

PESQUISA EXPERIMENTAL PARA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DA HABILIDADE DE VISUALIZAÇÃO ESPACIAL EM FERRAMENTA INOVADORA DE REALIDADE VIRTUAL PARA O ENSINO DE GEOMETRIA DESCRITIVA

Rodrigo Duarte Seabra¹

Resumo

Devido à dificuldade inerente à compreensão e o aprendizado de Geometria Descritiva aliada à falta de desenvolvimento das habilidades espaciais de grande parte dos estudantes ingressantes em cursos de Engenharia, foi desenvolvida uma ferramenta didática inovadora (GD@RV), fazendo-se uso de técnicas de Realidade Virtual, para apoiar o ensino do tema. Os principais efeitos do uso do sistema nas aulas tradicionais de Geometria Descritiva indicaram que os três grupos de estudantes analisados apresentaram melhoras no desenvolvimento de suas habilidades espaciais. No entanto, não foi possível detectar diferença estatisticamente significativa pela análise dos ganhos médios proporcionados pelos tratamentos diferenciados empregados na pesquisa experimental. Além da avaliação quantitativa, a pesquisa envolveu a aplicação de uma avaliação qualitativa, que indicou melhor aceitação da ferramenta pelos estudantes, se comparada aos métodos convencionais de ensino. Os resultados obtidos mostraram que a tecnologia utilizada se apresenta como uma boa alternativa a ser explorada em sala de aula contribuindo para a aprendizagem do tema.

Palavras-chave: habilidade de visualização espacial; geometria descritiva; pesquisa educacional.

Abstract

Due to the difficulty of understanding and learning of Descriptive Geometry combined with the lack of development of spatial abilities of most entering students in the engineering courses, we developed an innovative didactic tool (DG@VR), by making use of techniques of Virtual Reality, to support the teaching of the theme. The main effects of system usage in traditional classes of Descriptive Geometry indicated that the three groups of students showed improvements in the development of their spatial abilities. However, no statistically significant difference was verified by analysis of the mean gain provided by the different treatments used in the experimental research. In addition to the quantitative evaluation, the research involved the application of a qualitative evaluation, which indicated the tool was better accepted by students, if compared to the conventional methods of teaching. The obtained results showed that stereoscopic technology is a good alternative to be used in the classroom, contributing to the learning of the theme.

Keyword: spatial visualization ability; descriptive geometry; educational research.

¹ Doutor, Centro
Universitário Filadélfia -
UniFil,
rodrigo.seabra@unifil.br,
rdsea@hotmail.com

1. Introdução

Visando o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial (HVE) dos estudantes ingressantes em cursos de Engenharia e afins, foi desenvolvida uma ferramenta didática inovadora (SEABRA; SANTOS, 2009a) para apoio ao ensino de Geometria Descritiva (GD), baseada em técnicas de Realidade Virtual, em especial a estereoscopia. A ferramenta desenvolvida, batizada de GD@RV, destina-se a permitir a execução dinâmica de construções geométricas tridimensionais, possibilitando a criação de situações espaciais pelo usuário, neste caso, o professor em sala de aula. Com o objetivo de incrementar a percepção das relações espaciais entre os elementos representados, foi adotada a projeção estereoscópica passiva, o que permite aos estudantes a visualização da geometria em três dimensões, com percepção de profundidade. Além disso, a ferramenta inovadora se caracteriza como uma solução de baixo custo e viável para uso por grandes grupos. Maiores detalhes sobre a especificação, desenvolvimento e descrição das funcionalidades do GD@RV podem ser obtidos em (SEABRA, 2009; SEABRA; SANTOS, 2009a; SEABRA; SANTOS, 2009b).

Diante dos recursos oferecidos pela ferramenta, e de seu potencial no que tange sua exploração em sala de aula, foi elaborado um planejamento para a execução da pesquisa experimental empregada no estudo, levantando e prevenindo as possíveis variáveis que poderiam constituir uma ameaça à validação dos resultados obtidos, na tentativa de minimizar seus efeitos. Com isso, valendo-se de uma amostra composta por três grupos de estudantes, foram aplicados os processos de intervenção.

Neste contexto, este trabalho apresenta uma pesquisa experimental envolvendo 91 estudantes ingressantes, com a aplicação de um teste de visualização adotado como instrumento de mensuração de suas habilidades espaciais. O estudo apresenta uma comparação dos resultados obtidos antes e após os alunos frequentarem as aulas de GD do curso de Geometria Gráfica para Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) em 2009.

2. Planejamento Experimental e Análise Estatística

Após o desenvolvimento da ferramenta, foram oferecidas aulas de GD aos alunos ingressantes da EPUSP pertencentes a três turmas selecionadas para a amostra utilizada na pesquisa experimental. As três turmas selecionadas foram aleatoriamente sorteadas e classificadas em três grupos distintos: grupo de controle, grupo teste-mono e grupo teste-estéreo. A primeira turma sorteada correspondeu ao grupo de controle, a segunda, ao grupo teste-mono e a restante, ao grupo teste-estéreo. Vale destacar que não houve trocas entre os indivíduos das turmas selecionadas.

O grupo de controle recebeu instrução convencional de GD, totalizando 8 horas-aula, sem o uso dos novos recursos desenvolvidos, permitindo a avaliação do ganho na HVE devido à instrução convencional, bem como a avaliação da aprendizagem de GD nesta metodologia. Alunos pertencentes ao grupo teste-estéreo foram expostos à nova ferramenta desenvolvida usando recursos estereoscópicos (Figura 1). O grupo teste-mono utilizou a mesma ferramenta, porém não operando em modo estereoscópico. A importância de se utilizar um terceiro grupo, isto é, o grupo teste-mono, foi a de evitar que possíveis diferenças de desempenho fossem motivadas unicamente pelo fato de se aplicar material diferenciado durante as aulas. Neste caso, tal motivação deveria ser

Pesquisa Experimental para Análise do Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Ferramenta Inovadora de Realidade Virtual para o Ensino de Geometria Descritiva

observada nos dois grupos de teste, em relação ao grupo de controle. Ambos os experimentos foram conduzidos em curso de GD de 8 horas-aula.



