor e de um condensador.
- Calcular a capacidade de condutores e condensadores, em geometrias simples, para dieléctricos simples e não homogéneos.
- Identificar e aplicar os métodos de cálculo da capacidade baseados no vector deslocamento eléctrico, na equação de Laplace e energia electrostática.
- Calcular a energia electrostática armazenada em configurações de cargas livres imersas em meios dieléctricos lineares e isotrópicos.
- Desenhar condensadores, avaliando e otimizando parâmetros, em função da sua aplicação.

Figura 6. Objectivos de aprendizagem da folha de exercícios “TP8 Capacidade, condensadores e dieléctricos”.

Era a nossa convicção que as folhas de exercícios são o suporte escrito que chegam a um maior número de alunos. Foi por isso decidido incluir nas folhas uma pequena introdução às técnicas de resolução de problemas de Pólya [10]. As folhas de cada sessão incluem os objectivos de aprendizagem no início da folha (Figura 6) para guiarem nas competências que se espera que adquira. Todos os exercícios resolvidos quer nas aulas teóricas quer nas aulas práticas encontram-se nas mesmas acabando com a distinção formal entre “teoria” e “prática”. Alguns exercícios não convencionais incluem “brainstorming” ou o uso de software de visualização.

4.3. Avaliação distribuída

Em disciplinas com a dificuldade do electromagnetismo é absolutamente necessário um sistema de avaliação distribuída que leve a que a aprendizagem tenha lugar ao longo do semestre. No entanto é crítico que este sistema esteja correctamente desenhado. A nota da avaliação distribuída tinha um peso de 40% na nota final (se a nota do exame fosse de 8 ou mais valores) e apenas eram admitidos a exame alunos com nota superior ou igual a 10 valores. O sistema implementado consistia em 4 mini-testes em datas pré-definidas. Cada mini-teste continha um problema retirado de um conjunto de 12 problemas resolvido anteriormente na aula teórica ou teórico-prática (peso 80%) e duas perguntas de escolha múltipla (peso 20%). A ideia de visitar nos mini-testes os problemas resolvidos anteriormente quer na aula teórica quer na aula prática era que a primeira camada de qualquer aprendizagem é repetir em autonomia o que foi visto ser feito por outros ou o que feito com ajuda. O risco de memorização bruta dos exercícios foi minimizado pelo elevado número de exercícios (12) que eram distribuídos

aleatoriamente pelas 18 turmas. Tratam-se de exercícios complexos cuja resolução exige pelo menos um par de páginas de cálculos. O risco de fraude foi minimizado tendo os mini-testes lugar em salas de 25 alunos, sendo resolvidas várias versões por sala, os enunciados e rascunhos eram entregues no final do mini-teste, as raras tentativas de fraude foram imediatamente punidas com perda de frequência. Os dois exercícios conceptuais serviam de contraponto à parte mais algébrica do exercício principal e tinham como objectivo desenvolver a intuição física. Para se treinarem para estes exercícios foram disponibilizados no Moodle testes de escolha múltipla. Aos alunos era permitido realizar 6 testes de escolha múltipla com perguntas retiradas aleatoriamente de uma base de dados de onde seriam retiradas as perguntas do teste. Esses testes aleatórios tinham uma duração de 30 minutos. Os alunos tinham assim possibilidade de aprender (fazendo os testes) e também de se auto-avaliar.

Um ponto subtil mas essencial deste sistema de avaliação distribuída era o de ser previsível e de privilegiar o esforço individual. Qualquer aluno sabia de antemão que se se esforçasse teria fortes chances de aprovação à avaliação distribuída. Este passar da bola para o aluno tem como consequência uma grande segurança e mudança radical de atitude demonstrada pela assiduidade às aulas teóricas em valores superiores ao do ano anterior e uma postura de trabalho e aprendizagem nas aulas teórico-práticas.

4.4. Vídeos

A inovação mais importante nesta disciplina foi a introdução de vídeos/streaming como componente de e-learning. Não conhecendo as práticas da Universidade do Porto, pensamos que esta foi a primeira vez que um uso sistemático do vídeo no ensino teve lugar. A filmagem de aulas teóricas é uma prática comum noutros países sendo, por exemplo, as aulas de electromagnetismo de Lewin [11] no MIT um clássico. Outro curso de electromagnetismo cujas aulas estiveram em tempos on-line foi o de Eric Mazur em Harvard. É nossa convicção que o vídeo conjugado com a internet terá fortes efeitos no ensino. A razão fundamental é subtil. Até agora as aulas teóricas eram uma “missa” que tinha lugar à porta fechada. O vídeo vem abrir a porta e pela primeira vez professores e alunos podem ver (e aprender) com as aulas dadas por outros. Pensamos que esta tecnologia vai aumentar em muito a exigência dos nossos alunos/professores e aumentar a qualidade das nossas aulas. Pessoalmente fui muito influenciado pelos vídeos das aulas de Eric Mazur em Harvard. Outra vantagem dos vídeos é que permitem obter uma dada informação em qualquer altura e repeti-la as vezes que forem necessárias. Uma aula ou resolução de exercício é cognitivamente muito densa não só devido à complexidade da disciplina que é ensinada mas também devido a uma comunicação oral, gestual e escrita com os alunos. O fluxo de informação durante a aula não é controlado pelo receptor. Essa densidade conjugada com a impossibilidade de controlar o fluxo de informação levam a que desatenções, pausas de reflexão ou a mera tomada de apontamentos tenham um efeito destrutivo sobre a aprendizagem. Por outro lado a organização do semestre com 14 semanas de aulas e 8 semanas de avaliação sem componente lectiva torna o vídeo crítico quer para repor lacunas quer para rever matéria em época de exames. Finalmente o vídeo permite que um “docente” esteja “disponível” a qualquer hora para explicar um exercício, e “ensinar” ao aluno técnicas de resolução de problemas (“problem solving skills”).

Uma primeira tentativa de gravar algumas aulas teóricas da disciplina de Física na Licenciatura de Engenharia Civil teve lugar no início de 2005. Esta experiência foi muito útil quer na identificação de toda uma série de dificuldades técnicas na gravação de aulas enquanto estas decorrem, quer como autoscopia do docente.

No desenho dos vídeos para electromagnetismo foi decidido que se centrariam apenas em resolução explicada de exercícios pelo docente. Esta solução tem a vantagem de ser a de mais fácil implementação técnica quando comparada com uma aula teórica. Apresentar em vídeo as aulas teóricas, se por um lado teria o potencial de aumentar o número de presenças virtuais por outro, trazia um risco acrescido de esvaziamento das mesmas. Finalmente, os vídeos das aulas teóricas eram muito longos. Somos muito cépticos sobre a disponibilidade dos alunos assistirem a vários vídeos de 1h30m... Por isso, os exercícios explicados, com duração de cerca de 15-20m foram considerados como apropriados. Os exercícios que são resolvidos encontram-se também nas folhas de exercícios.

