

Projeto e Uso de Objetos de Aprendizagem: Explorando as Dimensões Afetiva e Cognitiva

Alberto Bastos do Canto Filho, José Valdeni de Lima, Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação – UFRGS
Porto Alegre, Brasil
{alberto.canto@, valdeni@inf, liane@penta}.ufrgs.br

Resumo

A contribuição deste trabalho é a apresentação de uma metodologia para o desenvolvimento e utilização de Objetos Aprendizagem (OAs). É apresentado um experimento através da aplicação da metodologia proposta conseguindo resultados que demonstram evidências de que é possível definir princípios gerais de projeto ao mesmo tempo em que são desenvolvidos OAs eficazes e eficientes.

Palavras chave: Objetos de Aprendizagem, Aprendizagem Autônoma, Princípios de Projeto

Abstract

The contribution of this paper consists of introducing a methodology to develop and use Learning Objects. It's presented an experiment to which such methodology was applied obtaining results show evidences that is possible to be outlined general principles at the same time as efficient and effective Autonomous Learning Objects are developed.

Keywords: Learning Objects, Autonomous Learning, Design Principles.

1. Introdução

Uma parte significativa da literatura relacionada à educação em engenharia refere-se ao objetivo de melhoria do ensino e aprendizagem de determinados temas específicos como eletrônica de potência, por exemplo [1][2][3][4], ou a métodos mais gerais, tais como o uso de “blended learning” [5][6][7]. Muitas

destas propostas estão focadas no ganho de eficácia¹ de aprendizagem, sem dar ênfase para uma eventual carga adicional de trabalho docente, quando comparado a metodologias tradicionais. Os impactos econômicos de novas alternativas de ensino e aprendizagem são especialmente relevantes nos países em desenvolvimento, que necessitam melhorar sua educação, mas possuem restrições orçamentárias. Cita-se como exemplo o Brasil, cujo recente crescimento econômico tem encontrado dificuldades de sustentação devido à falta de profissionais qualificados [8]. Os esforços para aumentar o número de vagas em cursos de engenharia brasileiros tem resultado em aumento da relação alunos/professor e na ocupação das novas vagas por estudantes com lacunas formativas relacionadas às etapas preliminares ao ensino superior, resultando num incremento dos índices de reprovação e evasão. Isto é, corre-se o risco de o investimento em novas vagas para ingressantes tenha um resultado inexpressivo em termos de concluintes [9]. O uso de tecnologia para obter ganhos de eficácia e eficiência² no ensino e aprendizagem é uma alternativa que vem ganhando relevância na área de engenharia. Não obstante algumas iniciativas tal como a criação da “IEEE Learning Technology Standards Committee” (LTSC) [10], ainda falta muito para que o uso de tecnologia na educação de engenheiros se torne uma realidade concreta.

A necessidade de redução dos elevados índices de evasão existentes nos cursos de engenharia levou ao desenvolvimento da metodologia apresentada neste trabalho, que tem por objetivo identificar um conjunto de princípios de projeto de objetos de aprendizagem

¹ Eficácia é definida como a extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados alcançados [11]

² Eficiência é a relação entre o resultado alcançado e os recursos utilizados [11].

capazes de propiciar ganhos de eficácia e eficiência no desempenho educacional.

2. Trabalhos Relacionados

Um dos objetivos educacionais de qualquer curso de engenharia é a capacitação para o projeto; no entanto, nem todas as disciplinas são abordadas segundo uma abordagem baseada em projeto. Existem três motivos para que os cursos de engenharia façam uso intensivo da aprendizagem receptiva e turmas com muitos alunos, especialmente nas disciplinas iniciais:

- econômicos: um único docente atende a um grande número de alunos;
- curriculares: com uma grande densidade de conteúdos apresentados semanalmente, os docentes temem não conseguir apresentar todo o conteúdo previsto caso adotem métodos indutivos de aprendizagem por descoberta [12];
- eficiência: segundo Ausubel [15] o método de aprendizagem significativa por recepção é a forma mais eficiente de aquisição de conhecimento.

Observa-se, no entanto, que o tamanho da turma pode afetar a eficácia dos métodos de aprendizagem por recepção. Estudos de Bloom [16] mostram que a tutoria individual é capaz de obter resultados até dois sigmas superiores aos resultados obtidos em aulas expositivas ministradas para turmas com trinta estudantes. Infelizmente, os elevados custos da tutoria individual a caracterizam como um método de elevada eficácia, mas baixa eficiência, o que inviabiliza a sua adoção em larga escala.

No contexto de formação de engenheiros, onde a autonomia é uma competência essencial [17], “Objetos de Aprendizagem Autônoma” (OAs) podem ser utilizados para estimular a autonomia. Possibilitam também utilizar elementos da tutoria individual e aprendizagem por descoberta ao mesmo tempo em que um número maior de alunos é atendido, sem que isto represente resultado em incremento de custos variáveis tais como horas docentes ou espaço físico. Nas seções a seguir serão apresentados alguns referenciais teóricos utilizados na metodologia proposta.

2.1. Estilos de Aprendizagem

Diversos autores têm estudado as características individuais que definem o aprendiz: (1) Dunn define “estilo de aprendizagem” como a forma como os indivíduos começam a se concentrar, processam, internalizam e retêm informações acadêmicas [18]; (2) Felder e Brent [19] definem “estilo de aprendizagem” como a forma característica como os estudantes tomam e processam a informação; (3) Grimley et al [20][21] utilizam a expressão “Estilo Cognitivo” como a

abordagem que o indivíduo normalmente utiliza quando processa informação.

Não obstante a diversidade de definições, os modelos propostos possuem como característica comum a análise de fatores (chamados de dimensões por alguns autores) que influenciam a forma como cada indivíduo aprende.