Figura 1 – Aula do grupo teste-estéreo.

A distribuição dos alunos ingressantes (total de 750) não utilizou um critério específico para formação das turmas, sendo que estas foram compostas por alunos selecionados aleatoriamente (sem a separação dos estudantes por sexo, cor, religião, nível sócio-econômico etc.). Neste contexto, os alunos foram aleatoriamente divididos em dezoito turmas (formadas em sua maioria por 45 alunos) que possuíam ingressantes pertencentes a todas as áreas: Engenharia Civil e Ambiental; Engenharia Elétrica; Engenharia Mecânica e Naval; Engenharia Química, Metalúrgica, Materiais, Minas e Petróleo; Engenharia de Computação e Elétrica (ênfase Computação); Engenharia Mecânica – Automação e Sistemas (Mecatrônica); e Engenharia de Produção. Assim, o estudo supõe que a amostra selecionada é representativa de toda a EPUSP.

Um dos critérios para a seleção das três turmas, dentre as dezoito regulares, utilizou como base o professor responsável pelas mesmas, ou seja, preferencialmente foram escolhidas turmas que possuíam o mesmo professor responsável pelas aulas. Tal medida provavelmente evitou que possíveis diferenças entre o desempenho dos alunos no curso, e conseqüentemente no teste de visualização espacial, fossem atribuídas a diferenças de comportamento dos professores e/ou formas diferenciadas de ministrarem o conteúdo em sala de aula. Devido às limitações em relação à carga horária pouco flexível dos alunos ingressantes nos cursos de Engenharia da EPUSP, levando-se em conta que o curso é ministrado em período integral e que os estudantes possuíam poucos horários livres diariamente entre as disciplinas cursadas, tornou-se inviável o oferecimento das aulas propostas, nesta pesquisa experimental, fora de seu horário normal de aulas, isto é, como um curso extra. Dessa forma, o tratamento foi incorporado e aplicado no horário normal da disciplina de Geometria Gráfica para Engenharia.

Após as duas primeiras semanas de aula (aulas de Desenho Geométrico – DG),

os alunos foram informados sobre a realização de uma importante atividade didática obrigatória, que correspondeu ao primeiro teste de visualização espacial (pré-teste), visando-se mensurar o nível atual de suas habilidades espaciais. Este foi aplicado para os três grupos, com data e hora agendada previamente para cada um, nos laboratórios utilizados em aula. O autor do trabalho foi o único responsável pela aplicação do teste e adotou o mesmo procedimento de atuação para todos os grupos. Além disso, os estudantes foram informados sobre o objetivo da atividade a que foram submetidos, bem como sobre o anonimato e uso dos dados coletados. Para tanto, um “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” foi incorporado à pesquisa experimental.

Aplicado o pré-teste, iniciaram-se as aulas propriamente ditas, com a apresentação dos conteúdos referentes à Geometria Descritiva fazendo-se uso dos tratamentos aos respectivos grupos. Como a presença na aula também é uma variável importante, o primeiro autor da pesquisa coletou a assinatura individual dos alunos em cada aula. Os indivíduos participantes foram comunicados quanto à experimentação dos novos recursos incorporados no processo de ensino, bem como sobre o propósito principal da pesquisa experimental em questão tendo em vista que o possível fator de influência não estava no objetivo do trabalho, mas sim, no conhecimento da expectativa dos autores da pesquisa em relação aos resultados.

O processo de intervenção se estendeu por quatro semanas. Na última semana, os participantes foram informados sobre a realização de mais uma atividade didática obrigatória, de mesma importância em relação a que foi oferecida no início do curso. Novamente, esta foi realizada com data e hora agendada previamente para os três grupos, utilizando os mesmos laboratórios, o mesmo responsável pela sua execução e os mesmos procedimentos adotados no pré-teste. A referida atividade correspondeu ao segundo teste de visualização espacial (pós-teste), visando mensurar-se a evolução relativa da HVE dos alunos, e até que ponto a ferramenta desenvolvida auxiliou nesta evolução. Por fim, a aplicação de uma prova convencional sobre o tema GD permitiu comparar a aprendizagem de todos os grupos nesta disciplina. Esta avaliação foi realizada na mesma data para os três grupos e versou sobre o mesmo conteúdo.

2.1. Validade Interna e Externa do Estudo

As possibilidades de explicação dos resultados de um estudo usualmente estão associadas às “ameaças” à sua validade interna e externa. É tarefa de o pesquisador levantar as variáveis que podem constituir uma ameaça à validação dos resultados, prevenindo-as, na tentativa de minimizar seus efeitos. Algumas das ameaças mais comuns à validade interna de um estudo são (CAMPBELL, 1969; CAMPBELL; STANLEY, 1979): *seleção; história; maturação; repetição do teste; instrumentação; regressão à média; mortalidade experimental; interação seleção-maturação e viés do experimentador*. Já a validade externa está associada ao grau de como as conclusões do estudo podem ser generalizadas para outras situações com outros indivíduos, ou seja, estendidas para além da amostra analisada.

2.1.1. Ameaça Seleção

Inicialmente, a seleção de indivíduos para um estudo pode resultar na formação de grupos com características e comportamentos diferentes, alguns aprendidos e outros inerentes. Variáveis como gênero, idade, cor, inteligência, coordenação, nível

socioeconômico, dentre outras, caso não sejam controladas adequadamente podem influenciar o resultado do estudo. Tendo em vista que o processo de formação das turmas utilizadas na pesquisa experimental não considerou variáveis de caráter pessoal, sendo adotado apenas um critério aleatório para a formação das turmas, pode-se afirmar que os grupos são homogêneos em relação a esses atributos, com exceção dos alunos veteranos que possivelmente poderiam ser alocados em alguma turma preferencial. Esse fato foi observado como prevenção à seleção de uma turma composta, em sua maioria, por essa categoria de alunos.

