

O AMBIENTE DE ENSINO DO FUTURO “Rompendo as amarras”¹

Phillip D. Long & Stephen C. Ehrmann²

Resumo

Para a maioria das pessoas, a representação do ensino superior é a sala de aula: professores falando, alunos ouvindo atentamente e fazendo anotações. O avanço dos alunos em direção ao seu diploma é medido pelo tempo que eles passam em sala de aula. O ritmo do dia a dia de uma Faculdade ou Universidade é essencialmente determinado pela programação das salas de aula, o toque dos sinais que enchem os corredores de alunos e professores correndo para a próxima aula. Vários educadores, no entanto, cada vez mais argumentam que tais salas de aula são ineficazes como ambientes de aprendizagem e que elas não deveriam mais ser construídas (1). Mas o que deveria substituí-las? Levando em consideração o futuro do espaço de aprendizagem, vamos discutir (1) algumas razões pelas quais as salas de aula tradicionais são inadequadas e precisam mudar, (2) algumas idéias que rompem com essas tradições, e (3) algumas sugestões de áreas que as equipes de planejamento devem ter em mente para que surjam idéias de futuros espaços de ensino mais pioneiros e menos cópias dos que já existem.

Palavras-chave:

Sala de aula; tecnologia; aprendizagem;

Abstract

For many people, the public image of higher education is the classroom: faculty talking, with students intently listening and taking notes. Students' progress toward a degree is measured by time spent in classrooms. The daily pulse of a college or university is largely dictated by the classroom schedule as bells ring and the halls fill with students and faculty rushing to the next class. Many educators, however, increasingly argue that such classrooms are largely ineffective as learning environments and that they should not continue to be built.¹ But what should take their place? In considering the future of the learning space, we will discuss (1) a few of the reasons why traditional classrooms are inadequate and need to change, (2) some ideas that break with these traditions, and (3) suggested areas for the planning team to keep in mind so that the team can come up with ideas for future learning spaces that are pioneering rather than imitative.

Key-words:

Classroom; technology; learning spaces;

Previsões são muito difíceis, especialmente sobre o futuro. - Niels Bohr

Mudando a sala de aula

As pesquisas em educação estão repletas de descobertas decepcionantes sobre o que os alunos graduados não podem fazer, não entendem, ou compreendem erroneamente. Muitos graduados são incapazes de aplicar a maior parte do que lhes foi ensinado (2). Parte do problema pode ser a sala de aula que frequentaram: certos tipos de espaços tornam muito fácil o ensino por entrega (*delivery*) - transmissão do conhecimento da boca do instrutor para o cérebro do aluno- ao mesmo tempo que tornam difícil ensinar dos modos podem produzir aprendizado mais profundo e duradouro, de acordo com o que as pesquisas sugerem.

¹ Publicado originalmente em *EDUCAUSE Review*, vol. 40, no. 4 (July/August 2005): 42–58. Traduzido por Henrique Garcia Sobreira e Luciana Bezerra (revisado por Edione Azevedo) autorizada pelos autores e pela Revista. Os tradutores optaram por deixar em inglês, e entre parênteses, as palavras, conceitos e expressões dos autores quando lhes pareceu mais apropriado.

² Phillip D. Long é Estrategista Senior da Academic Computing Enterprise e Diretor do Learning Outreach do iCampus do MIT no Massachusetts Institute of Technology. Stephen C. Ehrmann é Vice-Presidente do TLT Group and Diretor do Flashlight Program for the Study and Improvement of Educational Uses of Technology.

A publicação, em 1999, do “Como as pessoas aprendem” (*How People Learn*) reuniu os conhecimentos atuais sobre a neurociência, comportamento e psicologia da aprendizagem. Essas idéias podem ser organizadas em torno de cinco temas:

1. Memória, e a estrutura do conhecimento
2. Análise de solução de problemas e raciocínio
3. Primeiros fundamentos
4. Processos metacognitivos e capacidades autorregulatórias
5. Experiência cultural e interação com a comunidade

A aprendizagem, de acordo com os autores, é regulada pela biologia e a ecologia do indivíduo: "Aprender produz desenvolvimento" (3). A sala de aula tem sido um componente crítico e caro desta ecologia.

Há trinta anos Edgar Dale descreveu o que ele chamou de “cone da experiência” que ordena, de acordo com sua eficácia, os diferentes modos de aprendizagem. (ver Figura 1) (4). A retenção é pior com os modos que estão no topo do cone e melhor com os que estão na base. Recentemente, a aprendizagem significativa tem sido um tema em debates sobre formação de professores, com os futuros professores sendo encorajados a usar abordagens: centradas nos alunos, construtivistas e aquelas que investem na profundidade ao invés da superficialidade nas disciplinas" (5) ainda que eles próprios estejam aprendendo através de abordagens tradicionais de ensino. “Faça o que eu digo e não faça o que eu faço” acaba sendo um modelo particularmente ineficaz em longo prazo.



Fonte: J. Huang, Harvard University Graduate School of Design, Comunicação pessoal.
Adaptada de Edgar Dale, *Audiovisual Methods in Teaching*,
3d ed. (New York: Dryden Press, 1969).

Assim, o primeiro requisito para algumas das salas de aula do futuro é que elas permitam tanto o treinamento quanto a educação, enquanto o aluno faz aquilo que está aprendendo a fazer. Os alunos podem aprender o sentido de uma disciplina quando as atividades de ensinar e aprender estão organizadas em torno dos processos e ferramentas centrais da disciplina.

Hoje isto acontece com mais frequência nas artes e, às vezes, no ensino profissional. Por exemplo, algumas escolas de engenharia orientam os calouros e os veteranos por meio de uma seqüência de tarefas de engenharia cada vez mais desafiadoras (6).

A segunda forma na qual as instalações podem promover o ensino diz respeito ao contexto. Imagine dois novatos aprendendo francês. Um deles fica em uma sala vazia, ouvindo uma voz neutra recitando palavras em francês para em seguida repeti-las. O outro está na França, observando como os franceses falam entre si, os gestos e as indicações. Mesmo que o francês seja falado de forma mais rápida e coloquial na França, o aluno será capaz de utilizar estas pistas para interpretar o que está sendo dito. Esta é a aprendizagem contextual que é importante por diversas razões, onde é menos importante o que o

³ No topo os modos passivos (em ordem decrescente) de experiência: ler, ouvir, ver imagens, ver filmes, ir a exposições, vê-la onde acontece, participar em uma discussão, participar de uma palestra. Na base os modos ativos de experiência: simular a experiência na vida real e fazer a coisa real.