A teoria do aprendizado experimental (ELT – Experimental Learning Theory) [22], propõe que o aprendizado ocorra em ciclos indutivos/dedutivos, nos quais as observações concretas são a base de reflexões das quais resultam conceitos abstratos (ciclo indutivo). Estes conceitos por sua vez são utilizados em projetos e experimentação ativa (ciclo dedutivo). Neste modelo são consideradas duas dimensões, conforme apresenta a Fig. 1. O estilo individual é caracterizado pela preferência em atuar em um dos quadrantes deste ciclo (sublinhado a nomenclatura de Kolb e negrito a nomenclatura de Honey e Mumford [23]).

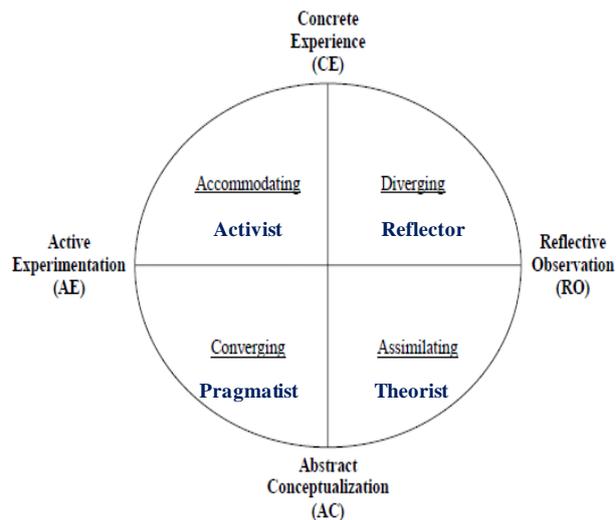


Fig. 1 Ciclo de Aprendizagem de Kolb (adaptado de [22])

Riding et al [20][21] utilizam a expressão Estilo Cognitivo e trabalham com um sistema bidimensional:

- dimensão verbal-imaginária, que identifica a forma preferencial como o indivíduo representa as informações quando pensa
- dimensão global-analítica, que identifica a preferência individual por integrar informações como um todo ou separar o todo em suas partes constituintes.

O modelo de Felder e Silverman [24] opera com quatro dimensões:

- retenção da informação (Visual-Verbal);
- percepção da informação (Sensorial-Intuitivo);
- processamento da informação (Ativo-Reflexivo);
- organização da informação (Sequencial-Global).

O modelo de Butler [25] foi desenvolvido a partir de uma única dimensão de processamento de informação, que considera a forma de pensar das partes para o todo (Linear) ou do todo para as partes (Holístico). Esta dimensão foi subdividida em cinco Estilos: Realista, Analítico, Pragmático, Pessoal e Divergente.

2.2. Arquitetura Cognitiva Humana

Diversos trabalhos [26][27][28][29][30][31][32] apresentam princípios de projeto fundamentados na “Teoria da Carga Cognitiva”, que é descrita por Van Merriboer e Sweller [28] a partir da arquitetura cognitiva humana (Fig. 2). São considerados três tipos de memória: memória sensorial, memória de trabalho e memória de longo prazo.

Embora a memória de longo prazo possua capacidade virtualmente infinita, ela somente pode ser acessada através da memória de trabalho, que é limitada quanto a sua capacidade e tempo de retenção. Tipicamente, o ser humano consegue lidar em sua memória de trabalho com cinco a nove elementos de informação simultaneamente; este número se reduz para um valor entre dois e quatro quando há necessidade de algum tipo de processamento (organizar, comparar, ou qualquer outro tratamento) [28]. Elementos de informações novos (adquiridos através da memória sensorial) possuem ainda uma característica volátil, pois são perdidos cerca de 20 segundos após o último acesso.

Alguns princípios de projeto propostos na literatura têm por objetivo diminuir o risco de sobrecarga cognitiva, como por exemplo:

- reduzir o número de elementos tratados simultaneamente;
- eliminar elementos de informação não pertinentes (Princípio da Coerência)

- evitar que seja necessário procurar informações que deveriam estar próximas (Princípio da Continuidade Espacial).

O “Princípio da Continuidade Temporal” afirma que a apresentação simultânea da explanação e animação é mais efetiva do que a apresentação sequencial, o que é explicado pela característica volátil da memória de trabalho.

Baddeley [33] destaca a existência de canais independentes de processamento de informações, associados aos modos sensoriais individuais: um canal para lidar com esquemas visuais ou espaciais e outro canal para lidar com as informações auditivas, especialmente a voz. O uso destes dois canais possibilita o tratamento de um número maior de elementos de informação simultâneos, o que está em consonância com as propostas de multimodalidade [31] e com o “princípio multimídia” [32].

2.3. Motivação

A relevância dos aspectos cognitivos não deve minorar o fato de que o estudante somente aprenderá se estiver adequadamente motivado[34]. Ryan e Deci [35] apresentam uma abordagem qualitativa, que faz uso de uma escala de autodeterminação crescente. Os níveis mais altos de autodeterminação estão associados às vontades próprias do estudante e resultam numa abordagem de aprendizagem mais profunda [36][37][38][39][40]. Em contraposição encontra-se a motivação extrínseca com regulação externa, da qual resulta uma abordagem superficial, em que o estudante utiliza estratégias de minimização de esforço, tais como a simples memorização. Cabe ressaltar que a pior situação possível é aquela em que o estudante não possui motivação alguma.

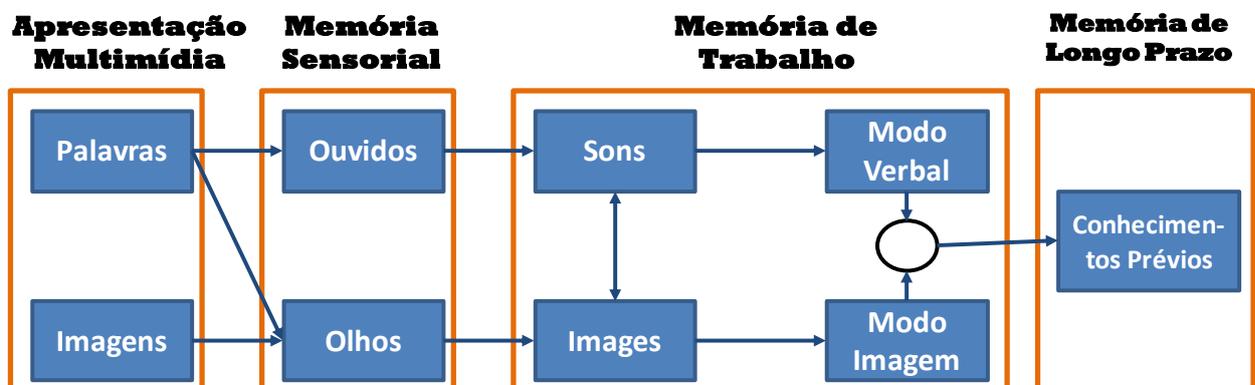


Fig. 2 Arquitetura Cognitiva Humana (adaptado de [31])