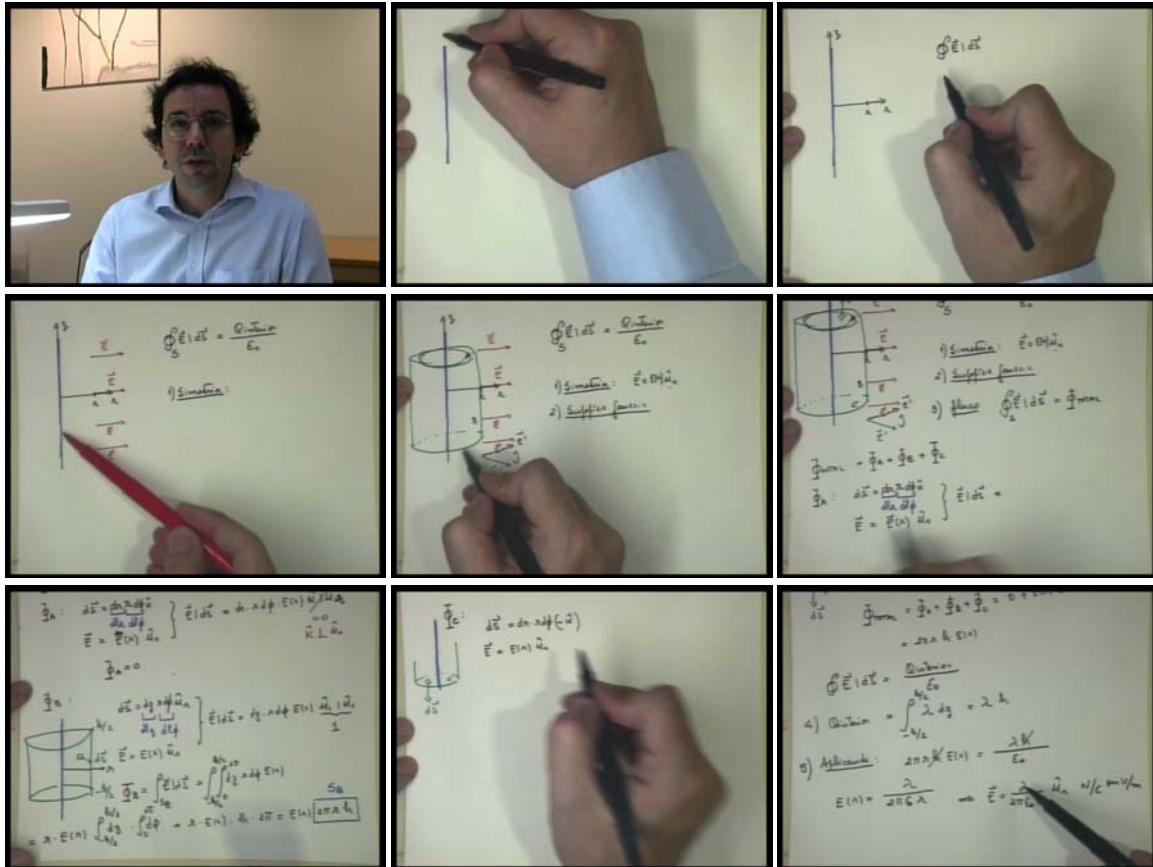


Figura 7. Momentos de um vídeo onde o campo eléctrico de um fio infinito é calculado usando a lei de Gauss.

5. Organização e Implementação

No ano lectivo de 2007/2008 foi decidido implementar pela primeira vez uma componente Moodle da disciplina. Tal implementação é banal na Faculdade de Engenharia onde o Moodle alberga mais de 1000 disciplinas. O autor já vinha usando o Moodle desde 2004/2005. As componentes albergadas no Moodle eram:

- Acetatos power-point* Mais de 500 transparências foram inicialmente criados pelo autor para o ano lectivo de 2006/2007, tendo sido revistos por Luís Martelo (co-regente em 2007/2008) que também introduziu transparências referentes a semi-condutores.
- Folha de exercícos* Foram criadas folhas de exercícos (74 págs.) pelos co-regentes (autor e Luís Martelo) com origem em várias fontes (incluindo os de folhas de anos anteriores criadas por Paulo Sá e Carlos Pintassilgo), alguns dos quais originais. Foram realizadas mais de 50 figuras originais pelo autor (num total de mais de 90 figuras).
- Bases de dados de escolha múltipla conceptual* Foram implementadas 230 questões de escolha múltipla conceptuais com origem em várias fontes. Cerca de 20% provenientes de testes de escolha múltipla do ano anterior criadas por Paulo Sá e Carlos Pintassilgo. A imensa maioria foi traduzida para português, assim como respectivas figuras e implementadas em LaTeX. Foi utilizado um script de Jaime Villate para importar as perguntas para o Moodle.
- Vídeos* Foram realizados 21 vídeos com duração de cerca de 15m cada. O autor contactou a Unidade de Tecnologias da Informação e Comunicação Multimédia (uTICM) da FEUP e numa primeira reunião com Sofia Torrão, António Bandeira e Esmeraldo Lopes foi discutida em detalhe a ideia inicial. Depois o projecto foi implementado pelo autor (docente), por António Bandeira (streaming) e Esmeraldo Lopes (filmagens). Registamos a grande abertura da uTICM a este projecto e a dedicação de António Bandeira e Esmeraldo Lopes. Esta componente será apresentada em mais detalhe na próxima sub-secção.

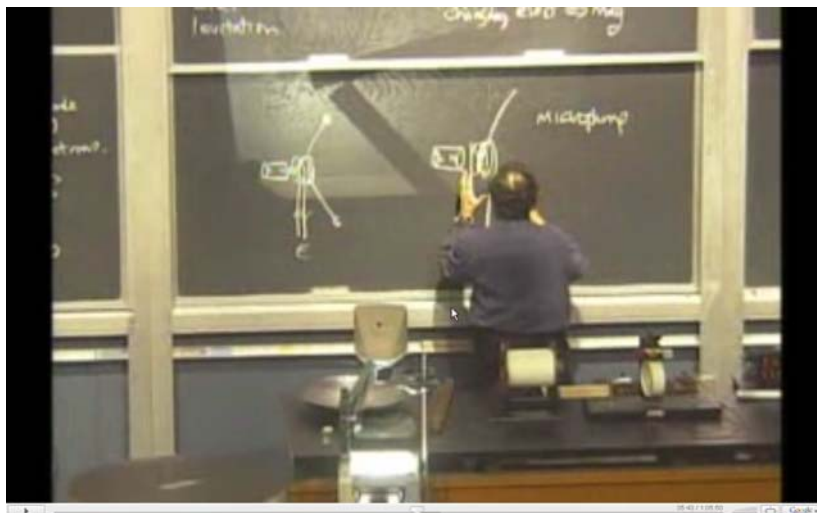


Figura 8. Vídeo de aula teórica de física na Universidade de Berkeley (Physics C10, Março de 2006), ilustrando as dificuldades apresentadas no texto para resoluções num quadro.