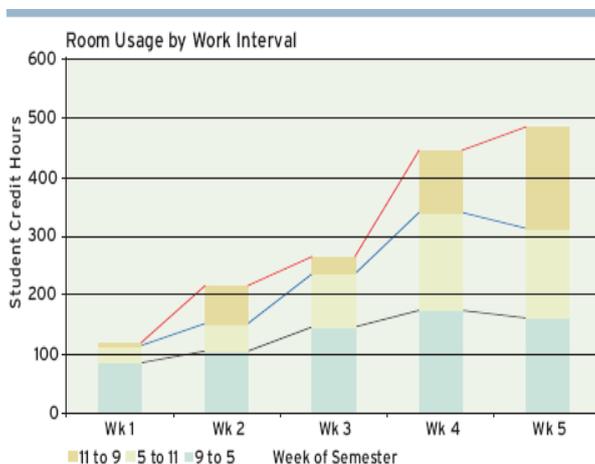
aluno aprende do que sua habilidade de aplicar o que aprendeu em outras circunstâncias, ou seja, quando a aprendizagem acontece e quando não acontece. Uma terceira característica importante para o ambiente de aprendizagem é a habilidade de interagir em uma variedade de níveis, tanto com especialistas quanto com leigos. Não é coincidência que pelo menos quatro (contato entre alunos e professores, colaboração aluno-aluno, resposta rápida, e comunicação de grandes expectativas) dos sete princípios revelados pela pesquisa sobre boas práticas no ensino de graduação têm a ver com as interações interpessoais⁷. A quarta característica diz respeito a "lugar, lugar, lugar". Onde é que a aprendizagem acadêmica realmente acontece? O foco deste artigo serão as salas de aula em que os professores e alunos interagem, porque estas instalações possuem custos elevados para construção, renovação e manutenção e porque elas é que dão forma à rotina da programação diária da maioria das instituições acadêmicas. Mas é claro que muito, talvez a maior parte, da aprendizagem ocorre atualmente fora destas salas. Um estudo do MIT sobre como os alunos de graduação do curso de design do Departamento de Engenharia Aeronáutica e Astronáutica gastaram seu tempo durante o semestre demonstrou que eles rapidamente prolongam seu trabalho acadêmico para além das horas de aula do curso (veja a Figura 2). E, quando professores e administradores em vários encontros realizados por Steve Ehrmann foram solicitados a descrever as experiências mais significativas de aprendizagem de seus anos de faculdade, os entrevistados raramente mencionaram as salas de aula. Ao contrário, eles falaram sobre outras áreas dentro e fora do campus. A nossa pergunta, entretanto, é "Que tipo de projeto de sala de aula pode ser melhor para viabilizar a aprendizagem significativa em cursos superiores?"

Em resumo, estas quatro idéias podem ser úteis na concepção das salas de aula do futuro:

1. "Aprender fazendo".
2. Questões de contexto.
3. Questões de interação.
4. Lugar de aprendizagem.

Figura 2

Uso da sala em cursos Acadêmicos após as cinco primeiras semanas do semestre



Fonte: E. Crawley and S. Immrich, "Process for Designing Learning Spaces, Case Study: The MIT Learning Lab for Complex Systems," Apresentação no NLII Learning Systems Design Workshop, 2004.

Rompendo com as amarras: salas de aula projetadas para aprendizagem

Salas de aula devem promover as atividades de aprendizagem eficazes, ou seja, aprendizagens situadas, colaborativas e ativas. Com o quê esses espaços se parecem? Será que algum desses espaços já existe?

Construções que expressam a Educação Profissional

No final de 1990, o Departamento de Engenharia Aeronáutica e Astronáutica do MIT enfrentou o problema de ensinar um assunto do século XXI, em instalações da virada do século XX. Com a necessidade de fazer algo acerca da crescente deterioração do espaço físico, também foi necessária a adoção de um novo currículo para uma nova era. Nada melhor do que a ameaça à auto-preservação para

motivar a mudança. Neste caso, a queda de matrículas pressionou o departamento a fazer algo diferente. Fortuitamente, mas talvez cataliticamente, uma bolha demográfica ocasionou uma significativa mudança na composição do corpo docente do departamento e um chefe de departamento muito jovem foi nomeado para liderar a o corpo docente durante esta transição.

O departamento desenvolveu um modelo curricular que enfatizava princípios fundamentais da engenharia definidos num quadro de aprendizagem interativa: Concepção, Projeto, Implementação e Operação (CPIO) (8) de sistemas e produtos. Usando uma abordagem estruturada para identificar as habilidades necessárias para um engenheiro moderno, um "documento de exigências" foi gerado para definir o "currículo" CPIO. Este se tornou a base para a construção do ambiente oficina-laboratório-sala de aula.

Um elemento crítico para projetar novos espaços de aprendizagem é a necessidade de projetar para mudar. O uso de medidas padrão durante anos desde que os espaços curriculares CPIO foram construídos demonstraram que os alunos nem sempre usam as novas instalações como o corpo docente inicialmente imaginou. O departamento continua a adaptar seus espaços a fim de melhor adaptar o currículo às formas como ele é praticado pelos alunos e professores.

Construções e campi como ambientes de aprendizagem

Arquitetura não é mais apenas um recipiente dentro do qual a aprendizagem acontece - edifícios por si só fornecem várias dimensões de apoio ao aprendizado. Na verdade, os elementos sistêmicos das construções que trabalham juntos para apoiar a aprendizagem são análogos aos conjuntos de funções como em um complexo sistema de computação. Juntos, eles formam um sistema operacional de construção (SOC).

A seguir estão algumas das tecnologias e atividades de aprendizagem que estes novos SOCs precisarão apoiar:

- Capturar/reproduzir e “pensar por meio”: de processar gravações em tempo real (ad hoc), sem destruir o conforto social do grupo e fornecendo níveis adequados à privacidade; particularmente desafiador será capturar áudio em conversas de pequenos grupos que ocorrem quando uma grande turma se reúne em uma mesma sala.
- Superfícies graváveis em todos os lugares na sala de aula, que gravam e armazenam tudo o que é escrito nelas (ver, por exemplo, <<http://www.cc.gatech.edu/fce/eclass/>>)
- *Blogging* em tempo real na sala de aula - os alunos constroem notas colaborativas na página do curso ou em uma *wiki*.
- Bate-papo em sala de aula, por exemplo, com um assistente de ensino AE monitorando a metaconversa dos alunos, incluindo um canal AE- mensagem instantânea de moderação"
- Banda larga disponível fornecida para e dentro da sala, permitindo aos alunos segurança para acessar e baixar arquivos multimídia, sem travar a rede local.
- Acesso generalizado à videoconferência, tão simples e intuitivo, que conversas multi-site sejam extensões naturais da discussão em aula.
- Gravação de vídeo / documentos em tempo real e discussões assíncronas e ferramentas de anotação.
- Ferramentas que permitam instrutores ad hoc de ensino à distância para usar com facilidade o conjunto completo de tecnologias em sala de aula.