3. Método

A Fig. 3 mostra o método utilizado nesta pesquisa. Partindo de referencial teórico sobre princípios de projeto multimídia para educação e da experiência docente no curso de engenharia elétrica, foi especificado um conjunto de especificações construtivas e de utilização de OAs que resultasse num aprendizado mais eficaz para os estudantes não adaptados aos métodos tipicamente utilizados em cursos de engenharia (ET – Ensino Tradicional). Estas premissas foram utilizadas para o desenvolvimento de um OA aplicado no experimento, cujos resultados são utilizados para o aperfeiçoamento da metodologia proposta. Trata-se de um desenho experimental próprio, no qual os resultados de análises quantitativas são analisados qualitativamente, identificando-se potenciais causas relacionadas.

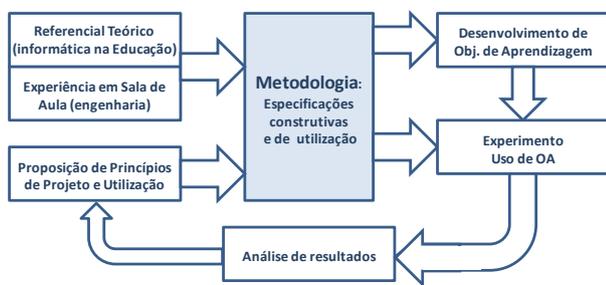


Fig. 3. Metodologia de Pesquisa

Após completar dois ciclos de melhoria, foram definidos os princípios de projeto e utilização de OAs, que são apresentados nas seções a seguir.

3.1. Princípio Fundamental do Projeto e Utilização de OAs

Projeto e uso adequado de OAs devem considerar particularidades relacionadas ao público alvo e ao tema abordado. O seu roteiro, construção e utilização definirão a sua eficácia, isto é,

Objetos de Aprendizagem poderão tornar o processo de ensino e aprendizagem mais eficientes e eficazes, mas somente o farão se projetados e utilizados de forma adequada.

3.2. Princípio dos Subsunoçores

O princípio dos subsunoçores é um postulado da Teoria do Aprendizado Significativo de Ausubel [15]:

OAs são mais eficazes quando aplicados a estudantes que possuam subsunoçores em quantidade e qualidade adequados aos objetivos educacionais estabelecidos.

Nos sistemas tradicionais de ensino de engenharia, o grande número de estudantes por turma inviabiliza o ajuste de roteiro à estrutura cognitiva individual. No entanto, assim como na tutoria individual, este ajuste

pode ser realizado quando se trabalha com OAs, conforme apresenta a Fig. 4.

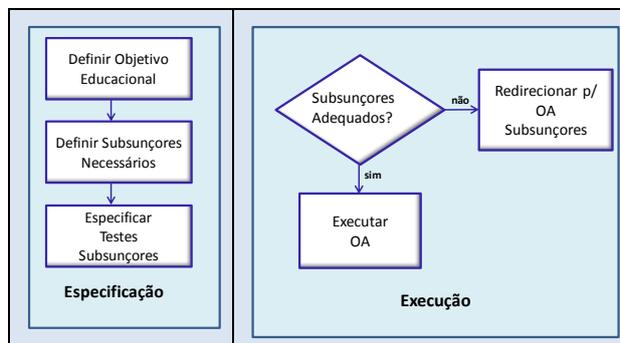


Fig. 4 Fluxogramas de especificação e execução de OAs

A prática de resgate dos conceitos subsunoçores antes da apresentação de novas proposições pode acelerar o processo de aprendizagem significativa, trazendo para a memória de trabalho os conceitos nos quais as novas proposições podem ser ancoradas. As investigações aqui apresentadas têm utilizado seqüências do tipo “resgate-questão-exposição”: resgate dos conceitos subsunoçores nos quais serão ancoradas as novas proposições; apresentação de uma questão que estimule a reflexão e realização das operações necessárias para o aprendizado significativo; exposição de novos conceitos e métodos associados à solução da questão [13][14].

3.3. Princípio da Segmentação de Conteúdos

A segmentação de um objetivo educacional complexo em objetivos mais simples possui diversas vantagens, tanto na etapa de projeto como na utilização:

Objetos de Aprendizagem segmentados em objetivos parciais proporcionam maior velocidade de desenvolvimento, maiores possibilidades de reutilização, e reduzem os riscos de sobrecarga cognitiva.

3.4. Princípio do Ajuste de Ritmo

O ritmo de apresentação de proposições deve propiciar tempo para que o estudante realize as diversas operações envolvidas no aprendizado significativo tais como resgatar os conceitos subsunoçores da memória de longo prazo, realizar reflexões e resolver as diferenças encontradas [15]. Nos sistemas tradicionais, o ritmo de apresentação das novas proposições é o mesmo para todos os alunos, podendo ser muito alto para alguns estudantes, resultando numa sobrecarga cognitiva, ou muito lento para outros, que correm o risco de dispersar sua atenção. A utilização de OAs permite que se introduza uma pausa após a apresentação de cada segmento, dando tempo ao estudante para que realize as operações necessárias para o aprendizado significativo antes de dar continuidade ao aprendizado.

Permite também que o estudante reveja a apresentação da proposição:

OAs são mais eficazes quando permitem que o estudante aprenda no seu próprio ritmo.