5.1. Vídeos

A componente tecnológica mais original deste trabalho é naturalmente a disponibilização por streaming da resolução de exercícios. O problema consiste em disponibilizar em streaming uma resolução explicada de um exercício. Alternativas em que equações (LaTeX ou power-point) eram apresentadas com som de fundo não foram consideradas. Tornariam o projecto demasiado complexo pois seria necessário gerir várias componentes: gráficos, equações e som audio; por outro lado o tempo disponível não o permitia. Foi por isso decidido filmar uma resolução feita pelo docente. Esta decisão tem a vantagem de ser mais simples e rápida de implementar. Outra vantagem mais profunda é tornar a disciplina mais humana e estreitar a relação entre docentes e discentes. Este ponto é necessário para uma efectiva liderança.

Uma vez decidido filmar a resolução do docente foram consideradas duas opções, resolução no quadro e resolução numa folha de papel. O critério técnico mais importante na filmagem é o “tamanho” da imagem, que é fixo e que no nosso caso era de 720 x 576 pixels, correspondendo ao um bit rate de 1,01 Mbps. Ora a dimensão da imagem deve ser a maior possível, dentro do razoável para streaming, de modo a permitir um bom sampling da escrita e um bom campo de visão. Ora num quadro (branco/negro/verde) é mais difícil controlar a espessura do traço escrito de modo a garantir um bom sampling do que numa folha de papel. Os quadros apresentam reflexos e têm o inconveniente de a quando da escrita o docente tapar parte do quadro e do que está a ser escrito, além de ser obrigado a posições incómodas para não estar de costas para a câmara (ver Figura 8). Outra vantagem da resolução no papel é que apenas esta é apresentada, com a voz de fundo do docente, focalizando mais atenção do aluno — não existe dispersão cognitiva com a linguagem gestual do docente, por exemplo. Foi por isso decido filmar a resolução no papel. No nosso caso foram usadas canetas de feltro Paper Mate de várias cores e papel de aguarela/escrita a carvão bege, garantindo um traço suficiente espesso, uma superfície sem reflexos e com baixa luminosidade devido à porosidade e cor do papel.

As gravações era feitas em várias sessões de 4 ou 5 resoluções que duravam cerca de 4 a 5 horas, incluindo ajustes iniciais. As resoluções eram preparadas previamente pelo docente, mas durante as filmagens o exercício era resolvido de novo sem recurso a um ponto. Normalmente ao primeiro take a filmagem ficava aceitável, sendo necessário por vezes fazer segundos/terceiros takes. A experiência do docente era de que no fim de 3 horas de filmagens as gaffes aumentavam exponencialmente. Nos primeiros exercícios o enunciado era apresentado como um ficheiro pdf que acompanhava o filme. Mais tarde simplificou-se este processo com o docente enunciando o enunciado. Foram usadas duas câmaras digitais, uma para o plano do docente e outra para o plano da folha de papel. A organização de cada vídeo consistia normalmente num plano do docente que apresentava o exercício, seguido de um plano da folha durante toda a resolução, terminando por vezes com um plano final do docente.

Os vídeos eram gravados em DVD e depois convertidos (comprimidos para cerca de 200Mb) para streaming. Este processo é naturalmente longo devido ao processamento que requer, mas depois dos ajustes iniciais não requer interacção. Ajustes iniciais em termos de qualidade de imagem (de modo a não degradar a escrita) e sincronismo entre imagem e audio foram necessários. Os vídeos eram disponibilizados no interior do Moodle

com o Windows Media player embebido havendo um link para um servidor de streaming correndo o Windows Media Services Versão 9.01

Em termos do streaming propriamente dito a largura de banda de cada filme é de 1 Mb/s. Inicialmente não foram observados grandes problemas, no entanto na véspera do exame mediu-se um pico de 235 utilizações simultâneas! Estando o servidor equipado com uma placa de 100 Mb/s foi então decidido reduzir o número máximo de acessos simultâneos para 70.

O trabalho total envolvido na realização da componente vídeo do curso foi aproximadamente de 24h para o docente, 24h para o responsável pelas filmagens e 24h para o responsável pelo streaming.

6. Resultados

Uma das vantagens inegáveis do e-learning é a possibilidade de medir a sua utilização pelos alunos. Nesta secção os resultados estatísticos são apresentados e discutidos. O curso de electromagnetismo EEC0012 foi no 1º semestre de 2007/2008 o curso Moodle com maior actividade em toda a FEUP. O número de acções registadas durante o 1º semestre foram umas impressionantes ~118.000! Estes números permitem desde já atestar a popularidade da componente e-learning nos alunos. Destes, ~4.000 foram do autor o que reforça o facto já conhecido do esforço adicional implicado em manter a componente e-learning de uma disciplina. A utilização da componente e-learning fora dos horários normais de estudo é um dado adquirido e por isso não apresentamos aqui estatísticas que demonstram a utilização da componente em fim-de-semana ou em horas não lectivas durante a semana.

6.1. Sub-unidade curricular

Recurso	Dimensão	Utilização
Fórum “Dúvidas do campo eléctrico”	n.a.	~1.400 views, 45 posts
Software: visualização do campo eléctrico	5 Mb	~200 views
Vídeo: exercício 1 (streaming)	~200 Mb	~1.000 views
Vídeo: exercício 2 (streaming)	~200 Mb	~500 views
Vídeo: exercício 3 (streaming)	~200 Mb	~700 views
Acetatos PDF (Aula teórica 4)	< 1Mb	~800 views
Acetatos PPT (Aula teórica 4)	4 Mb	~100 views
Folha TP03 “Lei de Coulomb e Campo eléctrico”	< 1Mb	~350 views
Acetatos PDF (Aula teórica 5)	< 1Mb	~700 views
Acetatos PPT (Aula teórica 5)	23 Mb	~80 views
Acetatos PDF (Aula teórica 6)	< 1Mb	~650 views
Acetatos PPT (Aula teórica 6)	3 Mb	~80 views
Folha TP04 “Fluxo eléctrico e a lei de Gauss”	< 1Mb	~750 views
Acetatos PDF (Aula teórica 7)	< 1Mb	~500 views
Acetatos PPT (Aula teórica 7)	21 Mb	~60 views

Tabela 1. Utilização dos recursos da sub-unidade curricular “O campo eléctrico”, até ao final do 1º semestre.