Da Computação Ubíqua a Computação Situada

Nem todas as modernizações nos ambientes de ensino precisam auxiliar diretamente a aprendizagem mais situada, mais ativa, e mais colaborativa. Algumas podem fazê-lo indiretamente, reduzindo parte do desperdício de tempo e rigidez muitas vezes vivenciadas por professores nos atuais modelos de salas de aula de hoje com dispositivos tecnológicos.

Os dispositivos móveis e conectividade generalizada têm conduzido a 100% de acesso à informação, serviços sempre disponíveis, e aprendizado a “qualquer hora”, em “qualquer lugar” (“*Anytime*”, “*anywhere*”). O lugar torna-se irrelevante. Assim, se partes importantes do ensino ocorrem quando o aluno está fora das "salas de aula", então as tecnologias que o aluno leva ou que estão disponíveis para ele naquele espaço precisam fornecer capacidades apropriadas. E a tecnologia (móvel ou estática) deve alertar o aluno sobre o que pode ser feito naqueles lugares.

Por exemplo, imagine ser possível agregar, em locais específicos, instruções claras que informem aos alunos como seus dispositivos devem ser configurados e como comportar-se enquanto estiver naquele ambiente. Afinal, quando alguém entra num ambiente, há sinais que dizem como se comportar ou se preparar para certas atividades: manter a voz baixa, não comer, entre outros. Da mesma forma, os alunos que entram em uma sala onde se realizam exames finais devem encontrar seus computadores portáteis configurados para o acesso restrito a alguns locais de rede ou executar somente aplicativos específicos.

Faculdades e universidades terão que mudar a sua combinação de salas específicas, exemplificadas pelos laboratórios e outros espaços que permanecem tecnicamente definidos, para um enfoque em (1) redes virtuais de auto-deteção, fornecendo serviços seguros para dispositivos portáteis que dinamicamente se juntam e se afastam do sistema operacional instalado, e (2), espaços que suportam conjuntos de interações com as tecnologias correspondentes otimizadas para metas específicas. No nível mais básico, esses dois requisitos técnicos significam que os aparelhos individuais, sejam fixos ou móveis, podem se interconectar para realizar tarefas que normalmente são feitas em conjunto.

Imagine que você é um membro do corpo docente. Para sua aula na terça-feira, você planejou exibir imagens, convidar um colega de outra instituição para uma sabatina rápida com os alunos, e aplicar um questionário. A rede instalada onde sua aula acontece possui um perfil de eventos gerado pela sua programação. O perfil "sabe" as tarefas que parte da infra-estrutura instalada será solicitado a realizar na terça-feira às 3:00 (seu horário de aula). Quando você entra em sala para preparar a aula, a rede registra a sua presença a partir do tag RFID em seu ID, recupera o perfil, e notifica os dispositivos pertinentes na Internet usando protocolos de "internet das coisas" (9). Os monitores são ligados aguardando o sinal de vídeo. Os computadores carregam as informações sobre o questionário planejado na rede de modo que, quando o questionário é iniciado, a configuração do roteador para a sala desabilita o quarto acesso a IP externo, limitando os navegadores dos alunos e suas ferramentas de busca. (Embora você tenha desejado desativar o *peer-to-peer*, o conselho de privacidade do aluno decidiu limitar a dinâmica de controle de acesso sobre as máquinas de propriedade pessoal).

A configuração de iluminação da sala é modificada de acordo com seu padrão preferido de luz e ferramentas de captura na sala fornecem os nomes padrão para aquela sessão de aula, data, local de armazenamento, de modo que você possa modificá-los, se desejar. Padronizadamente, na captura do seu perfil serão gravados e armazenados os arquivos de áudio, vídeo e escritas (o que antigamente foi conhecido como "escrever no quadro"). Você também escolheu por ter geração de palavras-chave; estas serão incluídas como meta informações para o texto que está gravado, digitalizado, transferido para o texto, e postado na página do curso *online*. A janela de gerenciamento de seu computador portátil aceita o seu "ok" e você está pronto para começar.

Os alunos que entram na sala têm a possibilidade de optar por auto-atendimento gravado (o que conta 10 por cento da nota). Seus canais de distribuição de informações preferidos são anotados, e uma vez que sua presença é confirmada, a informação é transferida da área de trabalho do curso para seu espaço de trabalho de preferência. Estes podem ser seus computadores, seus espaços de trabalho *online*, ou em alguns casos, os seus aparelhos portáteis de escolha.

Tal facilidade tem várias vantagens, principalmente a notável flexibilidade de reconfiguração, hora após hora, dia por dia, ano após ano, década por década.

Muitas instalações tradicionais para aprendizagem situada, por exemplo, laboratórios e bibliotecas, também terão que ser reconfiguradas para melhor apoiar o trabalho colaborativo entre pessoas de diferentes disciplinas. Universitários que trabalham com destreza em equipes interdisciplinares terão sido educados por aprendizagem, durante uma parcela significativa de seu tempo, por equipes interdisciplinares. A menos que os alunos tenham uma experiência significativa de trabalho em equipe que lida com várias disciplinas, a fim de resolver problemas penosos, universitários não dominarão, como que por mágica, um conjunto de habilidades. Assim, as instalações em que eles aprendem e aplicam sua aprendizagem precisam amparar o trabalho dos membros mais novos da equipe (10).

Salas de aula distribuídas em Tempo Real

Aspectos importantes do ensino superior consistem de um ou mais instrutores ajudando um grupo de alunos a compreender algo falando para e com eles. Pesquisas mostram que não há mágica especial em uma apresentação quando se fala para pessoas que estão fisicamente presentes (11). Se as palavras são

faladas ou lidas, se a mensagem é ouvida ou vista, se o aluno está próximo ou distante, a apresentação é uma apresentação é uma apresentação. Em média, os resultados são os mesmos.

Então, todas as aulas deveriam ser transformadas em leituras e digitalizadas? Nós certamente precisamos nos afastar desta direção. O tempo do docente é muito precioso para ser desperdiçado fazendo algo que um vídeo poderia fazer tão bem, ou melhor, (os alunos podem reproduzi-lo quantas vezes quiserem, a fim de apreender um ponto sutil, e podem assistir essas lições a qualquer hora e em qualquer lugar que necessitem).

