



Experiência construtivista no ensino de Engenharia: disciplina de projeto

Fernando Schnaid – fernando@ufrgs.br

Grupo de Ensino Tecnológico/Núcleo de Multimídia e Educação a Distância/UFRGS
Av. Osvaldo Aranha, 99 Sala 107 - Centro
90035-190 - Porto Alegre - RS

Maria Isabel Timm – betatimm@ufrgs.br

Grupo de Ensino Tecnológico/Núcleo de Multimídia e Educação a Distância/UFRGS
Av. Osvaldo Aranha, 99 Sala 107 - Centro
90035-190 - Porto Alegre - RS

Milton Antônio Zaro – zaro@ufrgs.br

Grupo de Ensino Tecnológico/Núcleo de Multimídia e Educação a Distância/UFRGS
Av. Osvaldo Aranha, 99 Sala 107 - Centro
90035-190 - Porto Alegre - RS

***Resumo:** O artigo descreve e analisa uma experiência de aplicação do que seria um modelo pedagógico construtivista na Engenharia Civil, em aulas presenciais e a distância, apoiado no uso de hipermídia educacional composta de vídeos, livros, lâminas audiovisuais e outros recursos disponíveis em ambiente virtual, integradas a ferramentas de comunicação síncrona e assíncrona. O conjunto desta tecnologia educacional foi desenvolvido pelo Grupo de Educação Tecnológica/Núcleo de Multimídia e Ensino a Distância (GET/NMEAD), grupo multidisciplinar integrado à Escola de Engenharia e ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PGIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A experiência teve como base a formulação teórica de Jean Piaget para explicar processo de aquisição do conhecimento, através da epistemologia genética. Esta formulação foi interpretada segundo um modelo pedagógico construtivista, que posiciona o aluno no centro do fenômeno educacional. Apresenta resumidamente o conjunto de idéias de Piaget e sua interpretação, segundo o modelo pedagógico construtivista, bem como explora sua possível adaptação ao ensino de Engenharia, tratando de refletir sobre aspectos relacionados à viabilidade do uso do modelo, de forma generalizada para atender necessidades específicas do ensino de conteúdos complexos e extensos, caso da Engenharia. Descreve o material disponibilizado, bem como relata as condições de seu uso e as atividades propostas aos alunos.*

***Palavras-chave:** Ensino de engenharia, Modelos pedagógicos, Construtivismo, Positivismo, Hipermídia.*

1. APRESENTAÇÃO

A experiência foi aplicada no primeiro semestre letivo de 2002¹, pelo professor Fernando Schnaid, na disciplina Ensaios Geotécnicos, do curso de graduação e mestrado em

¹ O projeto, propriamente dito, foi produzido ao longo do mês de maio/2002 e sua implantação ocorreu nos meses seguintes do mesmo ano, com a avaliação tendo sido realizada em setembro/2002. O trabalho da equipe com relação a essa disciplina, incluindo produção de material de multimídia e outras experiências pedagógicas implantadas, incluindo ensino a distância, já estavam sendo realizados desde 1999.

Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS. Teve como ponto de partida um projeto produzido pela doutoranda Maria Isabel Timm para a disciplina Fundamentos de Psicologia Cognitiva Aplicada à Informática Educacional I, do PGIE, sob orientação da professora Léa Fagundes. Foi realizada dentro do escopo das pesquisas sobre modelos didático-pedagógicos aplicáveis ao ensino de Engenharia, que vêm sendo desenvolvidas pelo Grupo de Educação Tecnológica, criado para consolidar linha de pesquisa proposta ao referido programa de pós-graduação, sobre *Paradigmas para a pesquisa sobre o ensino científico e tecnológico*.

Historicamente, o ensino de Engenharia Civil vem sendo feito, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, através da definição objetiva dos conteúdos e de sua transmissão, pelo professor, para os alunos. Nas décadas de 60 e 70, quando foram consolidados os currículos e modelos pedagógicos dos cursos de Engenharia atuais, o professor era a fonte prioritária de conhecimentos dos alunos, quando não a única. Bibliotecas e laboratórios foram sendo agregados, ao longo do tempo, como apoio ao ensino propriamente dito, que se passava, basicamente, dentro da sala de aula, sob responsabilidade quase que exclusivamente só do professor e dos livros.

Esta é uma realidade em processo de intensa transformação, observável pelo aumento das participações dos professores em eventos de discussão sobre o ensino de Engenharia. Oliveira (2001) contextualizou os esforços que vêm sendo feitos para buscar soluções para a melhoria dos cursos de Engenharia, desde a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional em 1996. Críticas ao dispositivo legal levaram a um movimento crescente de discussão institucional, no Brasil e nos EUA. Entre as críticas ao processo educacional estão as estruturas de disciplinas fragmentadas, sem integração e sem contextualização, além do que o autor chamar considerou uma espécie de linha de montagem educacional.