O programa de electromagnetismo está dividido em várias sub-unidades curriculares. Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas da sub-unidade “O campo eléctrico”. Estas estatísticas permitem comparar o uso pelos discentes dos vários conteúdos disponibilizados. O primeiro resultado importante diz respeito ao uso das transparências das aulas teóricas. Em primeiro lugar o número absoluto de views demonstra claramente que o acesso à informação das aulas teóricas é esmagadoramente feito através da plataforma de e-learning e não pela presença nas aulas teóricas. Outra observação é que o uso do formato PPT é muito mais baixo quando comparados com o formato PDF. Isto implica que a maioria dos alunos não contacta com as animações e simulações mas apenas com as imagens presentes nas transparências. As transparências das aulas teóricas têm

mais views que as transparências das aulas teórico-práticas. Este comportamento é também visível nos conteúdos disponibilizados na última semana de aulas. Pensamos que a causa deve estar ligada ao modo como os discentes se relacionam com a plataforma, sendo mais eficiente no caso das folhas de exercícios que são necessárias para as aulas teórico-práticas e impressas semanalmente do que para as transparências das aulas teóricas. O uso do software, apesar de importante, também é mais reduzido do que outras componentes o que reforça a ideia de que o uso de simulações, animações e software é mais baixo do que o uso de componentes passivos como folhas de exercícios e transparências das teóricas. A utilização do vídeo é muito importante e será discutida em mais detalhe na próxima subsecção.

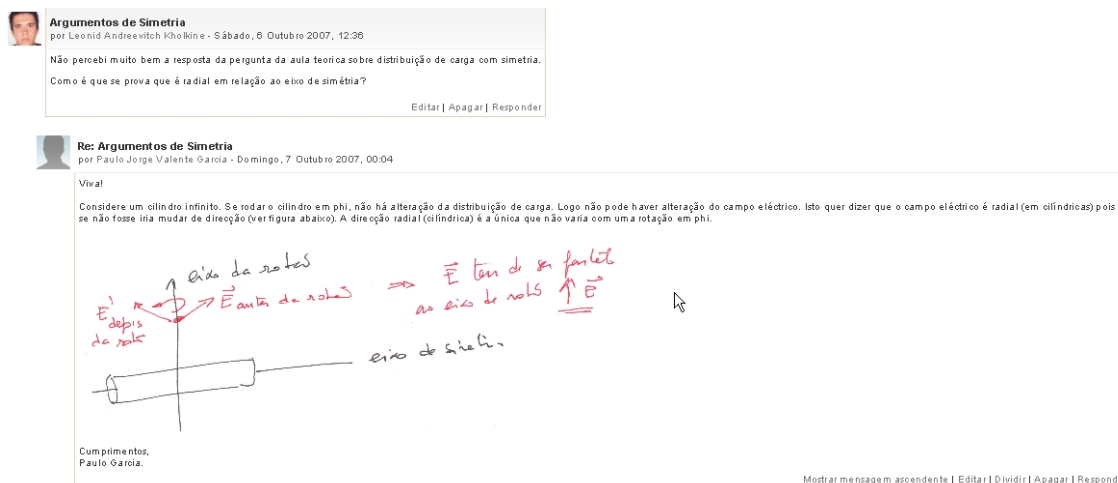


Figura 9. Uso de scans de resoluções em papel em fora de dúvidas.

Um ponto que se distingue claramente é o número de views do fórum de dúvidas. Infelizmente os fora de dúvidas foram descontinuados a meio do semestre por incapacidade do autor em manter uma resposta adequada. Este elevado número de views é confirmado pelos quatro fora de dúvidas que tiveram em média 900 views. Por outro lado o número médio de artigos nos fora foi de apenas 23. Uma análise preliminar mostra que o elevado número de views está ligado a um acesso repetido pelos discentes, acesso esse que pode ser elevado (até cerca de 20 views pelo mesmo discente). É interessante que o acesso aos fora é dominante na altura em que a aprendizagem da matéria tem lugar, isto é, é bastante baixo na altura de exame quando comparado com o decorrer das aulas. As dificuldades da gestão de fora no âmbito de disciplinas de forte componente matemática já foram descritas em anteriores prémios de e-learning. Pensamos que um ponto importante é a dificuldade em articular e comunicar temas complexos usando a escrita. No nosso caso observamos que a explicação por intermédio de um scan de uma resolução em papel é por vezes útil (Figura 9). Pensamos que os fora de dúvidas foram o aspecto desta experiência que não foi aproveitado na íntegra e que deverá ser melhor explorado em edições subsequentes da disciplina.

O fórum de professores, separado das sub-unidades curriculares e acessível apenas à equipa docente, teve cerca de 1600 views (de 5 docentes!) demonstrando como foi uma ferramenta essencial na coordenação da equipa docente.

6.2. Vídeos

Os vídeos foram disponibilizados num servidor que corria o Windows Media Services Versão 9.01. A análise dos logs do servidor permite uma análise mais cuidada da utilização dos vídeos. Os views, tal como registados pelos relatórios do Moodle não indicam se o aluno viu o vídeo na totalidade ou em parte. Uma das dificuldades sentidas foi a correcta compreensão e manipulação dos logs do Windows Media Services. Os logs são arquivados diariamente. Os logs de 12 de Novembro até 13 de Fevereiro foram analisados, o primeiro conjunto de vídeos foi disponibilizado a 2 de Novembro e o exame de recurso teve lugar a 11 de Fevereiro. Um dos campos dos logs é o *cs-uri-stem* que identifica a ficheiro da stream [12], usando este campo foram criados novos logs afectos a cada ficheiro. Posteriormente o tempo total de visualização de um dado vídeo foi calculado pelo produto do campo *x-duration* por *c-rate*. O campo *x-duration* mede a duração em segundos de download do stream pelo cliente [12]. O campo *c-rate* mede a velocidade, em relação à velocidade normal, a que o stream é

descarregado [12]. Este número é arredondado para um inteiro e por isso os dados que serão apresentados não são exactos.

Nome do vídeo	Publicação	Duração (h)	Servido (h)
Campo eléctrico de um fio infinito carregado, lei de Gauss	02-11-2007	0,32	196
Campo eléctrico de uma esfera e folha esférica, lei de Gauss	02-11-2007	0,41	229
Capacidade de um condensador cilíndrico, método da energia	04-12-2007	0,18	152
Coefficiente de auto-indução de uma bobine toroidal de secção rectangular, método do fluxo de ligação	11-01-2008	0,28	272

Tabela 2. Estatísticas de utilização de quatro vídeos, até ao final do 1º semestre (logs do Windows Media Services).

Os resultados para quatro vídeos são apresentados na Tabela 2. Todos os vídeos foram publicados em três fases, os exemplos apresentados são representativos. É impressionante o valor absoluto de horas que foi servido, mesmo tendo em conta que erros de algumas dezenas de por cento. Em média os vídeos foram servidos 750 vezes a sua duração o que implica que cada aluno, em média viu o vídeo duas vezes. Estes valores são limites inferiores. Tratando-se de alunos do MIEEC, o domínio de ferramentas de download de streams [13] e a troca de ficheiros entre alunos é muito comum, tendo muitos alunos uma cópia dos ficheiros no seu computador. Tendo em conta que apenas 25% dos alunos avaliados assistiram às aulas teóricas os vídeos foram o único momento em que a maioria viu a resolução explicada de um problema de electromagnetismo pelo docente.

Uma análise da distribuição temporal dos dois primeiros vídeos, disponibilizados a meio do semestre, mostra que a utilização tem lugar essencialmente na época de exames (mais 98% das entradas). Os discentes usam os vídeos para o estudo na época de exames.