3.5. Princípio da Dimensão Afetiva

Estudos de diversos autores [34][35][36][37][38][39] relacionam a abordagem profunda de aprendizagem à motivação dos estudantes:

OAs especificados e utilizados com uma perspectiva afetiva são mais eficazes do que aqueles que não o são.

OAs possuem diversas opções relacionadas à motivação dos estudantes, que vão desde a introdução de elementos de aprendizagem por descoberta até a utilização de jogos de aprendizagem [41][42][43]. Além disso, em casos de falta de motivação intrínseca, existe a possibilidade de utilizar a correção automática para implementar sistemas de avaliação que explorem a motivação extrínseca por nota.

3.6. Princípio da Escala de Utilização

Nos sistemas tradicionais o equilíbrio econômico segue uma lógica de custos variáveis, isto é, quanto maior o número de estudantes maior o número de turmas e, conseqüentemente maiores os custos docentes e de espaço físico. A utilização de OAs segue uma lógica econômica diferente, na qual é necessário um investimento inicial para o desenvolvimento dos OAs, mas sem custos relevantes associados ao número de estudantes:

A viabilidade econômica dos OAs depende da escala de utilização.

Os princípios de projeto aqui apresentados foram desenvolvidos e aperfeiçoados através de melhorias incrementais obtidas através do método apresentado na Fig. 3. Na seção a seguir serão apresentados os materiais utilizados neste processo.

4. Materiais

A investigação sobre princípios de projeto de objetos autônomos de aprendizagem trabalhou com um OA que aborda o tema “Sistemas Numéricos – Números Binários”. Este tema é normalmente apresentado em uma aula expositiva de duas horas, e possui como pré-requisitos conhecimentos elementares de divisão e exponenciação; a escolha deste tema teve por objetivo garantir a homogeneidade dos grupos investigados, em termos de subsunçores. O OA foi desenvolvido no ambiente Microsoft Silverlight (RIA application); utilizou-se o padrão SCORM [44] para desenvolvimento de interface padrão como o LMS Moodle, no qual são salvas as respostas e informações de estado, além de suprir o OA com algumas informações tais como o nome do estudante.

O roteiro básico utilizado no projeto do OA foi o mesmo roteiro apresentado em aulas expositivas, considerado estabilizado por haver sido aperfeiçoado ao longo de mais de dez semestres, durante os quais a observação da postura corporal e dos questionamentos foi utilizada como realimentação para melhoria da didática para a introdução de aspectos motivacionais.

A implementação do OA fez uso de princípios de projeto propostos pela literatura e dos princípios apresentados neste trabalho. O OA foi segmentado em “Proposições Básicas”, cuja apresentação possui duração em torno de vinte segundos e abordam um número máximo de quatro proposições simultâneas. Após a apresentação de cada Proposição Básica, o estudante dispõe do tempo que necessita para realizar os processamentos relacionados ao aprendizado significativo e posteriormente dar continuidade à execução do OA. São utilizadas sequências do tipo resgate-questão-exposição: cada tópico inicia com o resgate de conceitos subsunçores; posteriormente é apresentada uma questão instigadora, cuja solução necessita uma diferenciação dos conceitos resgatados; finalmente, são apresentados os conceitos diferenciadores. Trata-se de uma abordagem de aprendizagem por descoberta guiada, que tem por objetivo estimular o estudante a realizar as reflexões necessárias para o aprendizado significativo.

O OA opera em dois modos:

- modo aprendiz: executado na primeira vez; neste modo os conteúdos são executados sequencialmente; inicialmente são apresentadas animações com narração, ao final das quais as informações verbais são apresentadas na forma escrita;
- modo revisão: disponibilizado após a primeira execução, possui menus que permitem o acesso aleatório; as proposições são apresentadas inicialmente com um texto escrito, havendo a possibilidade rever a animação com narração. Esta especificação tem por objetivo contemplar as observações de Van Merriboer e Sweller [28] de que a multimodalidade (animações com narração) não é eficiente quando já existe domínio do conteúdo apresentado.

O recurso “questionário” do LMS Moodle foi utilizado para realização de pesquisa de opinião sobre o OA.

A avaliação de conhecimentos foi realizada através de uma prova presencial, contendo questões fáceis, médias e difíceis sobre o tema abordado.

Na seção a seguir serão descritos os procedimentos utilizados para avaliação da eficácia deste OA.

5. Procedimentos

Investigou-se a viabilidade da metodologia proposta através de um experimento próprio, que combinou uma metodologia quantitativa com uma análise qualitativa. Nesta investigação foram envolvidos 109 estudantes matriculados na disciplina Técnicas Digitais, cursada no terceiro semestre dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil). A investigação foi dividida em duas etapas diferenciadas em função do tipo de motivação para os estudos. A primeira etapa foi chamada de “Aprendizagem Natural” (AN) porque os estudantes não foram informados sobre a realização do teste de conhecimentos, e a segunda etapa foi chamada de “Aprendizagem Forçada” (AF), porque se utilizou o sistema de avaliação da disciplina como fator de motivação extrínseca para o aprendizado. Em cada etapa os estudantes foram divididos em dois grupos: o grupo OA (que utilizou o objeto de aprendizagem) e o grupo ET (que assistiu à aula tradicional), resultando nas quatro combinações apresentadas na Fig. 5.

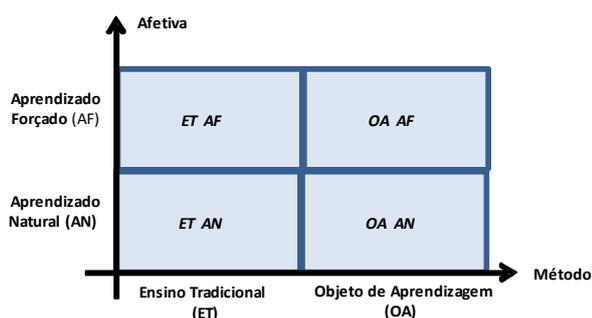


Fig. 5. Dimensões do Experimento

A primeira etapa envolveu 63 estudantes. Na semana seguinte à apresentação do conteúdo, os dois grupos foram submetidos a um teste de conhecimentos, realizado sem comunicação prévia (avaliação da aprendizagem natural).