“O aluno seria um ‘chassi’, que na linha de montagem vai recebendo peças (os conteúdos das disciplinas) sequencialmente, onde os montadores (professores) teriam pouca noção sobre as outras peças ou como as mesmas estão sendo incorporadas ao ‘chassi’, nos postos de trabalho anteriores, adjacentes e posteriores. Fazendo uma comparação não muito apropriada, se fosse para o aluno ‘funcionar’ imediatamente ao final da linha de montagem, o índice de rejeição’ seria altíssimo, tendo que passar por diversas oficinas de assistência técnica antes de funcionar efetivamente” (Oliveira, 2001, p. 171)

Publicações recentes, sobre o ensino de engenharia entre as quais Ludwig (2002) analisam o tema pelo olhar do modelo pedagógico, referindo o esgotamento do chamado modelo positivista, identificado este conceito pela natureza da relação de transmissão-recepção de conteúdos entre o professor e o aluno. Segundo essa interpretação, o aluno seria apenas um elemento passivo no processo basicamente centrado na ação docente. Sua superação estaria na busca de um novo enfoque pedagógico, tendo o aluno como sujeito do processo ensino-aprendizagem. O professor, segundo essa formulação, seria um participante para mediar a ação do aluno sobre os conteúdos. Com esse modelo pedagógico, seria possível dar conta da agregação de novos elementos necessários à formação do engenheiro do Século XXI: criatividade, sensibilidade, multidisciplinaridade e, sobretudo, estímulo à autonomia do aluno no seu próprio aprendizado.

O modelo pedagógico construtivista, apontado como capaz de viabilizar uma mudança estrutural no ensino de Engenharia foi construído a partir da interpretação das idéias do pesquisador suíço Jean Piaget, a respeito de como se desenvolve a aquisição de conhecimento, desde a primeira infância e ao longo de toda a vida dos indivíduos, tempo em que cada um iria construindo seu próprio universo de conhecimentos, pela sua própria ação sobre os possíveis objetos desse conhecimento. A partir dessa compreensão, os autores procuraram estudar os

conceitos da epistemologia genética e definir um processo de trabalho, que estruturou a da experiência relatada.

2. APROPRIAÇÃO DOS CONCEITOS E CONTEXTUALIZAÇÃO

Jean Piaget observou o desenvolvimento de crianças, desde o seu nascimento (Piaget, 1987), com objetivo de compreender os processos cognitivos envolvidos na aquisição de conhecimento pelos seres humanos, um tema recorrente entre os estudiosos do funcionamento dos processos mentais e, em especial, entre os pesquisadores da chamada psicologia cognitiva, que tratam de compreender os fenômenos da percepção, da aprendizagem, da memória e do raciocínio humanos. O objetivo dessa compreensão estaria exatamente na possibilidade de estimular a ocorrência, ou a velocidade ou a intensidade dos processos de aquisição de conhecimento, potencializando, dessa forma, o desenvolvimento dessas faculdades. No caso específico da aprendizagem, a compreensão do processo pelo qual os estudantes aprendem deve servir para orientar as ações dos educadores, levando-os a adotarem ações pedagógicas destinadas a estimular esse processo, através da criação de um ambiente educacional que reproduza as condições ótimas para que ocorra.

Piaget (1987, 1991, 1997, 2001)² descreve o que chamou de epistemologia genética, ou a psicogênese do aprendizado: o processo mental através do qual o ser humano agrega novos conhecimentos, integrando-os ao conjunto de suas informações e vivências anteriores. Trata-se de um modelo dinâmico de funcionamento, baseado em um olhar que compõe as circunstâncias hereditárias (a biologia e a fisiologia que compõem o organismo humano) com a dinâmica vitalícia do próprio ser humano na construção de seu conhecimento. Para Piaget (1973), a natureza do que ocorre para viabilizar a cognição é semelhante ao que ocorre com as trocas orgânicas entre o corpo humano e o meio externo. O organismo tem necessidade de *assimilar* do ambiente (ar, alimento) e por isso *age* para se *adaptar*, aprendendo, com isso, a estruturar o ambiente na forma do que lhe é ou não conveniente, como, por exemplo, mamar ou não, respirar ou não)³. O que no início obedece à lógica da ação pura e simples, através do relacionamento sensório-motor com o ambiente, irá se tornando mais complexo, à medida que as representações e operações mentais do indivíduo forem se tornando possíveis para mediar essa relação, sempre através de processos de assimilação, acomodação e organização dos novos esquemas no conjunto dos antigos esquemas.⁴

Segundo a interpretação pedagógica construtivista para o modelo de psicogênese da aprendizagem, de Piaget⁵, o aluno deve ser o sujeito do seu processo de aprendizagem. Para usufruir dessa condição, não pode apenas ficar sentado na classe anotando o que diz o professor. Deve sentir-se motivado pela curiosidade, realizando ações de exploração sobre objeto de estudo, uma postura que o levará a construir um acervo pessoal de conhecimento e não apenas aquele conjunto de informações que precisa dominar para passar na prova. Quanto à conduta do professor, o modelo não deve considerar-se como fonte principal de conhecimento à que o aluno terá acesso, mas o incentivador da busca do aluno em múltiplas

² As datas se referem às edições utilizadas, para efeitos de localização na bibliografia. As datas originais das primeiras edições são referidas na bibliografia

³ Foi utilizado o recurso de destacar com itálico - sem aspas, para evitar confusão relacionada a referências bibliográficas- palavras que representam conceitos do modelo piagetiano, embora não acompanhados da citação específica da obra (o que é feito nas citações referenciadas). O mesmo recurso também será usado para destacar expressões ou observações empíricas ainda não comprovadas pela equipe, ou expressões textuais do professor e dos alunos observados.

⁴ As obras referidas permitem o aprofundamento nas idéias de Piaget, que não será feito neste trabalho.

⁵ Refere-se à *interpretação construtivista* porque Piaget pessoalmente não elaborou um modelo pedagógico, mas apenas fundamentou as idéias a respeito do processo de como se processa o aprendizado humano.

fontes. Deverá perseguir o desenvolvimento de situações desafiadoras, para que o aluno movimente seus conhecimentos pré-existentes e perceba quais suas certezas e suas dúvidas sobre o tema, atuando para resolvê-las. Através de ações pedagógicas, o professor estará problematizando o aluno, para que surjam as dúvidas que vão gerar o movimento de curiosidade do estudante e levá-lo a tomar consciência de qual conhecimento necessita.