6.3. Testes conceptuais de auto-avaliação

	Perguntas	Alunos	Tentativas
Mini-teste exemplo 1	6	348	998
Mini-teste exemplo 2	10	265	636
Mini-teste exemplo 3	10	209	676
Mini-teste exemplo 4	10	174	572

Tabela 3. Estatísticas da utilização de mini-testes conceptuais de auto-avaliação.

A avaliação distribuída consistia em quatro mini-testes com um problema e duas perguntas conceptuais de escolha múltipla. Se os problemas eram trabalhados nas aulas teóricas e teórico-práticas as perguntas conceptuais foram trabalhadas usando a plataforma de e-learning. Cada aluno podia fazer 6 tentativas, tinha um tempo limite de 30 minutos para o realizar, no final de cada tentativa obtinha uma nota, cada mini-teste era gerado automaticamente e a perguntas retiradas aleatoriamente da base de dados. Na Tabela 3 são apresentadas as estatísticas dos quatro minitestes. O tempo mediano de cada tentativa era de cerca de 10 minutos o que mostra que a resolução destes testes on-line foi importante para o estudo dos alunos e sua correspondente exposição a problemas de ordem conceptual, complementares aos cálculos quantitativos das teóricas e teórico-práticas.

6.4. Taxas de aprovação

	Inscritos	Avaliados	Aprovados	Avaliados / Inscritos	Aprovados / Inscritos	Aprovados / Avaliados
2006/2007	455	246	115	54%	25%	47%
2007/2008	479	326	225	68%	47%	69%

Tabela 4. Estatísticas das distribuições de inscritos, aprovados e avaliados.

As taxas de aprovação à disciplina devem ser analisadas com certo cuidado. De facto uma concessão de facilidades durante o processo de avaliação poderia facilmente alterar as estatísticas. Não tendo sido esse o nosso

comportamento. Na Tabela 4 as estatísticas são apresentadas e comparadas com o ano anterior, onde não existia e-learning. Dois factos são visíveis, um aumento da percentagem de alunos avaliados e um aumento da percentagem de aprovação dos que são avaliados. Pensamos que o aumento da percentagem de avaliados, isto é de alunos com mais de 10 valores na avaliação distribuída, se deveu ao facto de esta privilegiar o trabalho e compreensão de exercícios previamente resolvidos, permitindo a um maior número de alunos manter-se na avaliação distribuída e acompanhar a disciplina até ao final do semestre. O aumento das taxas de aprovação dos avaliados ficou a dever-se a uma combinação da avaliação distribuída que solidificou a aprendizagem e dos vídeos e outros conteúdos disponibilizados no Moodle que também contribuíram para a aprendizagem na época de exames. Finalmente os vídeos contribuíram para uma maior motivação/confiança dos discentes durante a época de exame.

6.5. Inquéritos pedagógicos

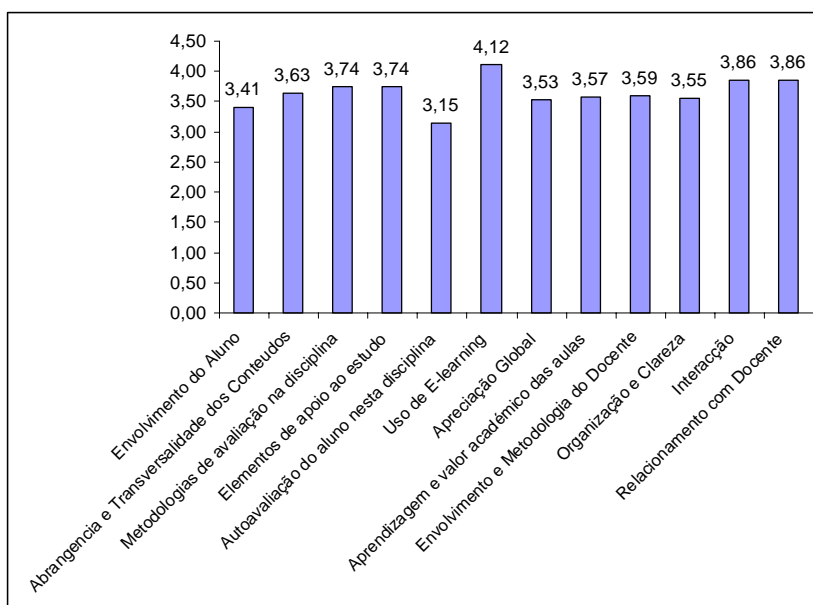


Figura 10. Resultado dos inquéritos pedagógicos da disciplina de electromagnetismo para 2007/2008

Os inquéritos pedagógicos no final do semestre foram realizados por 81 alunos, a mais alta taxa de respostas para todas as disciplinas do 1º semestre do 2º ano do MIEEC (média de respostas foi 41). Os resultados, apresentados na Figura 10, encontram-se dentro da média dos inquéritos. Os únicos itens onde a diferença para a média das disciplinas do 1º semestre do 2º ano do MIEC foi significativa foi nos itens: Metodologias de avaliação na disciplina (0,22); Elementos de apoio ao estudo (0,23); Uso de E-learning (0,74); Apreciação Global (0,27). Todos os outros itens tiveram variações de menos de 0,06. Estes dois aspectos sublinham a importância da combinação e-learning e avaliação distribuída.

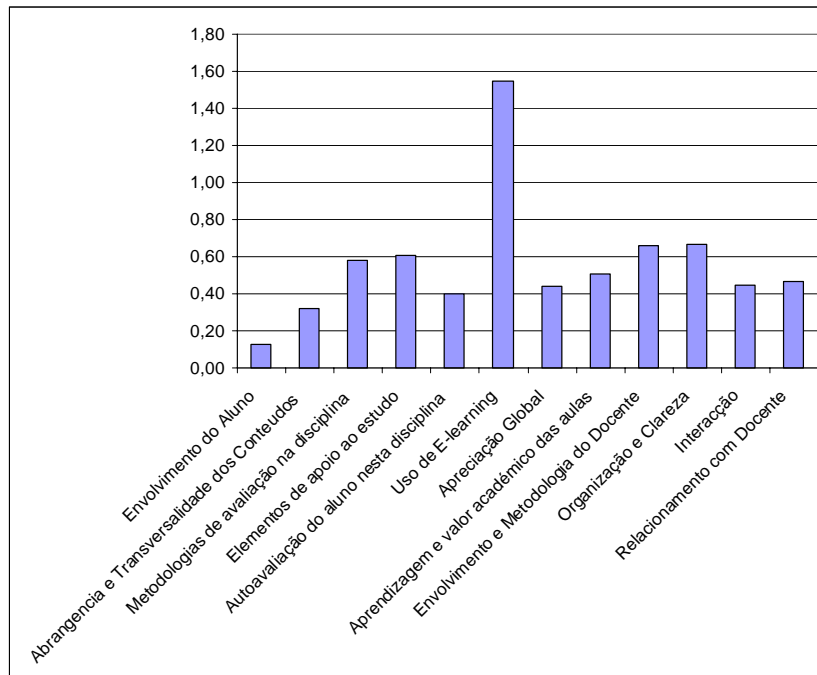


Figura 11. Diferença entre os resultados dos inquéritos pedagógicos 2007/2008 e 2006/2007.