No entanto, há diversas razões pelas quais aulas interativas – aulas que são influenciadas, a cada momento, pelos alunos – possivelmente continuarão a ser úteis. Se os alunos sentem que o professor está prestando atenção neles, aulas interativas podem ajudar a motivá-los e fazê-los pensar sobre o que está sendo discutido. O professor pode ajustar o conteúdo momentâneo em resposta aos alunos e às recentes mudanças na disciplina. Boas aulas são o equivalente educacional de boas performances artísticas e alguns professores são artistas em seu meio. Infelizmente, no entanto, isso não é a verdade de todos os docentes todo o tempo, então repensar o equilíbrio da transmissão com a interação engajada podem alavancar significativamente as aulas face a face (presenciais) com tecnologias que aumentem a colaboração. Mudando algumas ou a maioria das apresentações unidirecionais de face a face para dever de casa (processo que começou anos atrás com os livros didáticos e leituras) libera-se mais tempo para formatos interativos, quando os alunos podem programar os horários de interação com os professores e os outros alunos. Interação e projetos assíncronos também podem ser realizados quando os alunos estão fora sala de aula. O desafio, como todos os professores sabem, é como se assegurar que os estudantes venham preparados para a aula. Felizmente, a tecnologia pode ajudar.

Para ajudar os alunos a vir para a sala de aula com uma compreensão razoável com base nas apresentações que eles estudaram *online*, fazendo seu dever de casa e em discussões *online*, os professores precisam fornecer:

- materiais didáticos envolventes,
- respostas *online* que possam ajudar os alunos a superar obstáculos comuns,
- respostas *online* que possam ajudar os alunos a entender se eles estão prontos para aula, e
- respostas *online* que possam ajudar o professor a compreender o estado de preparação dos alunos assim que eles chegam a aula (12).

Uma vez que os estudantes chegam nas salas de aula, o professor pode ajudá-los a lidar com idéias e nuances difíceis e pode preparar e motivar os alunos para a próxima etapa de trabalhos fora de sala de aula. Que tipo de salas de aula são mais eficazes e eficientes para isso? Idealmente, esses espaços de aprendizagem devem apoiar várias atividades principais:

- Os alunos precisam ser capazes de ouvir o que o docente e outros alunos dizem e ver o que outras pessoas mostram, mesmo quando os objetos são pequenos e há vários alunos no curso.
- Os alunos precisam ser capazes de reproduzir este material, talvez instantaneamente.
- Os alunos precisam ser capazes de tentar algo que alguém sugira aqui e ali.
- Os alunos precisam ser capazes de trabalhar por curtos prazos em pequenos grupos, observando e criticando uns aos outros.
- Os alunos precisam ser capazes de responder às perguntas, tanto de seus colegas quanto de seu professor.
- O professor precisa ser capaz de mostrar padrões de resposta dos alunos e usá-los para provocar debates mais adiante no curso.

Grandes salas de aula que possuem recursos multimídia constituem uma forma de alcançar várias dessas metas e restrições simultaneamente. Mas essas salas podem ser uma armadilha: elas podem ser inflexíveis e caras para reequipar na medida em que novas tecnologias surgem e desaparecem e a produtividade do investimento nesses espaços é reduzida devido aos momentos em que são deixadas vazias, dia e noite.

Para o futuro, uma melhor solução pode ser uma sala de aula distribuída. Alunos poderiam se reunir em grupos face a face (presenciais) em salas relativamente pequenas que são, por sua vez, ligadas em rede através de interconexões de banda larga com o instrutor. Pesquisadores do departamento Fraunhofer IPSI's AMBIENTE chamam esses espaços de construções "cooperativas" (13). Estas salas de encontro

poderiam estar separadas por dezenas de metros ou milhares de quilômetros de distância. As salas de encontro poderiam também servir para outras funções, tais como salas de conferência, salas de biblioteca, ou escritórios. Esses ambientes combinam os objetos do mundo real com os elementos virtuais criando uma totalidade significativa maior do que a soma das suas partes. Alunos em cada sala poderiam interagir entre si e com o professor através de paredes virtuais interativas. Eles poderiam compartilhar objetos em tabelas interativas, ou se a sala com muitos equipamentos não estivesse disponível, eles poderiam simplesmente se comunicar individualmente com os grupos de trabalho das salas virtuais. A parede virtual interativa é baseada em gestos (*gesture based*), de modo que os alunos possam mover as informações pela parede ou mover objetos para outros locais, acompanhadas de sinais de áudio. Como se poderiam organizar esses cursos grandes distribuídos? Grandes salas e suas constelações de salas de reunião poderiam ser mantidas financeiramente por uma única instituição de grande porte, um sistema estatal de instituições ou um conjunto de instituições e empresários (oferecendo **aprendizagem situada** tanto para estagiários quanto para seus empregados). Prevemos que os pioneiros dessa espécie de cursos distribuídos serão (1) grandes instituições de intensa pesquisa que desejam fazer melhor uso de professores bem conceituados e altamente interativos e (2) consórcios de pequenas instituições que pretendam oferecer uma quantidade expressiva de cursos e palestras para seus alunos. As instituições menores frequentemente possuem alguns alunos que desejam determinados cursos de nível mais elevado, mas muito poucos para garantir um curso face a face (presencial). Um consórcio de tais instituições teria alunos suficientes para garantir uma constelação de tais cursos, alguns ministrados por professores em cada instituição. Isso permitiria que instituições pequenas e isoladas oferecessem alguns dos variados cursos e programas que atualmente só acontecem em instituições maiores. Já existem experiências pilotos com cursos distribuídos. Uma versão dessa abordagem em menor escala tecnológica está sendo utilizada em formação profissional. Por exemplo, uma organização chamada de *Learning Times* promove sessões utilizando ferramentas de tempo real para os professores de toda Nova York. Profissionais da educação se conectam em centenas de sites simultaneamente. Eles ouvem e interagem com especialistas/mediadores remotos, mas, em seguida, retornam intermitentemente para discutir o assunto (com pessoas em seu próprio grupo (ou em salas de apoio *online*). Isso contextualiza o assunto com as características da cada escola. Então, o especialista retorna minutos mais tarde, para questionar, sintetizar e ouvir alguns dos *sites* (14).

Embora as tecnologias envolvidas nesses pequenos projetos pilotos atuais não sejam muito caras, elas ainda não foram dimensionadas para implementação em larga escala. Porém, a disseminação do seu uso não está distante.