Em resumo, o modelo construtivista parece configurar uma idéia de natureza não exatamente procedimental, mas uma postura sobre uma prática pedagógica, em permanente processo de autoconstrução, o que pode parecer (e pareceu, no caso apresentado) estranhamente subjetivo a professores de Engenharia, uma área do conhecimento marcada pela natureza prática, aplicativa e mensurável. Segundo Moraes (2000), a idéia é a de que o professor deve comprometer-se com o paradigma do construtivismo, e isso deve significar:

“(...) adotar uma concepção de realidade em construção. E, em conseqüência, viver de acordo com isso, assumir atitudes construtivistas. É considerar-se permanentemente incompleto, inacabado e em constante construção”. (Moraes, 2000, p. 128)

2.1 Adaptação de conceitos à realidade da Engenharia

Dentro do processo de trabalho definido pela equipe, após a compreensão dos conceitos de Piaget e da interpretação de sua aplicação pelo modelo construtivista, essas idéias foram usadas para que a equipe para definir as condições da experiência, dentro da cultura educacional da Engenharia.

Aulas expositivas são a principal matriz de todo o processo educacional formal dos engenheiros, fortemente apoiadas em atividades práticas, sejam elas em laboratório (o que ocorreu a partir da década de 70, quando a pós-graduação e a pesquisa em Engenharia começaram a ser estruturadas no País), sejam em extensas listas de exercícios, muitas vezes desconectados da prática profissional cotidiana do engenheiro, mas relacionados ao conteúdo proposto, usado como ferramenta de operação e fixação dos conteúdos teóricos. Essa prática, embora possa ser considerada obsoleta, enquanto modelo pedagógico, vem sendo mesclada, ao longo da última década, com atitudes mais flexíveis por parte dos professores, embora a percepção geral é a de que as aulas expositivas continuam sendo a principal estratégia pedagógica para ensinar engenharia.

Loder (2002), buscou identificar a prática pedagógica dos professores dessa área, tendo como base a observação e questionários realizados com alunos e professores de Engenharia Elétrica. Embora nenhum professor se declarasse formalmente construtivista, de um total de 11 observados apenas dois não incentivavam a participação dos alunos em aula. E o mesmo número deles teve práticas pedagógicas associadas pela pesquisadora como parcialmente construtivistas, em sala de aula. Este resultado foi um dos elementos usados pelos autores para refletir que, mesmo sem uma comprovação empírica, *parece haver aspectos do ensino de Engenharia relacionados ao próprio saber envolvido nesta área, de natureza prioritariamente aplicável a situações práticas.* A natureza prática de Engenharia seria, *por princípio*, incompatível com a suposta recepção passiva de conteúdos por parte do aluno na sala de aula. Sugere-se que, mesmo apresentando conteúdos de forma expositiva, *em algum momento das aulas o professor é obrigado a lançar o aluno ao exercício prático do conteúdo, por si mesmo, reconhecendo suas dificuldades e superando-as, em função da própria exigência do curso.* Essa observação não invalida as análises sobre a necessidade de agregação de novos elementos à prática da exposição, apenas dimensiona a própria concepção de Engenharia, enquanto ciência aplicada e, portanto, prática, como prevalecendo, pela sua própria natureza, no processo educacional, mesmo no ensino convencional.

Ainda com base na observação da realidade vivida pelos professores de Engenharia e na própria natureza deste ensino, os autores cogitaram estender a precisão conceitual da área da Educação, propondo que o ensino de Engenharia, pelas suas características, engendraria uma espécie de *construtivismo modular*, uma vez que cada unidade do conteúdo seria a estrutura cognitiva que o aluno deve assimilar, acomodar e organizar no conjunto de suas estruturas prévias. Esse tipo de construtivismo modular poderia ser definido, portanto, como *um modelo pedagógico misto, peculiar ao ensino de Engenharia, no qual os alunos têm objetivos definidos (em cada módulo ou unidade do conteúdo), são expostos a alguma forma de acesso às informações (aulas expositivas ou pesquisa bibliográfica) e depois se lançam à utilização desse conteúdo, por conta própria, seja através de exercícios ou de laboratório*. Optou-se, portanto, por uma formulação flexível. Não seriam dadas aulas expositivas como ponto de partida para a introdução aos assuntos, mas elas poderiam ocorrer, em momentos que o professor considerasse necessário, prioritariamente a partir das dúvidas e questões trazidas pelos alunos, depois que já tivessem tomado contato com o conteúdo, através do estudo dirigido e das mídias de apoio.

A exposição dos conteúdos deveria ser feita preferencialmente de forma dialogada com os alunos, alicerçada em interrogações ao próprio aluno, e ao grupo, solicitando o posicionamento dos alunos e do grupo sobre as soluções já encontradas. Além disso, esta exposição estaria fortemente apoiada no material de multimídia já existente: dois livros, uma série de cinco vídeos (em fita, na biblioteca), clipes sobre equipamentos disponíveis on-line, conjuntos de lâminas animadas com áudio, ambiente virtual com ferramentas de comunicação síncrona e assíncrona. O conjunto dos materiais está relatado em Schnaid et alli (2001).