A segunda etapa envolveu outro grupo de estudantes (n=46), que foram previamente comunicados sobre a realização de um teste na semana seguinte à apresentação do conteúdo. Esta etapa foi chamada de “Aprendizagem Forçada” pelo fato dos estudantes serem estimulados a uma maior atenção na apresentação dos conteúdos e à revisão dos mesmos antes da prova.

Após cada uma das etapas, foi realizada uma pesquisa de opinião dos estudantes que aprenderam utilizando OAs.

A análise de resultados considerou apenas os estudantes com índice I3³ inferior a 75%, considerados não ajustados ao sistema tradicional. A análise estatística foi realizada considerando dez estudantes de cada um dos grupos (ET_AN, AO_AN, ET_AF e AO_AF).

O índice I3 foi utilizado para verificar a homogeneidade dos grupos quanto ao seu desempenho no curso. Foi realizado um teste de Levene para evidenciar que não há diferenças significativas de variâncias entre os quatro grupos, obtendo-se um nível de significância $p < 0,99$.

Também um teste ANOVA foi realizado para verificar se não existem diferenças significativas dos I3 médios dos grupos. Os resultados obtidos neste teste indicam que a hipótese nula deve ser aceita ($p < 0,9$)

Após a análise de homogeneidade quanto ao desempenho no curso, foram analisados os resultados dos testes de conhecimento frente aos diferentes métodos de ensino e aprendizagem utilizados em cada grupo. Esta análise é apresentada na seção 6, a seguir.

6. Resultados e Discussão

Nesta seção, os resultados dos testes de conhecimentos (TC) serão analisados como uma variável dependente do método de ensino (OA ou ET) e do estímulo externo para o estudo (AN ou AF).

Foi realizado um teste de Levene para investigar a homogeneidade das variâncias dos quatro grupos. A Tabela 6-1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 6-1. Teste de Levene (TC)

Sources	df	F	P value
Between Groups	3	2.47	0.077
Within Groups	36		

Observa-se que o valor de P se encontra numa região de fronteira, isto é, a hipótese de homogeneidade de variâncias será aceita caso se utilize um nível de confiança de $p < 0,05$, mas será rejeitada se for adotado um nível de confiança $p < 0,1$.

Com o objetivo de identificar as variâncias que se destacam das demais, foi aplicado o teste de Levene dois a dois, obtendo-se os valores apresentados na

Tabela 6-2. A comparação das análises de cada par foi realizada considerando-se um limite de intervalo de confiança $\alpha' = 0,0127$, que corresponde a um limite $\alpha = 0,05$ corrigido pelo fator de correção de Dunn/Sidák ($\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/k}$) para a comparação de quatro grupos ($k=4$). Segundo estes critérios, identificou-se a

³ O índice I3 é um indicador utilizado pela instituição para medir o desempenho médio do estudante no curso.

existência de diferença significativa de variância entre os OA_AF e ET_AN (marcado em negrito e sublinhado na

Tabela 6-2).

Tabela 6-2. Teste de Levene: Comparação dois a dois

	p Value
<u>OA_AF x ET_AN</u>	<u>0,016</u>
OA_AF x OA_AN	0,028
OA_AF x ET_AF	0,034
OA_AN x ET_AN	0,782
OA_AN x ET_AF	0,863
ET_AF x ET_AN	0,934

Como pelo menos uma das condições necessárias para a realização de testes paramétricos não foi atendida, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Os resultados deste teste são apresentados na Tabela 6-3 e mostram evidência de que pelo menos uma das medianas é diferente das demais ($p < 0.05$)

Tabela 6-3. Kruskal-Walis test

H	9,78
df	3
p	0,021
α	0,05
sig	yes

Para identificar a mediana que se destaca das demais o teste Kruskal-Walis foi utilizado para comparar as amostras duas a duas, gerando os resultados apresentados na Tabela 6-4.

Tabela 6-4. Kruskal-Walis: comparação dois a dois

	H	p-value
<u>OA_AF x ET_AN</u>	<u>8,25</u>	<u>0,004</u>
OA_AF x OA_AN	0,32	0,571
OA_AF x ET_AF	0,09	0,762
<u>OA_AN x ET_AN</u>	<u>5,67</u>	<u>0,017</u>
ET_AN x ET_AF	4,81	0,028
OA_AN x ET_AF	0,02	0,880

A comparação dos pares foi realizada considerando o limite do intervalo de confiança corrigido pelo fator de correção de Dunn/Sidák. Identificaram-se diferenças significativas entre os resultados dos grupos

OA_AF e ET_AN ($p < \alpha'$; $\alpha=0.05$; $\alpha' = 0,0127$) e entre os resultados dos grupos OA_AN e ET_AN ($p < \alpha'$; $\alpha=0.1$; $\alpha' = 0.026$). A Fig. 6 ilustra as diferenças entre as médias e desvios padrões dos grupos investigados.

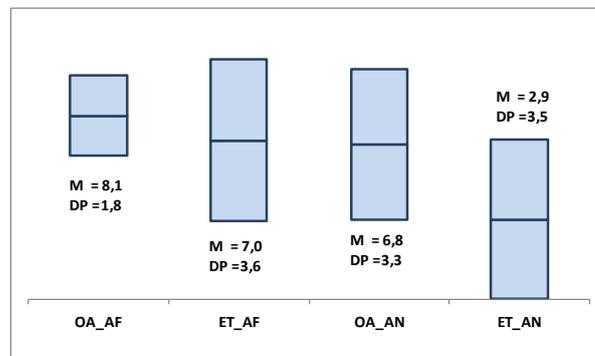


Fig. 6. Resultados por grupo (Teste de Conhecimentos)

Observa-se que todos os grupos tiveram um desempenho médio superior ao do grupo de controle ET_AN. O grupo OA_AF obteve resultados médios mais elevados e mais homogêneos que o grupo ET_AN.