Fazendo a tecnologia desaparecer

As salas de aula do futuro terão a notável qualidade de ser tanto tecnologicamente sofisticadas quanto tecnologicamente invisíveis. As melhores tecnologias da sala de aula do futuro simplesmente se tornarão parte da construção de um ambiente de sala de aula eficaz, corriqueiramente essencial. As tecnologias de uma sala de aula precisarão interagir da mesma forma como hoje só existe em laboratórios de pesquisa. Os aparelhos precisarão estar ligados por meio de sistemas de eventos compartilhados. Exemplo disso é a base EventHeap - base dos programas da Stanford University iRoom (<http://iwork.stanford.edu/>) e sua geração recentemente comercializada do Tidebreak (<http://www.tidebreak.com>). Em operação como um ambiente de pesquisa por mais de quatro anos, os componentes iRoom incluem os monitores *touch-screen*, quadros interativos, dispositivos de entrada tátil, *scanners* e câmeras. Igualmente importante, estas novas tecnologias de salas de aula terão que ser percebidas como uma extensão natural das atuais salas de aula, permitindo interações naturais. A meta atual nos projetos entre esses ambientes futurísticos de comunicação é que elas sejam fáceis de usar. Para exemplo, a IBM tem um grande monitor interativo, o BlueBoard IBM, para apoiar o compartilhamento de conteúdo entre os usuários do BlueBoard e de acesso fácil às informações de cada usuário da rede. Usando a tag RFID, uma pessoa rapidamente se conecta ao monitor e se comunica com todos os usuários conectados ao BlueBoard ou obtém informações pessoais sob medida para o perfil de interação do usuário. Interfaces gráficas compartilhadas em grande escala permitem determinados tipos de colaborações com propriedades que são naturais para cada tipo de trabalho. Esta é o casamento de

grandes monitores interativos com o reconhecimento de conteúdo com base em propriedades (domainbased content recognition) (15).

Quando estas tecnologias foram implantadas, uma constatação fundamental foi que a sua utilização é estava relacionada ao seu contexto. Quando as ferramentas como estas foram colocadas para promover trocas de dados espontâneas e efêmeras, elas foram ignoradas. As pessoas não as usavam porque eram muito invasivas. Somente quando as ferramentas foram levadas para espaços mais adequados - salas de reunião de grupos específicos, por exemplo, é que sua experimentação e uso ad hoc começaram.

Pesquisas em ambientes de computação colaborativos levaram à concepção geral de orientações que se aplicam diretamente às salas de aula do futuro(16). A variedade de diferentes aparelhos digitais para tarefas individualizadas continuará a aumentar, tornando essencial a interação de ferramentas heterogêneas. Apesar das diferentes versões de software, marcas, e dispositivos de entrada e saída, eles todos terão que trabalhar juntos. As atuais junções para interação fornecidas pelo fabricante ou marca devem ser superadas. Os movimentos para padronização estão ganhando força, mas há um longo caminho a percorrer, e precisam tanto do apoio da comunidade quanto das corporações. Os dispositivos devem funcionar, apesar de falhas transitórias da rede e de alterações nos componentes do sistema, sem a necessidade de um exército de técnicos disponível em tempo integral. Projetos robustos precisam se recuperar de falhas e evitar interrupções. Interfaces fáceis de usar tornam o uso de ferramentas de colaboração com tecnologia sofisticada cognitivamente menos exigente. Aprender a usar o sistema a partir das experiências dos outros é fundamental para que essas novas tecnologias em salas de aula possam ser adotadas por uma comunidade.

Criando espaços de aprendizagem pioneiros

Os artigos anteriores sobre essa questão remetem à concepção do espaço de aprendizagem (Johnson e Lomas) e a criação de espaços de aprendizagem (Wedge e Kearns). Eles apresentam questões prementes e estratégias para avaliar e fazer as trocas complexas que são necessárias para irmos de uma teoria de ensino para a formulação de princípios de modo a criar um processo e finalmente a construção física que torna realidade as intenções do plano de uma sala ou prédio para aulas.

Melhor do que repetir suas discussões oferecemos aqui três áreas que as equipes de projetistas devem ter em mente quando criarem espaços pioneiros de aprendizagem: (1) atividades e instalações; (2) formas e funções, e (3) características desejadas.

Atividades e Instalações

A fim de criar novos tipos de espaços de aprendizagem, os membros da equipe de planejamento precisam ser capazes de prever as atividades e instalações de uma forma suficientemente viva (através de visitas, vídeos, descrições, pesquisas) (17). Essas atividades e instalações precisam ser descritas em dois níveis: (1) "as atividades elementares", isto é, as ações que as pessoas realizam a cada momento (por exemplo, falar e ser ouvido) e (2) "atividades programáticas", ou seja, programas de atividades (por exemplo, alunos de engenharia precisam repetidamente pensar, projetar, construir e testar o que foi concebido). Em um questionário, em um grupo focal, ou em uma entrevista (18), professores e alunos devem ser indagados sobre a importância relativa de cada uma das seguintes capacidades dos novos espaço de aprendizagem. Em que o grau de importância esse novo espaço deve

- permitir a utilização da informática / conectividade básica,
- permitir que o aluno ou o professor descubra, importe e exiba informações facilmente, incluindo a habilitação de um aluno, em uma grande turma, de demonstrar a partir de uma imagem, ou imagens, enquanto explica "comparação e contraste", ou fazer uma pergunta,
- permitir aos participantes ouvir e falar,
- permitir aos participantes de se olharem,
- permitir aos docentes detectar padrões no pensamento dos alunos, a fim de adaptar as instruções,
- permitir aos participantes revisar as comunicações das aulas anteriores,
- permitir aos alunos falar uns com os outros durante as aulas,
- permitir a troca de um formato de plenário para pequenos grupos de trabalho, e vice-versa,
- permitir o uso de especialistas externos,
- permitir aos alunos usar uns aos outros como recursos de aprendizagem,

- permitir aos professores e alunos o uso da sala com facilidade,
- permitir aos participantes interagir espontaneamente, além das atividades através das atividades do curso,
- permitir aos participantes armazenar materiais pesados, durante e entre, as reuniões do curso?

Em complemento a esse conjunto de prioridades elementares de atividades estão as prioridades programáticas. Como observado anteriormente, o redesenho do "prédio Aero-Astro" do MIT é um exemplo de como o corpo docente organiza seu pensamento sobre o espaço com relação a uma rigorosa pesquisa dentro da natureza da atividade de engenharia. Mas e se a instituição quer instalações flexíveis que atendem a uma ampla gama de campos? Que ponto de partida pode facilitar a discussão de espaços pioneiros de aprendizagem físicos e virtuais? Um bom começo pode ser encontrado no quadro comparativo (framework for accountability) elaborado pela Association for American Colleges and Universities, descrevendo as cinco metas que definem uma educação liberal:

1. Habilidades elevadas de análise, de comunicação, de quantidades e de informação obtidas e demonstradas por meio do ensino em uma variedade de campos, conteúdos e meios e por estudos avançados em uma ou mais áreas de concentração
2. Compreensão profunda e experiências com práticas de investigação de disciplinas que exploram os reinos natural, social e cultural, obtidas e demonstradas por meio de estudos que constroem o conhecimento conceitual pelo envolvimento dos alunos nos conceitos e modos de investigação que são fundamentais para as ciências naturais, sociais, humanidades e artes
3. Um sentido pró-ativo de responsabilidade em escolhas individuais, cívicas e sociais, obtido e demonstrado por meio de formas de aprendizagem que conectam o conhecimento, habilidades, valores e ação pública e através da reflexão sobre os alunos nos seus próprios papéis e responsabilidades nos contextos sociais e cívicos.
4. Conhecimento intercultural e habilidades de resolver problemas de forma colaborativa, obtidos e demonstrados por meio de uma variedade de contextos colaborativos (sala de aula, comunidade, internacional e online) que preparam os alunos tanto para a cidadania democrática quanto para o trabalho.
5. Hábitos de reflexão que promovam um pensamento integrado e a capacidade de transferir habilidades e conhecimentos de uma configuração para outra, obtidos e demonstrados por meio de pesquisas avançadas e/ou projetos criativos em que os alunos assumem a responsabilidade principal de elaborar para as questões realizar uma análise e produzir trabalho de complexidade substancial e com qualidade (19).

Estas definições dizem respeito ao que os graduados podem fazer e não apenas sobre o que eles sabem. Para alcançar esses resultados ao final de sua graduação, os alunos precisam passar uma boa parte do seu tempo comunicando, calculando, indagando, tomando iniciativa no mundo externo (por exemplo, na educação comunitária), explorando outras culturas (por vezes indo realmente à outros lugares, enquanto permanecem em contato com sua instituição e com os professores), trabalhar em equipe com pessoas de outras culturas, e recompondo as vertentes do que eles aprenderam a fim de resolver problemas autênticos de suas áreas.

Se as instituições desejam alcançar ganhos demonstráveis nessas cinco metas, os alunos e professores irão precisar que suas instituições os apoiem nas várias atividades fundamentais que vão ocupar a maior parte do seu tempo:

- Eles precisam de espaço para a prática de tais atividades, isoladamente ou em equipes.
- Eles precisam de espaço para receber treinamento e avaliação.
- Eles precisam de espaço para sistematizar seus estudos obtidos por meio da combinação de leitura, audição, e visão (no original watching, forma resumida de watch TV)

Até aqui, analisamos a necessidade de espaços de aprendizagem em termos de atividades básicas e programáticas. Vários outros objetivos e restrições também devem ser considerados na investigação de novos espaços de aprendizagem. Por exemplo, salas de aula devem ser pelo menos suficientemente atraentes para tornar agradável e gratificante estar nelas. Elas não precisam ser Starbucks, mas elas também não devem ser celas de uma prisão. Melhor ainda, podem as salas de aula criar uma sensação de suspense quando os alunos entram nelas, aula após aula? Quais características um espaço pode ter para criar tal excitação e antecipação?

Outra meta para as instalações é conectividade, isto é, um sentimento de conexão com a cultura e o passado da instituição e com as profissões ou disciplinas em estudo. Tradicionalmente, isto tem sido obtido por meio de posters protegidos por vidro, quadros de professores, fotos de ex-alunos ou exposição de projetos de alunos como aviso “não toque”. Como pode a sala de aula do futuro criar um sentido melhor para conectar-se e pertencer?

O processo de adicionar valor aos espaços para elevar o seu grau de atração, tanto quanto o da sua conectividade é influenciado pelo estado atual da tecnologia, em termos absolutos, e também na forma como o atual estado da arte é compreendido em um determinado campus. Neste momento (meados de 2005) nós encontramos um modo de aumentar o grau de atração e conectividade utilizando grandes telas digitais. Na sala de aula do futuro, as telas devem ser grandes o suficiente para permitir que o aluno "entre" em outro lugar, por exemplo, em um vídeo de um ex-aluno falando sobre seu projeto, um vídeo mural (*videowall*) conectando duas salas distantes, um vídeo de uma experiência que será realizada mais tarde em aula, ou em uma exposição de artefatos que o aluno possa manipular e explorar.

Famílias de formas e de funções

Não há sentido em esperar que todos os espaços de uma instituição sejam adaptados para todos os tipos de atividades e funções descritas acima. Ao contrário, tanto por razões educacionais quanto tecnológicas, pode fazer sentido aperfeiçoar algumas instalações para determinadas funções. Ao invés de encontros na mesma sala de aula todo o tempo, turmas poderiam mudar-se de sala em sala ao longo do semestre, dependendo daquilo que os estudantes (seja como turma, seja como pequenos grupos ou trabalho individualmente) precisam fazer.

Uma tipologia para tais espaços especializados de aprendizagem poderia incluir o seguinte:

1. Espaços para pensar/conceber (espaços para deliberar);
2. Espaços para projetos (espaços para estruturar, ordenar e contextualizar idéias livres);
3. Espaços para apresentação (espaços para mostrar coisas a um grupo);
4. Espaços para colaboração (espaços que possibilitam atividades em equipes);
5. Espaços para debates e negociação (espaços que facilitam negociações);
6. Espaços para documentação (espaços para descrever e informar atividades, objetos ou outras ações específicas);
7. Espaços de para implantação/associação (espaços para reunir coisas relacionadas necessárias para o cumprimento de uma tarefa ou objetivo);
8. Espaços para treinamento (espaços para investigação de disciplinas específicas);
9. Espaços para percepção (*Sensing*) (espaços para monitoramento dos sites);
10. Espaços para operação (espaços para controle dos sistemas, ferramentas e ambientes complexos).

Qualquer espaço de aprendizagem pode ser utilizado para apoiar quase todas atividades elementares, se as pessoas estiverem dispostas a se comprometerem. Por exemplo, uma sala para seminários com uma pequena mesa redonda pode ser usada por um professor que fala sem interrupção para vinte e cinco alunos espremidos. Mas cada tipo de atividade pode ser apoiado mais facilmente por um tipo de espaço de aprendizagem do que por outros. Identificar padrões de coerência para usos e temas em que as atividades elementares tendem a ser mais comuns irá fornecer alguma estrutura para o que de outra forma seria um ensopado caótico de tecnologias.

As Faculdades e Universidades, da mesma forma, estão inseridas em um contexto social mais amplo, situadas em comunidades que demandam seus serviços e sua atenção. O conflito entre pressões internas e externas (*Internal versus External pressures*) pode soterrar as necessidades e exigências dos programas disciplinares contra os interesses e as expectativas da cidade ou município em que a instituição está. Essas exigências se traduzem em requisitos de sala de aula que se estendem para além das exigências da academia.