Feita a identificação do escopo da experiência, foram resumidos o que seriam os passos necessários à estruturação do trabalho, sempre com base na interpretação das idéias de Piaget sobre como ocorre o processo de construção do conhecimento: - identificar as estruturas mentais necessárias para a compreensão integral do conteúdo em pauta; - identificar as etapas de assimilação, acomodação e organização dessas estruturas; - localizada essa cartografia de obstáculos, criar desafios nos quais o aluno: - fique curioso pelo conteúdo; - fique consciente do que sabe sobre o assunto (estruturas prévias) e das perguntas que terá de responder para saber mais (necessidade de conhecer); - sinta-se motivado a pesquisar as soluções do desafio (agir sobre o objeto); - realmente trabalhe sobre o novo tema (assimilação); - aplique o que aprendeu, na solução do problema (acomodação, o novo conhecimento passa a fazer parte do *banco de dados* mental do aluno); - faça um feedback de todo o processo(organização)

2.2 Autoconsciência, auto-avaliação e feedback durante o processo

Foi estabelecido que seriam propostos estudos dirigidos aos alunos, contendo questões a serem respondidas com o auxílio do material disponibilizado e através de discussão gerais e de grupos. Esses estudos dirigidos foram estruturados das *unidades de conteúdo, as quais, para efeito de avaliação da experiência, foram consideradas pelo professor como as estruturas cognitivas que deveriam ser assimiladas e acomodadas* pelos alunos. As etapas de assimilação e acomodação, dentro de cada um dos grandes itens, deveriam ser identificadas ao longo da observação⁶. O processo de autoconsciência e auto-avaliação dos alunos deveria ser feito ao longo da resolução dos estudos dirigidos, em grupo, e nas reuniões de toda a turma, com base na observação do próprio professor, pela qualidade das participações orais, e na comparação com os resultados formais apresentados.

⁶ Este processo de observação não foi realizado na íntegra, devendo ter continuidade ao longo das próximas edições da experiência.

O interesse pelos conteúdos foi estimulado através da solicitação para que cada grupo se estruturasse para emular a prática real de um projeto de engenharia de fundações, no caso o projeto de ampliação das obras do Aeroporto Internacional Salgado Filho, de Porto Alegre. Cada unidade-estrutura cognitiva deveria, portanto, ser estudada em relação a uma estrutura maior, desejável, na verdade, até mesmo em função do fato de que o curso de Engenharia Civil não trabalha com a execução de todas as etapas de um projeto real, que seria, dessa forma, realizado pela primeira vez pelos grupos.

A aplicação final dos conteúdos aprendidos na forma de um projeto foi considerado o indicador da última etapa do processo cognitivo: acomodação e organização do novo conhecimento.

Para efeitos da avaliação da experiência, foram definidos alguns itens de observação, os quais foram examinados pelos alunos e pelo professor: a participação dos alunos no conjunto das atividades; a consciência e a aceitação do grupo acerca da inovação pedagógica proposta; o nível de aquisição de conhecimento, em comparação a resultados de grupos anteriores da mesma disciplina; a eficiência do material de multimídia utilizado como acesso aos conteúdos; a testagem de linguagem de tecnologias educacionais inovadoras.

3. IMPLANTAÇÃO E OBSERVAÇÃO DA EXPERIÊNCIA

A experiência ocorreu entre os meses de junho e setembro de 2002, com uma turma que juntou cerca de 25 alunos de graduação de Engenharia Civil e cerca de 15 alunos do Mestrado em Geotecnia. A integração entre alunos de níveis diferentes é uma prática já usada anteriormente, não tendo sido relacionada com a experiência pedagógica, considerando-se, entretanto, como um elemento positivo, por permitir aos graduandos o contato com alunos mais maduros e permitir aos mestrandos o exercício da atividade didática com colegas. Foram disponibilizados ao grupo os conteúdos em multimídia da disciplina, através de web-site, dois livros, vídeos, apresentações audiovisuais de som e lâminas e planilhas com resultados de ensaios. O processo de observação do conjunto da experiência foi feito parcialmente pela doutoranda referida na apresentação deste trabalho, pelo próprio professor Fernando Schnaid, e por um dos alunos, mestrando⁷ que integra o grupo de pesquisa dos autores.

A primeira aula foi dada à distância, por vídeo. O Professor apresentou a disciplina e a idéia de inovação do processo pedagógico, relacionando-a a necessidade de autonomia no aprendizado, não apenas como uma demanda do curso, mas como uma prática necessária à atuação do engenheiro. Ao longo de cerca de 15 minutos de vídeo, foram apresentados detalhadamente os ambientes virtuais, os vídeos e o livro contendo as informações sobre o conteúdo proposto, como forma de apoio didático. Especificou os objetivos do curso (o projeto de engenharia geotécnica) e da aula daquele dia (o estudo dirigido que deveria ser discutido na aula seguinte); apresentou as mídias que teriam à disposição; as exigências de horário e, sobretudo, contextualizou a importância do aprendizado de projeto na prática profissional de Engenharia.

Esta forma de apresentação da disciplina cumpriu a função de surpreender e estimular a curiosidade dos alunos, pelo conteúdo e pela forma de abordagem. Foi responsável por: 1) sensibilizar o interesse do aluno, mobilizando sua curiosidade para a relevância da engenharia geotécnica; 2) disparar o processo, identificando-o como uma experiência pedagógica de

⁷ Mestrando de Engenharia Civil Raymundo Carlos Machado Ferreira Filho, integrante do Núcleo de Multimídia e Ensino a Distância da Escola de Engenharia da UFRGS. Embora previsto no planejamento, não foram definidos indicadores capazes de quantificar o processo de evolução da experiência, tendo sido feita uma observação informal e relatos escritos dessa observação.

estímulo ao auto-aprendizado, com base em material de multimídia pré-produzido; 3) apresentação do desafio, que seria caracterizado, no caso, pela exigência de execução de um projeto baseado em um caso de obra real; 4) orientar os alunos quanto ao nível de exigência, prazos e condições em que o trabalho seria executado.