Por outro lado, podem existir variáveis externas importantes, as quais devem ser controladas. No contexto desta pesquisa, variáveis como grande área de ingresso, professor da turma, dia da semana e horário da aula em que o tratamento seria aplicado possivelmente poderia interferir nos resultados encontrados. Como as três turmas selecionadas possuíam alunos ingressantes de todas as grandes áreas, com cursos que apresentavam níveis de concorrência distintos, considerou-se que a amostra selecionada foi representativa da população. Outro ponto importante observado consistiu na verificação de uma possível correlação entre o desempenho dos alunos na disciplina e o dia da semana e horário em que esta foi ministrada. Essa análise não detectou qualquer correlação significativa entre essas variáveis, embora as turmas apresentassem desempenho médio diferente.

2.1.2. Ameaça Viés do Experimentador

Em relação ao professor, este foi selecionado de acordo com as turmas em que foi alocado, garantindo-se que um único docente fosse o responsável pela aplicação do processo de intervenção dos três grupos (controle, teste-mono e teste-estéreo). Esta medida preveniu a ameaça *viés do experimentador*, que pode ser verificada quando diferentes indivíduos são alocados para implementar diferentes métodos de tratamento, e estes indivíduos diferem em seu modo de atuação e habilidades para conduzir os diferentes métodos. Além disso, esta ameaça pode ocorrer quando um dos indivíduos possui uma preferência por determinado método. Esta preferência, isolada do próprio método em si, pode proporcionar um desempenho superior nos grupos tratados.

Sabe-se que mesmo com a atuação de um único professor, esta ameaça não pode ser totalmente controlada, já que este também pode ter algum tipo de preferência por um dos métodos. Na tentativa de controlar esta ameaça, pensou-se em introduzir mais três turmas no estudo, alocando-as para outro professor. Porém, isto também poderia refletir em possíveis interferências, pois o segundo também poderia apresentar a mesma preferência do primeiro. Outro aspecto refere-se ao simples fato do professor escolhido possivelmente não apresentar a habilidade esperada em relação ao uso do sistema, o que certamente afetaria os resultados obtidos. Dessa forma, nesta pesquisa experimental, optou-se por alocar um único docente responsável pelo processo de intervenção, o qual já apresentava experiência em sistemas de Realidade Virtual e ensino de geometria.

Além do professor, a atuação do responsável pela coleta dos dados constitui-se em um ponto fundamental. Como forma de minimizar a ocorrência desse efeito e melhorar a validade externa do estudo, recomenda-se o menor número possível de coletores, na tentativa de diminuir a ocorrência de comportamentos diferentes. Assim,

neste estudo o autor foi o único responsável pela coleta dos dados e adotou o mesmo procedimento de aplicação do pré e pós-teste para todos os grupos.

2.1.3. Ameaça História

Durante o processo de intervenção, os indivíduos pertencentes a um ou mais grupos estudados podem ser expostos a algumas experiências ou acontecimentos inesperados, alheios ao tratamento empregado, mas que podem influenciar o resultado observado. Mesmo que o pesquisador não tenha certeza de tal fato, deve estar atento a tais influências durante o estudo. Na pesquisa esperava-se que os estudantes não teriam contato com outras atividades capazes de desenvolver sua HVE, além das atividades do próprio curso de GD, no período das quatro semanas a que foram expostos à nova ferramenta desenvolvida. De qualquer modo, o autor e o professor responsável pelos tratamentos ficaram atentos em relação à identificação de qualquer evento de caráter significativo neste período.

2.1.4. Ameaça Maturação

Como os tratamentos se estenderam por apenas quatro semanas e, apesar dos indivíduos da pesquisa experimental serem relativamente jovens, a duração do processo de intervenção certamente não influenciou a análise do resultado final, já que nenhuma mudança significativa no estágio atual de maturidade dos participantes ocorreu nesse curto período.

2.1.5. Ameaça Repetição do Teste

Este tipo de ameaça caracteriza-se pelo próprio instrumento do estudo ser o responsável por influenciar o resultado, ou seja, quando o instrumento é aplicado uma segunda vez, independente do tratamento, os indivíduos tendem a apresentar um melhor desempenho. Neste estudo, esta ameaça não foi controlada. No entanto, como todos os grupos foram expostos a tratamentos diferentes, *a priori*, presume-se que as possíveis melhoras observadas também aconteceram no grupo de controle (aula convencional), embora talvez menos significativas, já que todos os grupos fizeram o teste pela segunda vez. Espera-se que a comparação de todos os tratamentos empregados no estudo com o grupo de controle permita isolar o ganho obtido pelos mesmos, e que estes não sejam resultado da repetição do teste de visualização espacial.

2.1.6. Ameaça Social Desmotivação Ressentida e Rivalidade Compensatória

A visão e a seriedade dos indivíduos participantes do estudo, ou seja, o grau de comprometimento dos mesmos e suas respectivas participações na pesquisa experimental também pode influenciar o resultado, caso os membros do grupo de controle não recebam qualquer tratamento, uma vez que estes podem se sentir desmotivados e inferiorizados em relação ao grupo experimental. Conseqüentemente, seu desempenho pode ser inferior aos demais grupos, transmitindo a falsa idéia de que o melhor desempenho do grupo experimental pode ser atribuído ao tratamento aplicado. Em contrapartida, os indivíduos do grupo de controle podem sentir-se enciumados por não receberem nenhum tipo de tratamento e, ao invés de se sentirem desmotivados, estes começam a competir com os indivíduos do grupo experimental na tentativa de mostrar que são “tão bons quanto”, apresentando um comportamento

diferente do habitual. Por sua vez, os indivíduos do grupo experimental podem apresentar melhor desempenho por acharem que receberam algum tipo especial de tratamento, caso descubram a natureza do estudo durante o processo de intervenção.

Visando a diminuição dessas ameaças, o professor quando questionado informou os indivíduos do grupo de controle sobre a experimentação dos novos recursos e que eles também seriam expostos ao novo material no momento oportuno. O importante foi que os indivíduos da amostra selecionada não foram comunicados sobre a expectativa real do autor do estudo durante o processo de intervenção dos tratamentos.