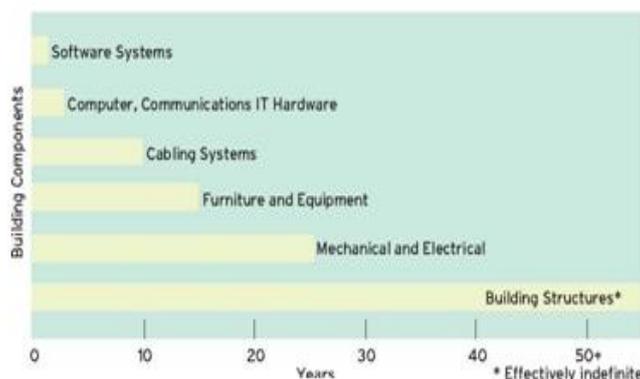
E os conflitos enfrentados pelos que projetam as salas de aulas não param por aí. Outro problema são as diferentes taxas de envelhecimento dos diversos componentes das salas de aula.

A figura 3 relaciona os componentes da sala de aula com a sua expectativa de vida útil. A faixa de variação se estende por um fator de 30, começa com os programas (previsto para durar cerca de um a três anos), passa pelo mobiliário (estimada para durar cerca de quinze anos) por sistemas mecânicos e elétricos (vinte e cinco anos) e finalmente chega para a infra-estrutura do próprio prédio (que deve durar

ao menos cinquenta anos e, provavelmente, o dobro ou mais que isso). Dito de outra forma, um prédio projetado hoje mudará seu sistema elétrico uma vez, seus móveis pelo menos duas, e seus programas quinze vezes ou mais. Então, com o que deve se parecer o prédio quando é novo?

Por essas e outras razões, a flexibilidade é crucial nos projetos de hoje. Matrículas em determinadas disciplinas podem aumentar ou reduzir. Novas áreas podem surgir. Novas formas de ensinar podem tornar-se populares. Os arquitetos precisam andar em uma corda bamba entre as instalações que são capazes de aguentar melhorias qualitativas nas atividades de ensino e aprendizagem e instalações que são também flexíveis o suficiente para se adaptar às necessidades e circunstâncias em mudança.

Figura 3
Vida útil dos componentes do prédio



Fonte: S. Kelsey, Anshen+Allen, LA, Architects.

Características das salas de aula do Futuro

Uma sala de aula do futuro bem concebida terá as seguintes características:

- A sala de aula é projetada para pessoas e não para tecnologias efêmeras. Esta é uma perspectiva consensual entre os arquitetos de hoje, mas isso se perdeu por muitos anos enquanto as exigências tecnológicas dominaram a infra-estrutura. Com a miniaturização, a concepção dos espaços pôde se reorientar e produzir conforto para as pessoas e não para as máquinas.
- A sala de aula é otimizada para determinadas atividades de ensino, ela não é apenas recheada com tecnologia. Salas de aula, laboratórios, ou salas de seminário facilitam determinadas coisas. Nós reconhecemos isso intuitivamente, mas há menos compreensão sobre quais atividades de ensino os alunos precisam se engajar, dominar, ou pelo menos serem expostos para se tornarem habilidosos praticantes de sua disciplina.
- A sala de aula permite que tecnologias possam se levadas para seu espaço, tanto quanto se construam tecnologias em seu espaço. Os aparelhos pertencentes aos estudantes precisam suportar os trabalhos acadêmicos dos estudantes.
- A sala de aula permite a tecnologia invisível e de utilização flexível. O crescente poder dos computadores diminuiu a necessidade de provisão central deste recurso; portanto, os circuitos dos computadores não são mais um recurso limitado. No entanto, a disponibilidade das salas o é. As salas de aula foram construídas para os modelos industriais de ensino, tornando-as inúteis para outras atividades humanas. A sala de aula do futuro será otimizada para um conjunto de funções e será flexível diante das exigências de mudanças.
- A sala de aula enfatizará espaços “macios” (*soft*). O modelo de ensino industrial nos conduziu a uma super iluminação, corredores rígidos, assentos fixos e superfícies rígidas. As salas não são confortáveis. Parafraseando W. C. Fields, elas dificilmente comportam um homem ou um animal.
- A sala de aula será útil vinte quatro horas por dia. Os alunos trabalham durante o dia inteiro. Não é apenas porque alguns estudantes possuem trabalhos e outros compromissos não acadêmicos; os alunos envolvidos acessarão o seu trabalho independentemente do relógio. As salas de aula do futuro deverão auxiliar os alunos quando eles estiverem capazes e prontos para fazer o seu trabalho.
- A sala de aula é dividida em zonas (*zoned*) de som e atividade. Orientações básicas para o uso múltiplo dos espaços reconhecem que os diferentes tipos de trabalho possuem diferentes implicações em espaços

para grupos. As salas de aula do futuro prestam atenção a estas diferenças, tornando o uso variado mais efetivo.

Estas características das salas de aula do futuro incorporam princípios que podem ser usados para periódicas revisões do estado do campus e para determinar prioridades para implantação de renovações e de projetos de maior dimensão.

Este tipo de avaliação formativa e planejamento foram sugeridos décadas atrás, em meados de 1970, por Christopher Alexander. Ele sugeriu que essa revisão periódica, utilizando os princípios desenvolvidos e aprovados pela comunidade, poderia permitir o crescimento orgânico e o surgimento de uma instituição que poderia auxiliar o ensino de um modo melhor e mais coerente a cada ano.

Conclusão

Nossa capacidade de imaginar a sala de aula do futuro é configurada pelas mudanças em nossas crenças a respeito dos espaços de ensino:

- Do foco da educação formal, para ênfase no ensino em ambientes formal e não-formal;
- Da visão do ensino em nível superior como sendo principalmente ouvir, ler e anotar para a visão do ensino como uma ação situada, de colaboração, de orientação e de reflexão;
- De presumir que o trabalho acadêmico e as suas recompensas são nitidamente divididos em compartimentos de pesquisa, acadêmicos, e de envolvimento com a comunidade, (ensino, pesquisa e extensão) para assumir que os espaços precisam dar suporte a uma mistura de todas essas três funções;
- Da visão que professores e estudantes como destinatários de novos espaços projetados por especialistas para a utilização de seus sonhos sobre melhores formas de ensinar e aprender para desenhar inovadores e modernos espaços de ensino;
- Da visão que o projeto e a construção de um prédio ou outros espaços de ensino como um objetivo fixo, imutável após a conclusão, para a previsão de um prédio como o início de um processo evolutivo em estado de permanente movimento e mudanças a partir das interações.