Ao longo dos encontros posteriores, os alunos chegaram à aula sempre com um trabalho realizado em grupo, com apoio no material de multimídia disponibilizado. Os alunos trabalharam em grupos e coletivamente, em aula. O ritmo do acesso ao material instrucional, conforme previsto no planejamento da experiência, foi definido pelos próprios alunos, bem como sua escolha de outras fontes. Assistiram aos vídeos individualmente ou em grupo, encaminhando dúvidas ao professor através de fórum, chat ou até mesmo em telefonemas ao professor. O ambiente das aulas foi dedicado prioritariamente a discussões sobre o conteúdo. A primeira consideração a esse respeito é a de que, em si, esta é uma postura inovadora em relação ao universo do ensino de Engenharia, em que a prática usual é apenas a de exposição de conteúdos seguida de exercícios. Além disso, há um ganho imediato na postura dos alunos, *que não esperavam pelo professor para começar a estudar*.

Os encontros, em geral, começavam com a pergunta do professor de *quem usou o quê?*, referindo-se ao material disponibilizado. Aos poucos, recebia questionamentos dos alunos sobre as dificuldades encontradas ao fazer o estudo dirigido. Muitas vezes o professor remetia a dúvida dos alunos ao grupo e, em caso de respostas discrepantes, fazia uma espécie de votação entre, por exemplo, *sim*, *não* e *talvez*, surgidas no grupo. Nesses casos, o professor pautava as decisões remetendo a outras variáveis do projeto, e a conhecimentos anteriores, para justificar a tomada de decisão sobre uma ou outra resposta. Também relacionava as dúvidas às questões ligadas ao fazer profissional. Por exemplo, ao sintetizar os itens que seriam necessários para o início de um projeto, supondo que os alunos tivessem sido contratados para o caso de obra proposto (ampliação do Aeroporto Internacional Salgado Filho, de Porto Alegre), o professor vai indagando quais os problemas que os alunos identificam. A primeira pergunta é: *No conjunto da obra, o que faz o engenheiro geotécnico?* Segue com o que poderia ser considerada uma estratégia para extrair informações que fazem parte do conhecimento prévio do próprio aluno (método socrático). A cada informação dos alunos, vai desenhando no quadro, por exemplo, a carga prevista para a estrutura. Nova pergunta: *Não precisa de água, luz, etc?* A resposta dos alunos contém mais uma parte do que seria a utilização da infra-estrutura, com serviços, que precisam ser dimensionados. Nova pergunta: *O que eu preciso para projetar cada coisa dessas? O que é preciso saber sobre aterro?* A partir das respostas dos alunos, ressalta a importância da caracterização do aterro e a necessidade de estabelecer os possíveis problemas e quais os parâmetros de comportamento, informações que o equipamento em estudo naquele dia (SPT) pode fornecer.

A postura do professor, de forma compatível com o previsto pela experiência construtivista, permitiu que os alunos tomassem consciência dos conceitos que já possuíam, a partir da rememoração de outras disciplinas e do que acessaram pelo material disponibilizado. Dessa forma, estaria mediando sua relação com os novos conteúdos apresentados. Além disso, tornou possível a instalação de um feedback em tempo real sobre o processo de raciocínio do aluno, para a sua observação e para a auto-observação do próprio aluno, ao tomar consciência de todas as variáveis envolvidas no processo de construção de seu conhecimento sobre o tema, examinando inclusive possibilidades de decisões não adequadas. O objetivo dessa prática foi fazer com que o aluno tomasse consciência dinamicamente de todas as variáveis envolvidas no projeto e sua inter-relação no conjunto do conteúdo, com base em questões práticas, que dimensionam a tomada de decisões do projeto.

4. QUEIXAS CONTRA “ESSE CONSTRUTIVISMO”

A experiência foi sendo encaminhada nos moldes dos exemplos citados acima, com os alunos trabalhando em grupos, a partir dos estudos dirigidos propostos pelo professor a cada semana, com espaços coletivos para debate, esclarecimento de dúvidas e apresentação de conteúdos de forma variada, por vezes na forma de mídias, outras na forma de perguntas e respostas, outras na forma de exposição do professor ou dos próprios alunos (cada mestrandando deveria se encarregar de uma aula). A rigor, esse andamento foi mantido sem traumas até que o grupo atingiu um determinado ponto do conjunto de conteúdos em que a exigência de conhecimentos teóricos é reconhecidamente maior. Especificamente, esse ponto foi atingido quando o grupo passou ao estudo dos Pressiômetros, cujo funcionamento exige conhecimento razoável de Teoria de Expansão de Cavidades, com uma matemática suficientemente complexa para exigir considerável dedicação, raciocínio e abstração.