2.1.7. Ameaça Regressão à Média

Mais um fator importante a ser previsto e tratado corretamente está associado a mudanças que ocorrem em grupos com desempenho extremamente baixo ou alto no pré-teste. Em geral, qualquer grupo que apresente baixo desempenho antes de um processo de intervenção provavelmente obterá melhores resultados no pós-teste, independente da intervenção aplicada, e sua pontuação tende a se aproximar da média da segunda medida. O inverso pode acontecer em relação a grupos que apresentem alto desempenho antes da intervenção.

Para prevenir a ocorrência desta ameaça, os grupos de controle, teste-mono e teste-estéreo foram subdivididos, após o pré-teste, em 3 subgrupos cada (**baixa, intermediária e alta HVE**), e o desempenho destes foram comparados com o objetivo de isolar os ganhos obtidos com os tratamentos em cada subgrupo. Considerando que indivíduos que já apresentavam sua HVE desenvolvida no pré-teste não poderiam melhorar significativamente seus resultados, a análise dos subgrupos permitiu isolar esses possíveis extremos, bem como indicar se os subgrupos baixa e intermediária HVE obtiveram melhoria no desempenho, ainda mais por se constituírem no objetivo principal deste estudo.

2.1.8. Ameaça Mortalidade Experimental

De todas as possíveis ameaças normalmente detectadas em pesquisas experimentais, a *mortalidade experimental* pode ser destacada como uma das mais difíceis de serem controladas, pois durante a aplicação do tratamento na amostra é comum que alguns participantes abandonem o experimento pelos mais variados motivos. No entanto, em estudos de comparação entre grupos, observa-se que a perda de indivíduos provavelmente não representa uma grande ameaça à validação dos resultados, caso ela aconteça em todos os grupos comparados. Partindo desse pressuposto, o que deve ser garantido é que a situação responsável pela mortalidade esteja presente em todos os grupos ou então, caso ela aconteça, que o pesquisador saiba controlar sua possível influência no resultado do estudo.

Como o tratamento (ferramenta desenvolvida) foi aplicado em sala de aula e vinculado ao conteúdo didático ministrado, esta medida garantiu a participação da maioria dos alunos durante todo o processo de intervenção, já que o fator “presença” se constitui em um dos critérios de aprovação dos estudantes na disciplina. Os dados referentes à presença foram utilizados para o tratamento adequado desta ameaça, com a exclusão dos alunos desistentes do pré-teste de todos os grupos em que aconteceram desistências, antes de realizar as comparações propostas após a aplicação dos

tratamentos.

Finalmente, em se tratando do pré e pós-teste, a pesquisa em questão envolveu a aplicação de um teste de visualização espacial (TVZ) (ADANEZ; VELASCO, 2002), com duração reduzida de tempo. A escolha do teste pode ser justificada pela dificuldade atribuída às questões do mesmo e pelo elevado processamento cognitivo exigido do participante. A redução do tempo está associada ao efeito de saturação observado em experimentos anteriores (SEABRA; SANTOS, 2007a; SEABRA; SANTOS, 2007b), e com o bom desempenho dos alunos. Diante disso, na tentativa de evitar novamente a ocorrência da saturação no experimento final, tornou-se necessário aumentar a dificuldade do instrumento, reduzindo seu tempo de execução. Essa medida provavelmente reduziu também a ocorrência de fadiga dos estudantes da amostra durante a aplicação do teste. A análise dos dados obtidos no levantamento do perfil (SEABRA; SANTOS, 2008) não detectou a ocorrência de efeitos de saturação na amostra analisada, portanto acredita-se que este mesmo comportamento seria verificado na amostra selecionada. A redução do tempo de 25 para 20 minutos se apresentou como um bom índice de ajuste para essa finalidade.

2.2. Análise Estatística

A pesquisa experimental relata a experiência de avaliação do desempenho dos estudantes no teste de visualização espacial (TVZ) adotado como instrumento de mensuração da HVE. O estudo apresenta uma comparação dos resultados obtidos antes e após os alunos frequentarem as aulas de GD do curso de Geometria Gráfica para Engenharia da EPUSP em 2009.

Assim, seis questões de pesquisa foram formuladas como segue: (1) o desempenho dos participantes é influenciado pelo gênero? (2) os tratamentos empregados promoveram um aumento da HVE dos estudantes dos três grupos? (3) a ferramenta interativa proporcionou um ganho maior se comparada à aula convencional? (4) a estereoscopia proporcionou um ganho maior se comparada à aula convencional? (5) a estereoscopia proporcionou um ganho maior se comparada à ferramenta interativa? (6) os desempenhos dos três grupos no pós-teste apresentam comportamento homogêneo em relação à nota obtida na avaliação de GD?

2.2.1. Participantes

Noventa e um estudantes de graduação compreendendo 75 homens e 16 mulheres (idade média = 18 anos) das aulas de GD, da disciplina de Geometria Gráfica para Engenharia, ministrada aos alunos do primeiro ano no primeiro semestre de 2009 na EPUSP, participaram voluntariamente da pesquisa experimental.

3. Resultados Experimentais

3.1. Pré-teste

Para o teste das hipóteses formuladas fez-se necessário analisar o comportamento da variável aleatória dependente “pontuação no TVZ” em diferentes contextos (Tabela 1).

Pesquisa Experimental para Análise do Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Ferramenta Inovadora de Realidade Virtual para o Ensino de Geometria Descritiva

Tabela 1: Resumo estatístico do pré e pós-teste segundo os grupos.