Se estes resultados traduzem um claro destaque para o e-learning, não permitem quantificar o seu efeito na disciplina. Foi por isso decidido comparar os resultados do inquérito pedagógico no ano de 2006/2007 (sem e-learning) com o ano de 2007/2008 (com e-learning). Esses resultados são apresentados na Figura 11. Há uma melhoria significativa para todos os itens: dimensões relacionadas com o aluno, com a disciplina e com os docentes. O baixo envolvimento do aluno parece-nos reflectir a dificuldade intrínseca da disciplina. Nos itens relacionados com os docentes, a diferença foi feita apenas para os docentes comuns aos dois anos. A conclusão mais importante desta análise é que o e-learning e a avaliação distribuída aumentaram de modo muito favorável a percepção dos docentes pelos discentes.

6.6. Inquérito final

	Moodle	Videos	Avaliação Distribuída
Tempo de estudo para o electromagnetismo. (1 muito mais tempo; 5 muito menos tempo)	2,3	2,1	1,9
Tempo de estudo para as outras disciplinas. (1 estudei muito menos tempo; 5 muito mais tempo)	2,6	2,7	2,3
Probabilidade de passar no exame final. (1 aumentou muito; 5 diminuiu muito)	2,0	1,7	1,5
Motivação para a disciplina. (1 aumentou muito; 5 diminuiu muito)	2,1	1,5	2,0
Utilidade da disciplina para o seu futuro como engenheiro. (1 influência muito positiva; 4 muito negativa)	2,1	1,8	2,1
Confiança de sucesso na disciplina. (1 aumentaram muito; 5 diminuiram muito)	2,2	1,7	2,0

Tabela 5. Estatísticas do inquérito final, perguntas relativas a atitudes e percepções.

O inquérito teve lugar um ano depois da leccionação da disciplina, em Novembro de 2008. Uma versão inicial do inquérito foi criada pelo autor e depois alterada tendo em conta sugestões de Richard Felder. Os resultados do inquérito são apresentados no apêndice, na Tabela 5 é apresentado um sumário destes. Tivemos 139 respostas em contraste com as 81 do inquérito pedagógico que teve lugar logo após o final do semestre. O nosso objectivo foi separar as contribuições da avaliação distribuída, dos vídeos e do Moodle nas atitudes e modos de trabalho

dos discentes. Apesar dos vídeos e da avaliação distribuída envolverem como é obvio o Moodle, *o item Moodle aparece como uma utilização normal de e-learning*.

As primeiras duas perguntas têm como objectivo aferir o impacto das várias componentes no tempo de estudo dos discentes quer da disciplina quer das outras disciplinas. A avaliação distribuída destaca-se por ter aumentado consideravelmente o estudo para a disciplina, no entanto os efeitos nas outras disciplina não foram muito graves, pensamos que isto se deve à previsibilidade e estruturação da avaliação distribuída (apenas quatro testes).

As terceiras a sexta pergunta aferem atitudes dos alunos relativamente à disciplina. Claramente os vídeos afectaram de modo muito mais positivo as suas atitudes do que o Moodle e a avaliação contínua (que também as afectam positivamente). Os vídeos destacam-se sobretudo na motivação, enquanto que a avaliação distribuída influiu mais na percepção de sucesso no exame final.

No inquérito foram também feitas perguntas sobre o estado de vários objectivos de aprendizagens ligados à disciplina, um ano depois. A maioria das respostas refere que com a ajuda dos apontamentos seriam capazes de efectuar certos objectivos da aprendizagem. Ora se por um lado isso pode demonstrar wishful thinking, por outro um certo grau de autonomia pode ter sido adquirido. O resultado mais importante deste inquérito às aprendizagens foi o de mostrar que há uma degradação na percepção do conhecimento dos alunos das matérias aprendidas ao longo do semestre. A aprendizagem das matérias dadas no início do semestre sendo mais resistente que a das matérias do final do semestre. Pensamos que este efeito se deve a vários factores, desde o passo mais lento no início do semestre, até ao modo sequencial como o estudo é feito, passando pelo acumular de trabalho ao longo do semestre. Este facto leva-nos a sugerir organizações do programa onde aspectos centrais sejam apresentados o mais rapidamente possível e que a segunda metade do semestre seja passada com aspectos complementares. Em particular no caso do electromagnetismo uma via rápida para a indução electromagnética e ondas é favorecida, com a segunda metade do semestre abordando aspectos menos centrais como por exemplo propriedades eléctricas na matérias, e certos métodos de cálculo de capacidades, resistências e indutâncias.

7. Conclusão

Neste caso de estudo foi descrita a experiência de passar uma disciplina propedêutica (electromagnetismo) para um ambiente de e-learning. Nessa alteração os conteúdos científicos e o programa mantiveram-se fixos tendo-se agido em aspectos da avaliação contínua, na criação de um ambiente de e-learning standard no Moodle e na extensão desse ambiente com streaming de resoluções de exercícios chave de toda a matéria. Pensamos que esta inclusão de vídeos de resoluções de exercícios de modo sistemático para todo o programa é pioneira na Universidade do Porto.

Cerca de 500 transparências em power-point criadas pelo autor na edição da disciplina em 2006/2007 foram revistas e disponibilizadas aos alunos pela primeira vez em 2007/2008, folhas de exercícios com 74 páginas, mais de 90 figuras, 50 das quais originais criadas pelo autor foram também disponibilizadas. Software, animações e simulações obtidas em sítios de OpenCourseWare, com destaque para o projecto TEAL e os applets/software de Walter Fendt e Thomas Moore foram recicladas e disponibilizadas aos alunos. Um banco de 230 perguntas conceptuais de escolha múltipla foi criado e utilizado para a avaliação contínua e para a auto-avaliação dos alunos usando o Moodle. Foram criados 21 vídeos de resoluções de exercícios chave de todo o programa e disponibilizados em streaming no Moodle.

O projecto foi avaliado quer em termos de estatísticas de utilização dos vários conteúdos, quer através dos inquéritos pedagógicos e de um inquérito criado para separar as contribuições do e-learning standard, avaliação contínua e vídeos. O sucesso do projecto é demonstrado por no seu primeiro ano de criação ser a disciplina Moodle em primeiro lugar das disciplinas mais utilizados em toda a FEUP, com uns impressionantes 118.000 page views.