Nesse momento, o grupo passou por uma compreensível turbulência, que foi atribuída, por alguns alunos, a *esse construtivismo* proposto. Durante o encontro do grupo, na semana em que deveriam ter realizado o estudo dirigido relacionado com Pressiômetros, os alunos iniciaram um debate em aula, cobrando aulas expositivas do professor. Em especial, uma aluna expressou insegurança e desconforto com o modelo não-convencional. A queixa da aluna: *Eu não fui educada em colégio construtivista, eu não quero modelo construtivista, eu quero aulas...* Curiosamente, o próprio grupo começou a debater as vantagens e desvantagens do modelo pedagógico adotado pelo professor. Um aluno referiu que *nunca aprendi tanto em todo o curso*. Muitos, entretanto, disseram preferir esse sistema às aulas convencionais. A interpretação dos autores para esse episódio relaciona-se à dificuldade do próprio conteúdo, especificamente naquele ponto da matéria onde a exigência do esforço era maior. Supõe-se que alguns alunos sentiram-se inseguros quanto à sua própria capacidade de compreender os conteúdos envolvidos, preferindo que o professor se encarregasse de destrinchar as complexidades, de forma a facilitar a compreensão. Este seria mais um dos argumentos a favor da montagem de modelos híbridos, tanto para evitar os desgastes da relação professor-aluno no processo de aprendizagem, quanto como forma de facilitar o contato dos alunos com conteúdos extremamente complexos. Sugere-se que o professor planeje seus cursos conhecendo de antemão esses momentos estratégicos (possivelmente seriam identificados como os momentos de passagem à assimilação de novas estruturas cognitivas, como propôs Piaget), compondo para esses momentos um conjunto de exposições e de material de apoio, contendo inclusive revisão de conteúdos.

5. AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA: OBSERVAÇÕES GERAIS

Todas as apresentações dos trabalhos finais da disciplina, os projetos realizados sobre a obra do Aeroporto Internacional Salgado Filho, foram surpreendentemente corretas e seguras, sendo considerado pelo professor que todos os objetivos propostos do ponto de vista cognitivo foram atingidos por todos os grupos. Isso significa que: - os alunos compreenderam o problema proposto (fazer um projeto); - compreenderam os conhecimentos envolvidos no diagnóstico e solução desse problema (a visualização dos fenômenos físicos e a sua respectiva representação matemática), lançando-se à pesquisa daqueles que não faziam parte de seu repertório já existente de conhecimentos; - integraram esse conjunto de conhecimentos em um cenário de interação das variáveis do problema e de suas possíveis soluções. Houve uma única desistência entre um grupo de aproximadamente 40 alunos.

Os trabalhos finais apresentados pelos grupos de alunos foram variados no seu conteúdo e na forma de abordagem da proposta feita pela disciplina, que era a de realização de um projeto completo da área de engenharia geotécnica, relacionado à obra de ampliação do

Aeroporto. Alguns grupos realizaram exatamente essa atividade, dentro de suas múltiplas possibilidades de abordagem; outros realizaram projetos geotécnicos de outras obras, em outros locais; e outros ainda realizaram apenas os ensaios propostos para o diagnóstico do solo, ou compararam vários deles. Essas atividades, entretanto, foram acordadas com o professor, ao longo dos trabalhos feitos pelos alunos nos estudos dirigidos. Todos os grupos apresentaram resultados finais solidamente fundamentados na teoria, resultados precisos nas observações feitas para diagnosticar as condições do subsolo e, sobretudo uma sólida evidência de aplicação dos conteúdos tratados em aula, seja pelo domínio da linguagem, seja pela consistência das justificativas. O mesmo cuidado com a precisão da linguagem e clareza de objetivos pôde ser observado durante as apresentações finais, feitas para todo o grupo. Sugere-se que a dinâmica das discussões feitas ao longo da disciplina serviu como exercício prático de segurança de expressão em grupo e comunicabilidade, habilidades descritas como desejáveis na prática da engenharia contemporânea, onde o trabalho se fundamenta em equipes. Os trabalhos foram apresentados oralmente, com apoio em lâminas eletrônicas (.ppt), que exigiram um planejamento de recursos de apoio a essa comunicação com o grupo, possivelmente estimulados pelo ambiente multimídia que cercou a experiência, durante todo o tempo.

5.1 **Avaliação pelo professor** (O conjunto de observações a seguir foi produzido a partir das avaliações pessoais do professor.)

5.1.1 Perguntas freqüentes:

Algumas perguntas comuns em outros anos não apareceram desta vez, ou pelo menos não com a mesma freqüência de anos anteriores. A interpretação para isso foi a de que os alunos, ao fazer uso do material de apoio disponibilizado, que inclui uma sessão de perguntas freqüentes, se viu induzido a refletir sobre as questões, previamente às aulas de discussão.

5.1.2 Aquisição de conteúdo

Não houve prejuízo em relação aos resultados encontrados em outros anos. Todos os alunos atingiram um nível mínimo desejável à aprovação.

5.1.3 Domínio do jargão técnico

Nas primeiras aulas, os alunos não conseguiam usar a linguagem técnica. Ao longo da disciplina, demonstraram um perceptível amadurecimento no uso e na familiaridade com os termos técnicos relativos aos conteúdos da disciplina.

5.1.3 Dinâmica do aprendizado

Os alunos foram colocados em diferentes situações. A situação de *apresentação formal* dos conteúdos deveria ocorrer na forma de solução das dúvidas geradas pelo estudo dirigido entregue na semana anterior, uma forma não usual no ensino de Engenharia Civil da UFRGS. Nem todos os alunos, principalmente os da graduação, identificaram esse momento como de *apresentação de conteúdos* e, durante esses encontros gerais, houve manifestações de descontentamento com o que seria uma nova cultura de aprendizado autônomo, não conhecida e não desejada. Sugere-se que modelos puramente construtivistas sejam mais eficientes com alunos maduros. Quanto à *complementação da apresentação de conteúdos através do material disponibilizado* (web-site, vídeos, livros), todos os alunos realizaram esse

momento do aprendizado. Não houve casos de alunos que tenham deixado de responder ou que tenham referido não acessar o material. Também buscaram outras fontes diferentes daquelas ofertadas pelo professor, como por exemplo, a consulta a alunos de doutorado. As *aulas de discussão*, que ocorreram só para os alunos de Mestrado, apresentaram um alto nível de crítica dos assuntos tratados e também propiciaram o surgimento de assuntos paralelos. Foram o ambiente de maior troca, apesar de que os alunos, quando chegavam à aula, estavam estressados em função das dificuldades encontradas para o domínio básico dos conteúdos. Ao longo da aula havia muita participação e ao final mostravam alívio e claro entendimento dos fundamentos teóricos colocados.