	TVZ (pré)	TVZ (pós)	Ganho	
Controle	<i>Intervalo potencial</i>	0-18	0-18	-18 a 18
	<i>Intervalo obtido</i>	1-18	1-18	-4 a 10
	<i>Pontuação média (N*)</i>	7,77 (31)	11,16 (31)	3,39 (31)
	<i>Desvio padrão</i>	4,93	5,76	3,42
	<i>KS (p-valor)**</i>	1,05 (0,220)	0,85 (0,454)	0,52 (0,950)
Teste-Mono	<i>Intervalo potencial</i>	0-18	0-18	-18 a 18
	<i>Intervalo obtido</i>	0-18	2-18	-3 a 11
	<i>Pontuação média (N*)</i>	8,31 (29)	12,28 (29)	3,97 (29)
	<i>Desvio padrão</i>	5,25	6,02	3,98
	<i>KS (p-valor)**</i>	0,43 (0,991)	1,43 (0,033)	0,794 (0,554)
Teste-Estéreo	<i>Intervalo potencial</i>	0-18	0-18	-18 a 18
	<i>Intervalo obtido</i>	0-18	0-18	-6 a 9
	<i>Pontuação média (N*)</i>	6,68 (31)	10,48 (31)	3,81 (31)
	<i>Desvio padrão</i>	5,04	5,59	3,67
	<i>KS (p-valor)**</i>	0,81 (0,519)	0,68 (0,744)	0,684 (0,738)

Com o objetivo de verificar se as variâncias das pontuações dos estudantes no pré-teste são homogêneas para os três grupos analisados, foi aplicado o teste de Levene ($p = 0,931$). O resultado mostra que o teste não alcançou um nível significativo, podendo-se assumir que as variâncias dos grupos são homogêneas. A partir de $p = 0,447$ da análise de variância, nota-se que não há diferença significativa entre as médias dos grupos e que estes apresentam comportamento homogêneo antes do treinamento. Ainda no pré-teste, cada grupo foi subdividido em três subgrupos cada, identificados como: **Subgrupo 1 – Baixa HVE** (pontuação variando de 0 a 6 pontos); **Subgrupo 2 – Intermediária HVE** (pontuação variando de 7 a 12 pontos); **Subgrupo 3 – Alta HVE** (pontuação variando de 13 a 18 pontos), conforme os dados apresentados na Tabela 2. Esta divisão está associada às mudanças que ocorrem em grupos com desempenho extremamente baixo ou alto no pré-teste. Com o objetivo de isolar os ganhos obtidos com os tratamentos em cada grupo, e considerando que indivíduos que já apresentavam sua HVE desenvolvida no pré-teste não poderiam melhorar significativamente seus resultados, a análise dos subgrupos permitiu isolar esses possíveis extremos, bem como indicar se os subgrupos baixa e intermediária HVE obtiveram melhoria no desempenho, ainda mais por se constituírem no objetivo principal deste estudo.

Tabela 2: Distribuição dos subgrupos após o pré-teste.

	n	% Total	Média	dp
1 – Baixa HVE	46	50,5%	3,46	1,90
Subgrupo 2 – Intermediária HVE	27	29,7%	9,22	1,78
3 – Alta HVE	18	19,8%	15,61	1,65
Total	91	100,0%	7,57	5,06

Nota: *TwoStep Cluster

O teste de análise de variância mostrou que não há diferença significativa entre as médias dos correspondentes subgrupos de cada grupo, e que estes apresentam comportamento homogêneo (baixa, $p = 0,258$; intermediária, $p = 0,953$; alta, $p = 0,496$). Finalmente, para analisar se os subgrupos pertencentes a cada grupo são heterogêneos entre si, foi aplicado um teste mais robusto como uma alternativa ao ANOVA (SCHNEIDER; PENFIELD, 1997), o teste de Welch. A partir de $p < 0,001$ da comparação múltipla via Método de Scheffé, observou-se que o desempenho dos subgrupos que constituem cada grupo é heterogêneo.

3.2. Pós-teste

Uma possível diferença significativa do desempenho dos participantes com base no gênero foi investigada, e a análise mostrou que a HVE se apresenta de forma distinta nos três grupos, para cada um dos gêneros (Tabela 3). De acordo com os dados apresentados, conclui-se que o gênero influenciou o desempenho dos participantes, com melhor desempenho para os homens dos grupos de controle e teste-estéreo, mesmo após o curso. A análise dos dados permitiu a observação de um resultado interessante no grupo teste-mono. Ao contrário do que se esperava, as mulheres deste grupo apresentaram desempenho superior ao masculino no pré e pós-teste. Isso se deve ao excelente desempenho feminino já no pré-teste ($t = 2,62$, $p = 0,014$), com média superior ao pós-teste masculino dos três subgrupos.

Tabela 3: Resumo estatístico segundo os grupos, com base no gênero.

	Mulheres		Mulheres		Homens		Homens		Teste* (pré-teste) (p-valor)	Teste* (pós-teste) (p-valor)
	(pré)	(pós)	(pré)	(pós)	(pré)	(pós)	(pré)	(pós)		
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp		
Controle	3,75	2,21	4,50	5,68	8,37	4,97	12,15	5,17	-1,812 (0,08)	-2,727 (0,011)
Teste-Mono	12,43	5,74	16,43	2,69	7,00	4,46	10,95	6,22	2,620 (0,014)	2,239 (0,034)
Teste-Estéreo	1,80	1,30	4,40	4,50	7,62	4,95	11,65	5,05	-2,574 (0,015)	-2,983 (0,006)

Nota: * Teste t-Student para amostras independentes dp = desvio padrão

Análise estatística similar foi realizada para detectar um possível aumento da HVE dos estudantes dos três grupos em decorrência dos processos de intervenção. De acordo com a análise, os três grupos tiveram um aumento significativo em suas pontuações ($p < 0,001$).

A próxima questão de investigação averiguou se as aulas ministradas ao grupo teste-mono proporcionaram um ganho maior no desenvolvimento da HVE dos estudantes deste grupo se comparados aos do grupo de controle. Nenhum resultado significativo foi detectado, $t = -0,604$ and $p = 0,548$, indicando que ambos os grupos apresentaram comportamento equivalente após os tratamentos. Da mesma forma, nenhuma diferença significativa pode ser detectada entre os ganhos do grupo teste-estéreo e do grupo de controle ($t = -0,465$, $p = 0,644$) ou entre os grupos teste-mono e estéreo ($t = 0,161$, $p = 0,873$).

Tendo em vista a não detecção de diferenças significativas entre os grupos, foi analisada a transição dos participantes de cada subgrupo (baixa, intermediária e alta) para os subsequentes, possivelmente em virtude dos tratamentos empregados. A Figura 2 mostra as transições dos participantes entre os subgrupos.