Em termos relativos de usos de conteúdos os vídeos e as transparências das aulas teóricas e teórico-práticas destacam-se. A utilização dos vídeos tem lugar essencialmente na época de exames. Por outro lado os testes conceptuais de escolha múltipla de auto-avaliação foram bastante utilizados durante a parte lectiva para preparação para a avaliação distribuída. Os inquéritos pedagógicos mostram, em relação a 2006/2007 um aumento das notas nas dimensões relativas aos alunos, disciplina e docentes, por ordem crescente. O resultado mais interessante é um aumento das notas das dimensões relativas docentes (apenas os docentes que leccionaram em 2006/2007 e 2007/2008 foram considerados). Este resultado parece indicar que o e-learning (Moodle e vídeos) assim como a avaliação distribuída têm um efeito positivo nas percepções dos alunos relativamente aos docentes. Talvez tornando a explicação mais humana e estreitando assim a relação entre docentes e discentes.

Uma avaliação por questionário de itens relativos à disciplina mostrou que a avaliação distribuída tem um efeito central na percepção dos alunos da probabilidade de terem sucesso à disciplina enquanto que os vídeos contribuem quer para essa percepção quer para a motivação, confiança e enquadramento da disciplina na profissão de engenheiro. Também se mediu uma quebra nas percepção de domínio por parte dos discentes de

temas abordados mais tarde no semestre. Este facto leva-nos a sugerir vias rápidas para os objectivos de aprendizagem centrais da disciplina, sendo a segunda metade do semestre utilizada em temas comparativamente menos importantes.

O ponto fraco desta experiência prende-se com a fraca dinamização dos fora de dúvidas. Estes foram abandonados pelo autor a meio do semestre por incapacidade de resposta. No entanto os fora se por um lado tiveram um baixo número de artigos, por outro tiveram um elevadíssimo número de views. Métodos de dinamização dos fora serão analisados e implementados em edições futuras. Outra dificuldade nesta experiência foi o fraco uso por parte dos alunos dos power-point contendo animações/simulações e do software. Possíveis modos de ultrapassar este fraco uso poderão passar pelo uso de ficheiros PDF onde animações estão embebidas ou por um maior número de exercícios fazendo uso do software.

O facto de numa disciplina propedêutica ser ter conseguido inverter uma tendência de insucesso escolar sem baixar o nível de dificuldade torna esta caso relevante para o ensino de disciplinas propedêuticas na Universidade do Porto, em particular da área da física e matemática onde a preparação dos alunos é particularmente deficiente. Como os exercícios são módulos de vídeo muito curtos (de cerca de 20 min. no nosso caso) abre-se a possibilidade de criação de bibliotecas de resoluções que serão extremamente úteis para os nossos alunos, sobretudo enquanto os semestres tiverem 14 semanas lectivas e 8 de avaliação. Pensamos que a prática de filmagem das aulas teóricas, tal como é feito no MIT, Stanford, Harvard ou Berkley deve ser implementada. As vantagens pedagógicas são menores do que no caso dos exercícios resolvidos. No entanto, esta disponibilização poderá pela primeira vez permitir a troca de experiências entre docentes através da visualização das aulas uns dos outros. Particularmente interessante é a possibilidade de estes conteúdos audiovisuais serem utilizados nos canais da Universidade do Porto UPTv [14]. Outro ponto cujo desenvolvimento nos parece importante é a introdução do e-learning dentro as aulas teóricas e teórico-práticas. Em particular, dispositivos como o PRS [15] permitem medir em tempo real as respostas dos alunos a perguntas de escolha múltipla, permitindo identificar não só dificuldades mas aumentar o valor acrescentado das aulas teóricas.

Em suma, este caso demonstra o sucesso de estratégias mistas de ensino/aprendizagem onde o uso clássico do Moodle é fortemente potenciado por extensões como o streaming de vídeo e com métodos de avaliação distribuída correctamente desenhados. Em particular o streaming abre a porta à criação de conteúdos educativos na UP que poderão ser distribuídos pela UPTv.

Agradecimentos

Queria começar por agradecer aos meus colegas da equipa docente nesta aventura André Gouveia, Joana Espain, João Carvalho e sobretudo ao co-regente Luís Martelo que aceitaram e encorajaram estas inovações e ao Carlos Pintassilgo e Paulo Sá. Na implementação técnica agradeço a abertura de Sofia Torrão e a dedicação de António Bandeira e Esmeraldo Lopes. Uma primeira experiência, muito útil, de filmagem de aulas teóricas teve lugar em 2005 e agradeço ao Vitor Cerveira a colaboração técnica. Finalmente agradeço a Richard Felder os seus comentários ao inquérito final.

Bibliografia

- [1] Felder, R.M., Brent, R., 2007, Effective Teaching: A Workshop, notas de apoio à acção de formação.
- [2] Magalhães Oliveira, C.A., 2008, Estilos de aprendizagem, priv. com.
- [3] Moore, T., 2006, Six ideas that changed physics: Instructor's manual, <http://www.physics.pomona.edu/sixideas/siimtc.html> (acedido em 27/11/2008).
- [4] Swartz, C., 1998, Teaching Introductory Physics – a source book, American Institute of Physics, ISBN 1-56396-320-5.
- [5] Technology Enabled Active Learning: Visualizing Electricity and Magnetism at MIT, 2008, http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/teal_tour.htm (acedido a 28/11/2008).
- [6] Dori, Y.J., Belcher, J., 2005, How does technology-enabled active learning affect undergraduate students' understanding of electromagnetism concepts?, Journal of the Learning Sciences, 14, 243.
- [7] Moore, T., 2007, Useful Computer Programs, <http://www.physics.pomona.edu/sixideas/sicpr.html> (acedido a 28/11/2008).
- [8] Fendt, W., 2008, Java Applets on Physics, <http://www.walter-fendt.de/ph14e/> (acedido a 28/11/2008).
- [9] Tipler, P.A., Mosca, G., 2003, Physics for Scientists and Engineers: Standard Version, W. H. Freeman, ISBN-13: 978-0716783398
- [10] Pólya, G., 2004, How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method, Princeton University Press, ISBN-13: 978-0691119663.
- [11] Lewin, W., 2002, Electricity and Magnetism, Video lectures, <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/8-02Electricity-and-MagnetismSpring2002/VideoAndCaptions/index.htm> (acedido a 28/11/2008)

- [12] Koyun, H., 2007, Logging Model for Windows Media Services, <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/LoggingModel.aspx> (acedido a 30/11/2008)
- [13] Software flashget, <http://www.flashget.com/> (acedido a 30/11/2008)
- [14] <http://tv.up.pt> (acedido a 30/11/2008).
- [15] <http://www.interwritelearning.com/products/prs/index.html> (acedido a 30/11/2008).