5.2 Avaliações feitas pelos alunos

Foram distribuídos dois questionários, um para os alunos de Mestrado e outro para alunos de graduação, com itens relacionados aos itens definidos anteriormente para avaliação. Também houve um espaço da avaliação dedicado a opiniões pessoais, em cada item e no geral de pontos positivos e negativos da experiência. Foram devolvidos dez questionários respondidos por alunos de graduação e 18 por mestrandos. Os resultados serão apresentados sumariamente, em função da disponibilidade de espaço. As tabelas estão disponíveis em <http://www.nmead.ufrgs.br/publicações>.

Quanto ao material disponibilizado, os vídeos foram considerados ótimos por quatro alunos de graduação; bons por outros quatro; ruim por um aluno e não foi usado também por apenas um aluno. O web-site foi considerado ótimo por quatro alunos; bom por cinco alunos; e médio por um aluno. Nenhum aluno considerou-o ruim e também não houve referência de não terem usado. Os livros foram considerados ótimos por três alunos; bons por cinco alunos, médio por um aluno; e ruim por um aluno. Não houve informação de aluno que não houvesse usado os livros indicados.

Foi muito maior a proporção de alunos de mestrado que respondeu a essa situação de forma entusiasmada: oito alunos disseram que o material estava ótimo, e nove consideraram que estava bom. Lembrando-se que um bom número de alunos de graduação considerou que foi uma solução média, supõe-se que os alunos de mestrado já estejam mais maduros e, portanto, tem um perfil mais compatível com uma solução do tipo aula à distância, sem a presença física do professor. A mesma justificativa pode ser dada ao fato de que os livros e o site foram os mais citados na preferência desses alunos (12 respostas *ótimo* para cada um; seis respostas bom para o site; cinco para o livro; nenhuma para *médio* ou *ruim*). Possivelmente, o livro e o site na Internet foram as principais fontes de pesquisa dos alunos de mestrado. A interpretação geral da resposta dos alunos é a de que o material disponibilizado foi satisfatório, útil ao auto-aprendizado e estimulante aos alunos.

O item da avaliação sobre aprendizado do aluno procurou detectar a percepção do aluno sobre sua própria experiência. As respostas dos alunos de graduação indicam que nove alunos (em dez) consideram ter aprendido mais na experiência construtivista, em relação às aulas convencionais. (Apenas um indica ter aprendido menos.) Quanto à participação, quatro alunos consideraram ter participado muito mais; três disseram ter participado mais; e três responderam ter participado menos. Entre os alunos de mestrado, cinco relataram ter aprendido muito mais, enquanto 11 informaram ter aprendido mais e apenas um disse ter aprendido menos.

Considerou-se que a grande maioria dos alunos aprendeu e participou mais dos encontros relacionados à experiência construtivista do que em relação às aulas convencionais. Além disso, a interpretação dessas respostas indica que todos perceberam que existia uma diferença de natureza no processo pedagógico proposto.

Houve seis manifestações pessoais de alunos de mestrado sobre esse item, a maioria das quais (quatro) referentes à natureza das aulas expositivas ou não, o que dá uma boa dimensão da importância desse assunto, mesmo para alunos maduros. Um deles, inclusive, citou exatamente o momento do trabalho em que foi preciso uma aula que chamou “formal”, porque o conteúdo era muito difícil para ser dominado individualmente. Trata-se exatamente do estudo sobre Pressiômetro, citado anteriormente na observação da experiência, como sendo o momento em que alguns alunos reclamaram do construtivismo. Uma outra opinião corrobora a opinião dos autores, para refletir sobre esses casos: *Mesmo com uma maior participação no tipo de aulas dadas, não se exclui a necessidade de terem-se aulas do tipo convencional*. Na verdade, ambos os modelos – expositivo e auto-construído - de apresentação de conteúdos contêm vantagens e desvantagens, podendo, segundo parece no momento aos autores, ser integrados, em favor de uma maior eficiência. Os comentários pessoais sobre estilos preferidos de aprendizagem referem a importância da interação entre todas as formas. Uma resposta, em especial, resume a conscientização do aluno sobre o pressuposto construtivista de aprendizagem: *Quando o aluno realmente está pesquisando, procurando solucionar suas dúvidas, pesquisando na bibliografia, é quando se aprende efetivamente*.

Em nível geral, as respostas dos alunos foram razoavelmente simétricas às avaliações feitas pelo professor (e apoiadas pelos observadores), com destaque para a intensidade da participação de todos os alunos, apesar de algumas queixas e desconfortos. Também reforçaram as observações do professor sobre a importância da interação, através de pequenos grupos. E justificaram a necessidade de produção de um material de apoio didático eficiente e consistente com a complexidade dos assuntos. Como balanço geral, foi solicitado que os alunos listassem pontos positivos e negativos da experiência. Entre os alunos de graduação, foram citados 16 pontos positivos, contra 7 pontos negativos, o que, em uma observação simplista, poderia indicar de imediato que a experiência foi bem sucedida. Entre os pontos positivos relacionados com os objetivos da experiência, estão: auto-aprendizado; trabalhos voltados à vida profissional; incentivo à busca de conhecimento; grande ligação entre a prática e a teoria; discussão de situações reais; execução de projetos; estudo dirigido é atividade útil. Entre os pontos negativos, a reclamação de que algumas questões levantadas nas discussões do grupo não eram “fechadas” (aspas do aluno) pelo professor de maneira clara e objetiva. Um aluno informou que em alguns momentos teve dificuldade de resolver os problemas, considerando que nesses casos, seria necessária uma aula formal.