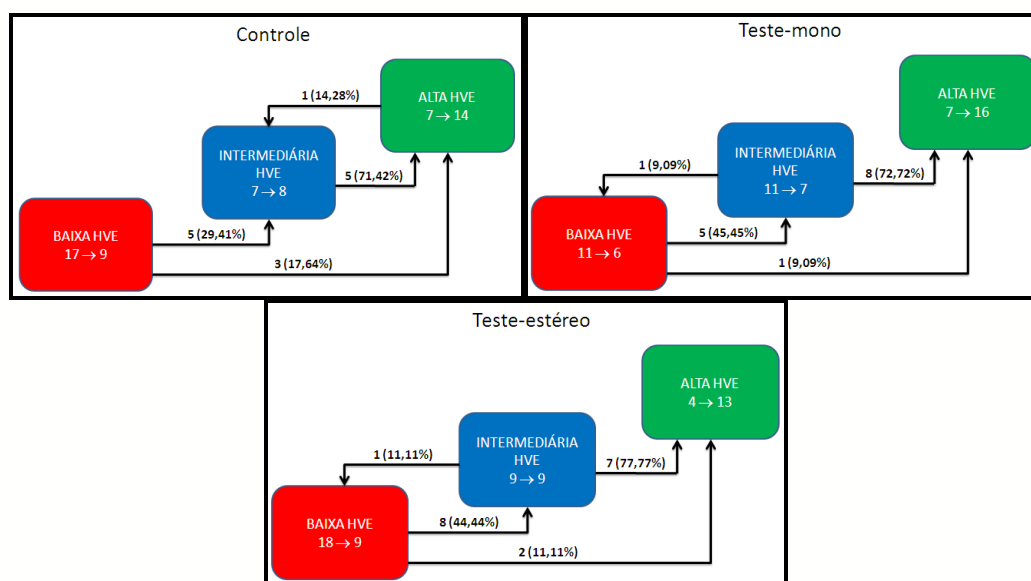


Figura 2 – Transições dos participantes entre os subgrupos.

De acordo com a figura, nota-se um aumento no número de estudantes que são promovidos do subgrupo baixa HVE para os demais subgrupos de maior habilidade. Isto ocorreu para os três grupos, principalmente para os alunos do grupo teste-estéreo (10 estudantes), o que evidencia o êxito dos tratamentos empregados. Porcentualmente, e no que diz respeito às transições dos participantes entre os subgrupos, nota-se uma maior quantidade de estudantes promovidos do subgrupo baixa HVE pertencentes ao grupo teste-estéreo (55,55%). Para o grupo de controle, a transição representou 47,05% e para o grupo teste-mono foi de 54,54%. Verifica-se a mesma situação para os participantes promovidos do subgrupo intermediária HVE pertencentes ao grupo teste-

estéreo (77,77%). Para o grupo de controle, a transição representou 71,42% e para o grupo teste-mono foi de 72,72%.

Por fim, a última análise verificou se as variâncias das pontuações dos estudantes na avaliação de Geometria Descritiva são homogêneas para os três grupos analisados. A avaliação foi aplicada aos três grupos e incluiu quatro questões que abrangeram o conteúdo estudado nas quatro semanas de aula do curso. Foi comparada a pontuação média total obtida por cada grupo, sendo que a pontuação máxima possível na avaliação foi 10. A Tabela 4 apresenta os resumos estatísticos segundo os grupos. A partir de $p = 0,004$ da análise de variância, foi observada uma diferença significativa entre as médias dos grupos. A comparação múltipla via Método de Scheffé apresentou comportamento heterogêneo em dois pares de comparações (controle x estéreo, $p = 0,047$, e mono x estéreo, $p = 0,005$), não sendo significativo para o par restante (controle x mono, $p = 0,681$) comparado.

Tabela 4: Resumo estatístico para a avaliação de Geometria Descritiva.

		Avaliação de GD
Controle	<i>Intervalo potencial</i>	0 - 10
	<i>Intervalo obtido</i>	3,6 – 10,0
	<i>Pontuação média (N*)</i>	7,08 (25)
	<i>Desvio padrão</i>	1,90
	<i>KS (p-valor)**</i>	0,63 (0,811)
Teste-Mono	<i>Intervalo potencial</i>	0 - 10
	<i>Intervalo obtido</i>	4,4 – 10,0
	<i>Pontuação média (N*)</i>	7,56 (25)
	<i>Desvio padrão</i>	1,66
	<i>KS (p-valor)**</i>	0,84 (0,476)
Teste-Estéreo	<i>Intervalo potencial</i>	0 - 10
	<i>Intervalo obtido</i>	2,0 a 10,0
	<i>Pontuação média (N*)</i>	5,65 (21)
	<i>Desvio padrão</i>	2,18
	<i>KS (p-valor)**</i>	0,5 (0,962)

Nota: * N = Tamanho da amostra ** Teste KS

3.3. Avaliação Qualitativa

A avaliação qualitativa consistiu na aplicação de um questionário visando à coleta de dados para a avaliação da opinião dos estudantes em relação aos diferentes recursos utilizados em sala de aula. Vale destacar que esta avaliação também contribuiu na avaliação de outros atributos, uma vez que o participante pode relatar importantes considerações a respeito dos tratamentos empregados, expressando uma visão distinta a de todos os envolvidos no projeto.

As questões elaboradas e que foram respondidas são de múltipla escolha, no sentido de minimizar a subjetividade inerente a uma questão com resposta aberta, além de agilizar o processo de preenchimento. Em complemento aos dados coletados, alguns

participantes incluíram comentários pertinentes e valiosos a respeito da experiência vivenciada. Nesse sentido, a neutralidade e a imparcialidade dos estudantes enriqueceu a pesquisa, possibilitando ao autor um melhor retorno no que diz respeito os processos de intervenção utilizados em sala de aula, sob a ótica dos alunos.