Os resultados estão coerentes com a realidade dos estudantes que não se ajustam o sistema típico de ensino de engenharia. Citam-se como possíveis causas desta falta de ajuste:

- falta de subsunçores em quantidade e qualidade adequada;
- falta de motivação;
- fatores logísticos;
- falta de ajuste entre o estilo de ensino e o estilo de aprendizagem.

A seguir, será feita uma análise qualitativa sobre as diferenças encontradas.

6.1. Quantidade e Qualidade dos Subsunçores

A quantidade e qualidade dos conceitos subsunçores onde ancorar as novas proposições são consideradas por Ausubel [15] como os principais requisitos para o aprendizado significativo. Segundo este raciocínio, diferenças cognitivas individuais entre os integrantes dos grupos poderiam justificar as diferenças nas médias e variâncias. Como o tema abordado no experimento exigia como pré-requisito apenas o conhecimento de operações de divisão e exponenciação, acredita-se que as diferenças individuais relacionadas aos subsunçores não influenciaram os resultados da investigação.

6.2. Motivação

A falta de motivação dos estudantes é um dos principais fatores responsáveis pela evasão e retenção em cursos de engenharia. Diferentemente do domínio cognitivo, raramente o ingressante possui dificuldades

decorrentes de falta de motivação. No entanto, ocorre um rápido declínio desta motivação inicial entre os estudantes que tem dificuldades para acompanhar o curso.

Embora se possa questionar sobre a profundidade do aprendizado cuja motivação é a nota, observou-se que o uso do sistema de avaliação como fator de motivação externa (AF) resultou num desempenho médio superior, quando comparado com o grupo de controle (ET_AN). Quando analisados sob a teoria da autodeterminação [35] estes resultados reafirmam que a condição de motivação extrínseca com controle externo é melhor do que a situação em que não há motivação alguma. Por outro lado, não há unanimidade sobre a qualidade do aprendizado motivado por controle externo; alguns autores consideram que o tipo de abordagem é uma característica individual dos estudantes, que podem preferir sempre utilizar a abordagem superficial, a abordagem profunda ou uma abordagem estratégica [40]. Devido à alta quantidade de conteúdos dos cursos de engenharia, muitos estudantes utilizam a abordagem estratégica para alcançar seus objetivos, adotando preferencialmente uma abordagem superficial de aprendizagem, mas adotando uma abordagem profunda sempre que o sistema de avaliação assim o exigir. Uma das vantagens dos OAs é a possibilidade de incorporar questões corrigidas automaticamente que venham a ser exploradas como fator de motivação externa, portanto sem a demanda de espaço físico e horas docentes para correção ou aplicação dos testes. Trata-se de uma realidade diferente daquela que foi explorada no experimento aqui apresentado, que realizou um teste presencial corrigido pelo docente. O poder motivacional de testes inseridos no próprio objeto de aprendizagem deve ser investigado em estudos futuros, pois há dificuldades para propor questões que sejam executadas à distância, corrigidas automaticamente e que possam servir como uma evidência confiável de aprendizado significativo.

Observe na Tabela 6-4 que, mesmo sem o estímulo externo da avaliação (AN) constatou-se uma diferença significativa entre médias dos grupos OA_AN e ET_AN ($p < 0.1$). Os resultados encontrados nesta comparação podem possuir uma componente afetiva, conhecida como efeito Hawthorn [45]. Isto é, a participação no experimento pode ter afetado positivamente os estudantes que participaram do grupo OA_AN. A real condição de aprendizagem natural utilizando OA somente poderá ser apurada após a implementação de um curso completo com esta modalidade, tema a ser investigado em pesquisas futuras.

6.3. Fatores Logísticos

A possibilidade de aprendizagem “a qualquer hora, em qualquer lugar” é um dos pontos positivos do uso de

OAs. Trinta e cinco estudantes que aprenderam utilizando OA responderam à pesquisa de opinião sobre a sua experiência. Destacam-se duas questões relacionadas a fatores logísticos: (a) 77% respondeu que a flexibilidade de horários ajuda a aprendizagem (b) 66% respondeu que executou o OA em horário que se sente mais disposto para estudar do que o horário da aula.

Um dos aspectos identificados na pesquisa diz respeito ao “tempo de deslocamento” que pode chegar até a 2 horas por dia na cidade sede do curso onde foi feita esta investigação; nestes casos o ensino a distância apresenta vantagens por proporcionar uma maior disponibilidade de tempo para estudo ou lazer.

6.4. Estilo de Ensino e Estilo de Aprendizagem

O principal fator responsável pelas diferenças encontradas através do experimento realizado é o nível de personalização do ensino. Foram selecionados para esta investigação apenas estudantes com desempenho médio de curso inferior a 75%, que não se ajustam ao sistema tradicional de ensino de engenharia. O uso de tecnologia permite um maior nível de personalização, decorrente da aplicação dos princípios de projeto citados. Destaca-se aqui o “princípio de ajuste de ritmo”, que permite que cada estudante execute o OA segundo o seu ritmo de aprendizagem, dispondo do tempo necessário para realizar suas reflexões, o que não ocorre na aula expositiva tradicional. Um caso particular de ajuste de ritmo diz respeito à abordagem de aprendizagem por descoberta guiada utilizada no OA (resgate-questão-exposição); o uso de OAs permite que a questão seja corrigida “em tempo real”, e que a exposição seja iniciada imediatamente após o estudante haver respondido à questão; também este tipo de abordagem não poderia ser adotado em sistemas tradicionais devido à dificuldade de realizar a correção em tempo real e aos diferentes tempos que cada estudante necessita para responder à questão. Adicionalmente, os OAs permitem que o estudante reveja o material tantas vezes quanto desejar, enquanto no sistema tradicional esta opção necessitaria que o estudante se expusesse frente ao grupo, solicitando que o conteúdo fosse reapresentado.

Paralelamente, algumas boas práticas das aulas presenciais podem também ser incorporadas aos OAs, tais como a apresentação simultânea de materiais no modo verbal-auditivo e não-verbal-visual (multimodalidade).