Seria impossível decidir, nesse momento, se as deficiências citadas são relacionadas com a existência de estruturas mentais já formadas pelo ensino de Engenharia, que indisponibilizam o aluno à aceitação de um aprendizado autônomo, ou se realmente é necessário que cursos dessas áreas tenham sejam suficientemente flexíveis para poder ofertar *também* aulas formais, além de propostas construtivistas. Entre os mestrandos, o desequilíbrio numérico também é evidente à primeira vista: há 23 pontos positivos e 13 negativos. Entre os primeiros, sete se referiram à qualidade do material de multimídia; sete relacionaram aspectos ligados à prática profissional; três enfocaram o estímulo ao auto-aprendizado e à independência em relação ao professor; e os demais se diluíram em itens relacionados à convivência agradável com o professor, à integração com o grupo, à versatilidade das aulas e outros. Entre os pontos negativos citados pelos mestrandos houve cinco opiniões relacionadas com a situação de aula não-convencional, ou seja, a mesma queixa relativa à falta de aulas

expositivas, já comentadas. As outras opiniões foram relacionadas a questões gerenciais, como horário, falta de aulas práticas e outras.

6. CONCLUSÕES

A experiência procurou levantar elementos de compreensão sobre os fundamentos teóricos e as possibilidades práticas de aplicação do modelo construtivista para alunos da disciplina Investigação Geotécnica. Mais do que conclusões definitivas, a experiência permitiu refletir sobre as possibilidades de apropriação dos conceitos teóricos de Piaget e das interpretações desses conceitos na formulação de um modelo pedagógico focado no aluno e na sua participação ativa na construção de conhecimento. Ao longo do tempo em que a experiência foi realizada, foram debatidas as observações práticas. Ao final da experiência, concluiu-se que: a) o ensino de Engenharia tem especificidades que precisam ser resguardadas no planejamento de atividades didático-pedagógicas, relacionadas à complexidade dos conteúdos, os quais vêm sendo estruturados ao longo de muito tempo, sendo impraticável abrir mão de situações de exposição de conteúdos, de forma organizada e estruturada; b) é necessário incorporar (ou em alguns casos consolidar) à prática pedagógica de Engenharia atividades de natureza construtivista, de forma a garantir a consolidação dos conhecimentos abordados através de iniciativas individuais; c) a apresentação dos conteúdos pode e deve ser feita de forma múltipla e complementar, ora apoiada sobre a exposição do professor, ora em material didático de boa qualidade, incluindo livros e múltiplas mídias eletrônicas, incluindo vídeos e Internet; e) é possível basear a apresentação de conteúdos, pelo professor, em estratégias dialogadas, como por exemplo na forma de perguntas em que os alunos vão desenvolvendo por si mesmos os raciocínios necessários à compreensão dos conteúdos, ou na forma de relato de casos, nos quais os alunos podem identificar os raciocínios necessários; f) é necessário estabelecer estratégias de ensino integradoras de múltiplos domínios e conteúdos, como é o caso da realização de projetos, que sintetiza a própria atividade prática da Engenharia; g) é possível e necessário flexibilizar a noção de modelo pedagógico, seja ele construtivista ou positivista, uma vez que ambos os conjuntos de práticas pedagógicas contêm estímulos de natureza distintas, porém fundamentais à estruturação de competências, habilidades e abstrações necessárias ao aluno de Engenharia; h) são necessárias pesquisas mais aprofundadas para melhor informar os professores dessa área a respeito das reais possibilidades de cada modelo, bem como da formulação de modelos especificamente voltados à necessidade do ensino de Engenharia, baseados em paradigmas cognitivos e no perfil desejável do aluno dessa área.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKER, Fernando. **Aprendizagem e ensino: contribuições da Epistemologia Genética. Formação do Engenheiro. Desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica.** Florianópolis, Ed. Da UFSC., 1999.
- LODER, L. L. **Epistemologia versus pedagogia. O lócus do Professor de Engenharia.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação/UFRGS. Orientador: Prof. Fernando Becker, Porto Alegre, 2002.
- MORAES, Roque. **Construtivismo e Ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas.** EDIPUCRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2000
- PIAGET, J. **A construção do real na criança.** Ed. Ática, São Paulo, 2001.
- PIAGET, J. **Psicologia e Epistemologia.** Nova Enciclopédia, Lisboa, 1991.
- PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança.** LIC Editora, 4a. ed., Rio de Janeiro, 1987.



PIAGET, J. **Ciências e Filosofia**. In: Os Pensadores. Abril Cultural, SP, 1983.

PIAGET, J. **Biologia e Conhecimento**. Ed. Vozes, São Paulo, 1973.

SCHNAID, F.; TIMM, M.I.; ZARO, M.A. & FERREIRA Fº, R.C.M. **Multimídia e Ensino à Distância na Engenharia Civil – Disciplina de Investigação Geotécnica**. XXIX Cobenge. Porto Alegre, 2001.