Na primeira questão da avaliação qualitativa *“Conseguiu visualizar as situações espaciais apresentadas pelo sistema utilizado?”*, aplicada aos grupos teste-mono e teste-estéreo, todos os participantes responderam *“sim”* (o que representa 100% da amostra). A segunda e terceira questão do grupo teste-estéreo *“Sentiu algum incômodo no uso dos óculos?”* e *“Usou os óculos constantemente para a visualização das situações espaciais apresentadas?”* buscou identificar possíveis incômodos no uso dos óculos estereoscópicos, bem como a constância no uso dos mesmos nas aulas. O resultado mostrou que 87.10% dos participantes não sentiu nenhum tipo de incômodo no uso dos óculos, e os que alegaram problemas relataram que sentiram uma espécie de irritação nos olhos em determinados momentos. Na questão 3, apenas 16,13% (5 participantes) da amostra alegaram não ter usado os óculos constantemente para a visualização das situações espaciais apresentadas.

Com relação ao auxílio do efeito estéreo à visualização das situações espaciais apresentadas *“Acho que o efeito em estéreo ajudou na visualização das situações espaciais apresentadas?”*, 74,19% dos participantes aprovaram o uso do sistema. Destes, 19,35% responderam *“totalmente”* e 54,84% optaram por *“muito”*. Tratadas as questões exclusivas ao grupo teste-estéreo, a próxima questão envolveu a compreensão da visualização das situações espaciais apresentadas na apostila do curso de GD *“Acho que a visualização das situações espaciais apresentadas na apostila são facilmente compreendidas?”*. O grupo de controle, em sua maioria (45,16%), optou por *“regular”*. A visualização das situações espaciais apresentadas pelo sistema *“Acho que a visualização das situações espaciais apresentadas pelo sistema são mais facilmente compreendidas se comparadas às imagens 2D da apostila?”* foi amplamente aceita pelos participantes do grupo teste-mono, e sua maioria (55,17%) optou por *“muito”*. Para o grupo teste-estéreo, o resultado foi ainda melhor, tendo a maioria (45,16%) dos participantes escolhido a resposta *“totalmente”*.

No que se refere o uso de slides para a compreensão das situações espaciais *“Acho que a visualização das situações espaciais apresentadas nos slides são facilmente compreendidas?”*, os participantes do grupo de controle, em sua maioria (48,39%), optou por *“muito”*. Novamente, a visualização das situações espaciais apresentadas pelo sistema foi amplamente aceita pelos participantes do grupo teste-mono, e sua maioria (65,52%) optou por *“muito”*. Para o grupo teste-estéreo, o resultado não foi diferente, tendo a maioria (51,61%) dos participantes escolhido a resposta *“muito”*. Em seguida, os participantes foram questionados sobre o aprendizado do conteúdo do curso (*“Acho que as situações espaciais apresentadas proporcionaram um melhor aprendizado do conteúdo do curso?”*), com base nas situações espaciais utilizadas em sala de aula. O melhor resultado foi verificado no grupo teste-estéreo, com 51,61% dos participantes escolhendo a opção *“muito”* e 25,81% optando por *“totalmente”*. Em seguida, observam-se as respostas dos participantes dos grupos teste-mono e controle, onde sua maioria também optou por *“muito”* (44,83% e 38,71%, respectivamente).

Sobre a qualidade dos recursos visuais das construções espaciais utilizadas em

aula “*Os recursos visuais (aparência, cores, dimensão etc.) das situações espaciais apresentadas foram de boa qualidade?*”, 74,19% dos estudantes do grupo de controle optaram por “ *muito*” (51,61%) e “*excelente*” (22,58%). Os resultados são ainda melhores para os grupos teste-mono e teste-estéreo. No primeiro, o índice de aprovação foi de 89,66% (65,52% “ *muito*” e 24,14% “*excelente*”) e, no segundo, 83,87% (64,52% “ *muito*” e 19,35% “*excelente*”).

Uma importante questão tratada no estudo (“*A visualização das situações espaciais apresentadas sofreu algum tipo de prejuízo em virtude de sua posição em sala de aula?*”) se refere à visualização das situações espaciais apresentadas terem sofrido algum tipo de prejuízo em decorrência da posição ocupada pelos estudantes em sala de aula. Nesse contexto, 35,48% dos participantes do grupo teste-estéreo apontaram algum tipo de prejuízo na visualização, ao contrário dos outros grupos que representam baixos índices.

Finalmente, a última questão da avaliação qualitativa (“*Em sua opinião, de modo geral a adequação dos recursos utilizados nas aulas de GD foi:*”) atingiu bons níveis de aceitação. Para o grupo de controle, este índice foi de 74,2%, com 70,97% dos participantes optando por “*boa*” e apenas 3,23% escolhendo “*excelente*”. Novamente, verificam-se resultados melhores para os grupos teste-mono e teste-estéreo. No primeiro, as respostas “*excelente*” e “*boa*” somaram 86,21%, sendo que tal índice pode ser atribuído a uma significativa parcela dos participantes que atribuíram a adequação como “*excelente*” (41,38%). No segundo caso, o índice atingiu a marca de 83,87%. Ao contrário do que se esperava, para este grupo, a porcentagem dos participantes que atribuiu a adequação como “*excelente*” foi menor, se comparada ao grupo anterior. A diferença talvez possa ser explicada em função de alguns problemas relatados sobre a visualização do efeito estéreo nas laterais da sala (segundo a opinião dos estudantes).

4. Discussão

Após o pré-teste, a primeira análise envolveu a aplicação do teste de homogeneidade de variâncias, que não alcançou um nível significativo, concluindo-se que os três grupos analisados apresentaram comportamento homogêneo em relação ao desempenho no TVZ. Em seguida, detectou-se que os subgrupos correspondentes de cada grupo também apresentam homogeneidade após o processo de agrupamento. Nesse contexto, fez-se necessário verificar se o processo de agrupamento gerou subgrupos heterogêneos entre si. A comparação múltipla via Método de Scheffé mostrou que há diferença significativa entre as médias dos subgrupos, concluindo-se que estes são heterogêneos entre si.