7. Conclusão

A questão central da investigação apresentada foi a identificação de alternativas tecnológicas para o atendimento de um número maior de estudantes de engenharia, mantendo padrões de qualidade sem

acréscimo de horas docentes ou espaço físico. A metodologia utilizada explorou OAs para implementar em larga escala alguns procedimentos que, em sistemas tradicionais, somente são possíveis na tutoria individual. Adicionalmente, a utilização de OAs permite trabalhar a autonomia, competência essencial na engenharia [17]. A metodologia utilizada baseou-se em um experimento que incluiu o desenvolvimento e utilização de um OA. Os resultados do experimento foram utilizados como feedback, num processo que resultou em duas categorias de melhoria incremental: (a) melhorias do OA propriamente dito; (b) melhorias do processo de desenvolvimento e utilização de OAs, expresso na forma de um conjunto de princípios gerais de projeto e utilização. Os resultados encontrados com o experimento evidenciam a possibilidade de utilização de OAs para obtenção de ganhos de eficácia e eficiência educacionais.

A relevância da participação de engenheiros nos processos de ensino e aprendizagem cresce na mesma proporção em que a tecnologia passa a ser integrada a estes processos, sinalizando a necessidade de revisão curricular de alguns cursos de engenharia nos quais já não é suficiente aprender tecnologia, ou aprender com tecnologia [46]: é necessária a capacitação para o desenvolvimento de tecnologias aplicadas à gestão do conhecimento [47], especialmente nos países em desenvolvimento que, tanto no contexto escolar como empresarial, possuem restrições orçamentárias para a identificação, aquisição, desenvolvimento, utilização e retenção do conhecimento.

Agradecimentos

Agradecemos às agências governamentais de fomento à pesquisa CAPES e CNPQ, e ao professor Luiz Fernando Ferreira pelo apoio à realização do experimento.

Referências

- [1] E.C. dos Santos Junior, E.R.C.da Silva, Power Block Geometry Applied to the Building of Power Electronics Converters. Education, IEEE Transactions on, vol. 56, no 2,p. 191 – 198, (2013).
- [2] Abramovitz, A., Teaching Behavioral Modeling and Simulation Techniques for Power Electronics Courses. Education, IEEE Transactions on, vol.54, no.4, p.523,530, (2011).
- [3] Mohan, N.; Jain, A.K.; Jose, P.; Ayyanar, R., Teaching utility applications of power electronics in a first course on power systems, Power Systems, IEEE Transactions on, vol.19, no.1, p.40,47, (2004)
- [4] Hurley, W.G.; Chi Kwan Lee, Development, implementation, and assessment of a web-based power electronics laboratory, Education, IEEE Transactions on, vol.48, no.4, p.567,573, (2005).
- [5] Alonso, F.; Manrique, D.; Martinez, L.; Vines, J.M., How Blended Learning Reduces Underachievement in Higher Education: An Experience in Teaching Computer Sciences, Education, IEEE Transactions on, vol.54, no.3, p.471,478, (2011) .
- [6] Chen, H.-H.; Chen, Y.-J.; Chen, K.-J., The Design and Effect of a Scaffolded Concept Mapping Strategy on Learning Performance in an Undergraduate Database Course, Education, IEEE Transactions on , vol.PP, no.99, p.1,1, (2012)
- [7] Hoic-Bozic, N.; Mornar, V.; Boticki, I., A Blended Learning Approach to Course Design and Implementation, Education, IEEE Transactions on , vol.52, no.1, p.19,30, Feb. (2009).
- [8] Cortimiglia, M.N.; Frank, A.G.; Miorando, R.F., ICT Trends in Brazil, IT Professional , vol.14, no.4, p.31,38, (2012)
- [9] Canto A. B.; Loder L. L. Engenheiros : quantidade X qualidade. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), vol., no., p.1-10, (2010).
- [10] IEEE Learning Technology Standards Committee, <http://ieeeltsc.org>, (2013).
- [11] Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário, ABNT - Associação Brasileira de Normas Tecnicas, NBR ISO 9000:2005, (2005).
- [12] Prince M. J.; Felder, R. M. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases, Journal of Engineering Education, vol. 95, no. 2, p. 123–138, (2006).
- [13] Canto, A. B. ; Lima, J. V.; Tarouco, L. M. R. . Objetos de Aprendizagem Indutiva: Um Estudo de Caso. In: Octavas Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, Valdivia. Octavas Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje, p. 71-82. (2013).
- [14] Canto, A. B.; Lima, J. V.; Ferreira, L. F.; Tarouco, L. M. R. Tecnologia, Descoberta e Recepção: um Estudo de Caso. In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE 2013, 2013, Gramado - RS. 2013.
- [15] Ausubel, D. P.; Novak J. D.; Hanesian, H., Educational Psychology: A Cognitive View, 2 ed., Ed. New York, USA, Rinehart and Winston, (1968).
- [16] Bloom, B. S. The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring, Educational Researcher, Vol. 13, No. 6, p. 4-16. (1984).
- [17] Canto, A B, Lima, Lima J V, Ferreira, L F, Bercht, M, Tarouco, L M R. Recomendações de projeto de objetos de aprendizagem: em busca da autonomia