Anexos

A.1. Inquérito final

Pergunta	Resposta	Número de respostas
Como é que o moodle afectou o seu tempo de estudo para electromagnetismo?	Estudei muito mais tempo.	3
	Estudei mais tempo.	46
	Estudei o mesmo.	82
	Estudei menos tempo.	8
	Estudei muito menos tempo.	0
Como é que os vídeos afectaram o seu tempo de estudo para electromagnetismo?	Estudei muito mais tempo.	30
	Estudei mais tempo.	56
	Estudei o mesmo.	20
	Estudei menos tempo.	28
	Estudei muito menos tempo.	5
Como é que a avaliação distribuída afectou o seu tempo de estudo para electromagnetismo?	Estudei muito mais tempo.	33
	Estudei mais tempo.	70
	Estudei o mesmo.	25
	Estudei menos tempo.	10
	Estudei muito menos tempo.	2
Como é que a existência do moodle para electromagnetismo afectou o estudo das outras disciplinas?	Estudei muito menos para as outras disciplinas.	0
	Estudei menos para as outras disciplinas.	15
	Não afectou o estudo para as outras disciplinas.	111
	Estudei mais para as outras disciplinas.	12
	Estudei muito mais para as outras disciplinas.	0
Como é que a existência de vídeos para electromagnetismo afectou o estudo das outras disciplinas?	Estudei muito menos para as outras disciplinas.	0
	Estudei menos para as outras disciplinas.	14
	Não afectaram o estudo para as outras disciplinas.	103
	Estudei mais para as outras disciplinas.	19
	Estudei muito mais para as outras disciplinas.	3
Como é que a existência da avaliação distribuída para electromagnetismo afectou o estudo das outras disciplinas?	Estudei muito menos para as outras disciplinas.	6
	Estudei menos para as outras disciplinas.	52
	Não afectou o estudo para as outras disciplinas.	70
	Estudei mais para as outras disciplinas.	11
	Estudei muito mais para as outras disciplinas.	1
Como é que o moodle afectou a sua probabilidade de passar no exame final?	Aumentou muito.	17
	Aumentou.	69
	Não teve influência.	54
	Diminuiu.	0
	Diminuiu muito.	0
Como é que a avaliação distribuída afectou a sua probabilidade de passar no exame final?	Aumentou muito.	43
	Aumentou.	68
	Não teve influência.	21
	Diminuiu.	3
	Diminuiu muito.	4
Como é que os vídeos afectaram a sua probabilidade de passar no exame final?	Aumentaram muito.	57
	Aumentaram.	66
	Não tiveram influência.	17
	Diminuíram.	0
	Diminuíram muito.	0
Como é que o moodle afectou a sua motivação para a disciplina?	Aumentou muito.	10
	Aumentou.	63
	Não teve influência.	64
	Diminuiu.	3
	Diminuiu muito.	0
Como é que os vídeos afectaram a sua motivação para a disciplina?	Aumentaram muito.	52
	Aumentaram.	69
	Não tiveram influência.	17
	Diminuíram.	1
	Diminuíram muito.	0
Como é que a avaliação distribuída afectou a sua motivação para a disciplina?	Aumentou muito.	16
	Aumentou.	77

	Não teve influência.	36
	Diminuiu.	8
	Diminuiu muito.	2
Qual foi a influência do moodle na sua impressão da utilidade da disciplina de electromagnetismo para o seu futuro como Engenheiro Electrotécnico?	Teve uma influência muito positiva.	8
	Teve uma influência positiva.	69
	Não teve influência.	61
	Teve uma influência negativa.	2
	Teve uma influência muito negativa.	0
Qual foi a influência dos vídeos na sua impressão da utilidade da disciplina de electromagnetismo para o seu futuro como Engenheiro Electrotécnico?	Tiveram uma influência muito positiva.	26
	Tiveram uma influência positiva.	77
	Não tiveram influência.	32
	Tiveram uma influência negativa.	2
	Tiveram uma influência muito negativa.	0
Qual foi a influência da avaliação distribuída na sua impressão da utilidade da disciplina de electromagnetismo para o seu futuro como Engenheiro Electrotécnico?	Teve uma influência muito positiva.	10
	Teve uma influência positiva.	60
	Não teve influência.	61
	Teve uma influência negativa.	5
	Teve uma influência muito negativa.	2
Como é que o moodle afectou a sua confiança de que teria sucesso na disciplina?	Aumentou muito a minha confiança.	5
	Aumentou a minha confiança.	55
	Não afectou a minha confiança.	75
	Diminuiu a minha confiança.	2
	Diminuiu muito a minha confiança.	0
Como é que os vídeos afectaram a sua confiança de que teria sucesso na disciplina?	Aumentaram muito a minha confiança.	29
	Aumentaram a minha confiança.	77
	Não afectaram a minha confiança.	29
	Diminuíram a minha confiança.	2
	Diminuíram muito a minha confiança.	0
Como é que a avaliação distribuída afectou a sua confiança de que teria sucesso na disciplina?	Aumentou muito a minha confiança.	18
	Aumentou a minha confiança.	81
	Não afectou a minha confiança.	28
	Diminuiu a minha confiança.	11
	Diminuiu muito a minha confiança.	1
Consigo explicar o que é o campo eléctrico e calculá-lo para distribuições simples de carga (pontos, linhas, superfícies e volumes).	Já me esqueci de tudo.	2
	Nem consultando os meus apontamentos era capaz de o fazer.	0
	Se consultasse os meus apontamentos era capaz.	60
	Fazia com alguma dificuldade.	46
	Fazia sem qualquer dificuldade.	26
Consigo explicar o que é o campo magnético e calculá-lo para distribuições simples de corrente (linhas/curvas, superfícies e volumes).	Já me esqueci de tudo.	3
	Nem consultando os meus apontamentos era capaz de o fazer.	2
	Se consultasse os meus apontamentos era capaz.	92
	Fazia com alguma dificuldade.	31
	Fazia sem qualquer dificuldade.	11
Consigo explicar o que é a capacidade/resistência e calculá-las para condensadores/condutores simples.	Já me esqueci de tudo.	3
	Nem consultando os meus apontamentos era capaz de o fazer.	5
	Se consultasse os meus apontamentos era capaz.	89
	Fazia com alguma dificuldade.	24
	Fazia sem qualquer dificuldade.	16
Consigo explicar o significado físico da lei da indução de Faraday e apresentar algumas aplicações tecnológicas dessa lei.	Já me esqueci de tudo.	7
	Nem consultando os meus apontamentos era capaz de o fazer.	6
	Se consultasse os meus apontamentos era capaz.	91
	Fazia com alguma dificuldade.	15
	Fazia sem qualquer dificuldade.	14
Consigo calcular a corrente induzida assim como o seu sentido em situações em que o fluxo magnético através de uma espira varia, assim como em situações em que a espira se move.	Já me esqueci de tudo.	7
	Nem consultando os meus apontamentos era capaz de o fazer.	8
	Se consultasse os meus apontamentos era capaz.	97
	Fazia com alguma dificuldade.	19
	Fazia sem qualquer dificuldade.	8
Consigo calcular os coeficientes de auto-indução e de indutância mútua de circuitos simples (linhas, espiras, bobinas).	Já me esqueci de tudo.	11
	Nem consultando os meus apontamentos era capaz de o fazer.	13
	Se consultasse os meus apontamentos era capaz.	90
	Fazia com alguma dificuldade.	17
	Fazia sem qualquer dificuldade.	9