O filme *O Feitiço do Tempo* conta a história de um homem que gradualmente aperfeiçoa sua vida, enquanto é forçado a viver o mesmo dia, dia após dia, movendo-se das suas características superficiais para as questões fundamentais de seu caráter. Vivemos em um mundo de transformações rápidas, muito diferente daquele mundo do *O Feitiço do Tempo* como se pode perceber.

E, assim, por esse motivo, o tipo de reflexões que o filme retrata é ainda mais importante quando nós cotidianamente planejamos, criamos e utilizamos espaços de ensino. O que algumas vezes é chamado sabedoria do ensino (“*scholarship of teaching*”), o amplo envolvimento de professores e estudantes em um processo de investigação é um ponto essencial para projetar e usar ambientes de ensino inovadores.

Os professores, os administradores e os estudantes de uma faculdade ou Universidade deveriam periodicamente perguntar-se três questões sobre os ambientes de ensino:

1. O que nós como um curso e como comunidade estamos fazendo com os ambientes que possuímos atualmente?
2. Como podemos usar estes ambientes atuais de modo mais completo e efetivo e ensinar de formas as mais ideais possíveis?
3. Como podemos melhorar nossos ambientes de ensino para que possamos organizar o nosso ensino e nossa aprendizagem de forma cada vez melhor?

Como nós abordamos a sala de aula do futuro interativamente, nosso entendimento é que ambos, ensino e tecnologia vão melhorar.

O objetivo não é aproveitar a tecnologia para abordar a sala de aula do futuro como um ambiente de ensino ideal. O objetivo é ir além desse ideal.

Notas

1. Roger C. Schank, *Virtual Learning: A Revolutionary Approach to Building a Highly Skilled Workforce* (New York: McGraw-Hill, 1997), and Nancy Van Note Chism and Deborah J. Bickford, eds., “The Importance of Physical Space in Creating Supporting Learning Environments,” *New Directions for Teaching and Learning*, vol. 92 (winter 2002): 1.

2. A série de vídeo *Minds of Our Own* (1997) mostra entrevistas perguntando com graduandos no dia da formatura. Muitos deles são incapazes de aplicar idéias básicas que eles "aprenderam" nos cursos que tiveram, tanto no Ensino Médio quanto provavelmente no College (as in high school and probably again in college). *Minds of Our Own*, três programas de uma hora sobre construtivismo foi produzido por Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics e está disponível em Annenberg/CPB (<<http://www.learner.org/resources/series26.html>>).
3. John D. Bransford, Ann L. Brown, and Rodney R. Cocking, eds., *How People Learn: Brain, Mind, Experience and School*, Committee on Developments in the Science of Learning, National Research Council (Washington, D.C.: National Academy Press, 1999), executive summary.
4. Edgar Dale, *Audiovisual Methods in Teaching*, 3d ed. (New York: Dryden Press, 1969).
5. Bransford, Brown, and Cocking, *How People Learn*, 204.
6. Por exemplo, cursos básicos como os de 2007 do MIT, *Design and Manufacturing I* (ver <http://pergatory.mit.edu/2.007/>). O curso não somente só publicou seu conteúdo em MIT OpenCourseWare (ver <<http://ocw.mit.edu>>), mas também as próprias ferramentas de ensino e o auxílio na sua implementação estão sendo disseminados pela iniciativa iCampus MIT, promovendo a participação do corpo docente, para implantar tecnologias educacionais no ensino (Ver MIT iCampus, <<http://icampus.mit.edu>>).
7. Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson, "Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education," *AAHE Bulletin*, vol. 39, no. 7 (1987). For more on the seven principles and their relevance to teaching with technology, see the following TLT Group Web site: <<http://www.tltgroup.org/seven/home.htm>>.
8. Para informações sobre o Conceive-Design-Implement-Operate curriculum, confira "What Is CDIO?," <<http://web.mit.edu/aeroastro/www/cdio/overview.html>>, e "Welcome to the CDIO™ Initiative," <<http://www.cdio.org/index.html>>.
9. Ver Neil Gershenfeld, Raffi Krikorian, and Danny Cohen, "The Internet of Things," *Scientific American*, October 2004.
10. O Projeto Caleidoscópio (<http://www.pkal.org>) reuniu valiosos recursos e programas sobre ao projeto de ambientes que facilitam, alimentam e fortalecem a aprendizagem nos campus de ciência, de tecnologia, de engenharia e matemática. Para links sobre a intercessão entre a aprendizagem e projeto de espaços físicos consulte <http://www.pkal.org/template0.cfm?c_id=>3>.
11. Richard E. Clark, "Reconsidering Research on Learning from Media," *Review of Educational Research*, vol. 53, no. 4 (1983); Richard E. Clark, "Confounding in Educational Computing Research," *Journal of Educational Computing Research*, vol. 1, no. 2 (1985).
12. Para um bom livro sobre este par de funções de feedback, ver Gregor M. Novak et al., *Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology* (Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1999).
13. N. A. Streitz, J. Geißler, and T. Holmer, "Roomware for Cooperative Buildings: Integrated Design of Architectural Spaces and Information Spaces," in *Cooperative Buildings: Integrating Information, Organization, and Architecture*, Proceedings of CoBuild '98, Darmstadt, Germany (Heidelberg, Germany: Springer, 1998).
14. Comunicação pessoal de Jonathan Finkelstein, *Learning Times*, 12 de maio de 2005.
15. Aaron Adler, Jacob Eisenstein, Michael Oltmans, Lisa Guttentag, and Randall Davis, "Building the Design Studio of the Future," em *Making Pen-Based Interaction Intelligent and Natural*, Papers from the AAAI Fall Symposium, Arlington, Virginia, October 21–24, 2004, <<http://rationale.csail.mit.edu/publications/Adler2004Building.pdf>>.
16. Daniel M. Russell, Norbert A. Streitz, and Terry Winograd, "Building Disappearing Computers," *Communications of the ACM*, vol. 48, no. 3 (2005).
17. Para esse quadro, veja as páginas de recurso do Grupo de TLT especialmente os materiais relacionados a esta taxonomia de atividades de aprendizagem: <[Http://www.tltgroup.org/programs/Ensinar/](http://www.tltgroup.org/programs/Ensinar/)> [Smart_Classrooms.htm](http://www.tltgroup.org/programs/Ensinar/).
18. O Grupo TLT desenvolve tais pesquisas para instituições associadas. Para mais informações, contatar Stephen C. Ehrmann em <ehrmann@tltgroup.org>.

19. Association of American Colleges and Universities, *Our Students' Best Work: A Framework for Accountability Worthy of Our Mission* (Washington, D.C.: AAC&U, 2004), <<http://www.aacu.org/publications/pdfs/StudentsBestReport.pdf>>.
20. Christopher Alexander et al., *The Oregon Experiment* (New York: Oxford University Press, 1975).