- na aprendizagem,. In: Congreso Internacional de Informática Educativa, vol. 8. p. 315-323, (2012).
- [18] Dunn, R.; Beaudry J. S.; Klavas A. Survey of research on learning styles, *Educational Leadership*, vol. 46, no.6, p. 50-58, (1989).
- [19] Felder, R. M.; Brent, R. Understanding student differences, *Journal of Engineering Education*, vol. 1, no. 94, vol. 1, p. 57-72, (2005).
- [20] Grimley, M.; Riding R. Individual differences and web-based learning in Cognitive and emotional processes in web-based education: integrating human factors and personalization, Mourlas,C.; Tsianos, N.; Germanakos, P., Ed. Hershey, New York, USA: Hershey: IGI Global, ch. 1, p. 1-24.(2009).
- [21] Riding, R.; Cheema, I., Cognitive style – an overview and integration, *Educational Psychology*, vol. 11, no 3-4, p. 193-215, (1991).
- [22] Kolb D. A.; Boyatzis, R. E.; Mainemelis C., *Experiential Learning Theory: Previous Research and New Directions*, in *Perspectives on cognitive, learning, and thinking styles*, Sternberg, R. J.; Zhang L. F., Ed. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum, ch. 9, p. 193-210, (2000).
- [23] Honey, P. I., Munford. A., *The Learning Styles Helper's Guide*, Maldenhead Berks: Peter Honey Publications, (2000).
- [24] Felder, R.M.; Silverman, L.K., *Learning and teaching styles in engineering education*, *Engineering Education* vol. 78, no. 7 p. 674–681, (1988).
- [25] Butler, K. A., *Estilos de aprendizagem: as dimensões psicológica, afetiva e cognitiva*, Porto Alegre, RS, Brazil, Eitora da UFRGS, (2003).
- [26] Sweller, J., Cognitive load during problem solving: Effects on learning, *Cognitive Science*, vol. 12, p. 257-285, (1988).
- [27] Sweller, J.; van Merriënboer J. J. G.; Paas F. G. W. C., *Cognitive architecture and instructional design*, *Educational Psychology Review*, vol. 10, no.3, p. 251–296, (1998).
- [28] van Merriënboer J. J. G.; Sweller, J., *Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies*, *Medical Education*, vol. 44, p. 85-93, (2010).
- [29] Paas F. G. W. C.; Renkl, A.; Sweller, J., *Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments*, *Educational Psychologist*. vol. 38, no. 1, (2003).
- [30] Low, R.; Sweller, J., *The modality principle in multimedia learning*., in *Cambridge handbook of multimedia learning*, R. Mayer, Ed. New York, USA: Cambridge University Press, ch. 9, p. 147–158, (2005)
- [31] Moreno, R.; Mayer, R., *Interactive multimodal learning environments*, *Educational Psychology Review*, vol. 19, no. 1, p. 309–326, (2007).
- [32] Mayer, R. E., *Cognitive Theory of Multimedia Learning*., in *Cambridge handbook of multimedia learning*, R. Mayer, Ed. New York, USA: Cambridge University Press, ch. 3, p. 31-48, (2005).
- [33] Baddeley, A. D., *Working memory*, *Current Biology*, vol.23 no. 4, p.136-140, (2010).
- [34] Canto, A B; Lima, J V; Ferreira, L F; Bercht, M.; Tarouco, L. M. R., *Objetos de Aprendizagem no Apoio à Aprendizagem de Engenharia: Explorando a Motivação Extrínseca*, *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, vol. 11, p. 1-10, (2012).
- [35] Ryan R. M., Deci, E. L., *Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being*, *American Psychologist*, vol. 55, no. 1, p. 68–78, (2000).
- [36] Baeten, M.; Kyndt, E.; Struyven, K.; Dochy, F., *Using student-centred learning environments to stimulate deep approaches to learning: Factors encouraging or discouraging their effectiveness*, *Educational Research Review*, vol. 5, no. 3, p. 243-260, (2110).
- [37] Kyndt E.;Dochy, F.; Struyvena, K.; Cascallara, E., *The direct and indirect effect of motivation for learning on students' approaches to learning through the perceptions of workload and task complexity*, *Higher Education Research & Development*, vol.30, no. 2, p. 135-150, (2011).
- [38] Vansteenkiste M.; Lens W.; Deci E., *Intrinsic Versus Extrinsic Goal Contents in Self-Determination Theory: Another Look at the Quality of Academic Motivation*, *Educational Psychologist*, vol.41, no. 1, p. 19-31, (2006).
- [39] Sternberg, R. J.; Zhang L.E., *Perspectives on thinking, learning and cognitive styles*, , ed. ., Mahwah, NJ: Erlbaum. (2001).
- [40] Marton, F.; Hounsell D.; Entwistle N., *The Experience of Learning*, 2nd ed.,Edinburgh, Ed. Scottish Academic Press, (1997).
- [41] B. D. Coller and M. J. Scott, *Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering*, *Comput. Educ.*, vol. 53, no.3, pp. 900–912, (2009).
- [42] J. Robertson and C. Howells, *Computer game design: Opportunities for successful learning*, *Comput. Educ.*, vol. 50, no. 2, pp. 559–578, (2008).
- [43] Bin-Shyan Jong; Chien-Hung Lai; Yen-Teh Hsia; Tsong-Wuu Lin; Cheng-Yu Lu, *Using Game-Based Cooperative Learning to Improve Learning Motivation: A Study of Online Game Use in an Operating Systems Course*, *Education, IEEE Transactions on*, vol.56, no.2, pp.183,190, (2013).

- [44] The SCORM Run-Time Environment, <http://xml.coverpages.org/SCORM-12-RunTimeEnv.pdf>, (2001).
- [45] Parsons H. M. What Happened at Hawthorne?, Science, vol. 183, no. 4128, p. 922-932, march (1974).
- [46] Jonassen, D.; Howland, J.; Marra, R.; Crismond, D. Meaningful Learning with Technology. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, (2008).
- [47] Probst, G.J.B.; A1 - Raub, S.; Romhardt, K. Managing Knowledge: Building Blocks for Success, Ed. Chichester, England: John Wiley & Sons, (2000).

Endereço de contato dos Autores:

Alberto Bastos do Canto Filho
Av. Oswaldo Aranha, 103
Porto Alegre-RS
Brasil

José Valdeni de Lima,
Liane Margarida Rockenbach Tarouco
Av. Paulo Gama, 110
prédio 12105
3º andar sala 334
Porto Alegre-RS
Brasil

Alberto Bastos do Canto Filho

Professor Adjunto da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação - UFRGS.

José Valdeni de Lima

Professor Associado no Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor e pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação – UFRGS.

Liane Margarida Rockenbach Tarouco

Professora titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pesquisadora e docente junto ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação.