Como primeira análise do pós-teste, foi verificada a influência do gênero no desempenho dos participantes. A partir dos dados coletados, observou-se que o gênero só não influenciou o desempenho no pré-teste do grupo de controle. A análise da influência do gênero permitiu a observação de um fato interessante no grupo teste-mono. As mulheres do referido grupo apresentaram desempenho superior ao masculino no pré e pós-teste, o que contradiz vários estudos sistematicamente relatados na literatura sobre o tema (GORSKA; SORBY; LEOPOLD, 1998; GEARY et al, 2000; SORBY, 2001). Tal resultado pode ser explicado pelo gênero feminino ter alcançado um excelente desempenho no pré-teste, com média superior ao pós-teste do gênero masculino dos três grupos. Com base nos resultados observados nos estudos de caso

realizados nesta pesquisa, bem como nos relatados na literatura, acredita-se que esta anomalia possa ser atribuída a uma coincidência em relação à distribuição aleatória das mulheres que já apresentavam sua HVE muito desenvolvida no mesmo grupo.

As próximas análises se encarregaram de averiguar se os tratamentos empregados promoveram um desenvolvimento significativo da HVE dos participantes. Os resultados observados mostraram que houve um aumento significativo da HVE para os três grupos. Deste modo, conclui-se que os tratamentos empregados promoveram um aumento da HVE dos participantes. A partir da melhora detectada, o estudo se concentrou em tratar mais três questões, referentes ao ganho observado em cada tratamento. Nesse sentido, esperava-se que o ganho médio obtido pelo grupo teste-estéreo fosse maior que o observado no grupo de controle e teste-mono, e que este, por sua vez, fosse maior que o do grupo de controle. Tais suposições levaram em conta importantes variáveis agregadas ao processo, como a motivação em relação ao uso de uma nova ferramenta computacional no processo de ensino-aprendizagem, bem como a vantagem proporcionada pelo sistema na visualização das situações espaciais apresentadas. Ao contrário do que se esperava, não foi verificada uma diferença significativa que apoiasse as hipóteses. Deste modo, a análise dos ganhos médios dos subgrupos de cada grupo não apontou diferenças significativas em relação ao ganho. Em seguida, foram analisadas as transições dos participantes entre os subgrupos de cada grupo. Os dados mostraram uma maior transição no número de participantes (55,55%) do subgrupo baixa HVE, principalmente no grupo teste-estéreo com ganho médio de 4 pontos no TVZ. Este resultado, associado à avaliação qualitativa, privilegia o uso do GD@RV em relação ao desenvolvimento da HVE dos alunos que apresentavam menores habilidades.

Outro fator analisado no pós-teste consistiu na análise do desempenho dos estudantes na avaliação de Geometria Descritiva, aplicada após o término do processo de intervenção, na tentativa de identificar diferenças de desempenho em relação ao tema estudado. A análise mostrou que o desempenho na avaliação de GD apresentou comportamento heterogêneo em dois pares de comparações, provavelmente em função do desempenho inferior do grupo teste-estéreo se comparado aos demais. Neste momento, vale destacar que o grupo teste-mono apresentou melhor desempenho que os demais, seguido pelo grupo de controle. Em última posição, observa-se o grupo teste-estéreo.

Com base no desempenho inferior do grupo teste-estéreo na avaliação de GD bem como no TVZ fica clara a existência de outros fatores externos à pesquisa experimental que possivelmente influenciaram mais o resultado do que as intervenções empregadas em sala de aula. Dentre as possíveis explicações plausíveis para esta diferença pode-se pensar que uma delas esteja associada à dedicação dos alunos às demais disciplinas do curso. Assim como a disciplina de Geometria Gráfica para Engenharia é ministrada por vários professores, as demais disciplinas do curso também possuem a mesma característica. Como os docentes das turmas podem variar, possivelmente, os alunos do grupo teste-estéreo se dedicaram mais a alguma outra disciplina em detrimento ao curso de GD. Isso pode ter acontecido, por exemplo, por uma maior exigência do professor da disciplina, obrigando e influenciando esses alunos a dedicarem a ela mais tempo disponível fora do horário normal de aula. Com isso, a participação e o desempenho no curso de GD podem ter sido afetados. Menos provável,

porém possível de acontecer, os alunos do grupo teste-estéreo também podem ter se deixado influenciar por uma falta de empatia pelo professor do curso ou em relação a sua didática e conduta em sala de aula. Esse sentimento, atrelado às possíveis explicações anteriores, possivelmente pode ter se apresentado como um fator de aversão à disciplina. Vale destacar que não foi observado nenhum tipo de atrito, discussão ou desentendimento entre o professor e os alunos no decorrer do curso de GD.

Independente do tratamento empregado, inegavelmente sabe-se que o desenvolvimento da HVE nas aulas de GD só acontece com a prática da resolução de exercícios. O acompanhamento das aulas durante a realização do estudo propiciou a oportunidade de verificar hábitos praticados pelos estudantes no que se refere à resolução de exercícios solicitados em aula, bem como daqueles a serem entregues nas aulas seguintes. Notou-se que, além de nem todos se preocuparem com esta prática, em sua maioria, como forma de atender às exigências do professor e assim garantir benefícios em termos de notas, praticam a cópia das atividades pedidas de colegas da turma. Assim elimina-se qualquer possibilidade desses estudantes praticarem os conceitos transmitidos pelo docente, anulando também maiores chances de desenvolvimento de suas habilidades espaciais, mesmo diante de uma quantidade relativamente grande de exercícios disponíveis na apostila do curso.

Uma alternativa ao modelo experimental utilizado no estudo poderia se concentrar unicamente na avaliação dos exercícios resolvidos em sala de aula. Isto pode ser explicado pelo fato dos testes de visualização medirem somente a HVE dos participantes com base em processos cognitivos intrínsecos a cada indivíduo. Neste processo, todos os estudantes constituintes da amostra são analisados segundo esse aspecto, ou seja, apenas levando-se em conta seu nível de habilidade espacial. No entanto, deve-se considerar também que muitos alunos que compõem o processo de análise não praticaram devidamente o ato de resolver exercícios, e seu desempenho é considerado na análise geral. Com base nesses comentários, acredita-se que uma nova pesquisa experimental nesse sentido poderia ser conduzida. Como forma de incentivar a prática dos exercícios e simultaneamente controlar os participantes que realmente os fazem, o experimento deve apresentar um caráter controlado em sala de aula, e totalmente focado nas dificuldades individuais dos alunos presentes no estudo. Deste modo, a cada atividade do professor em sala de aula (independente do grupo), deve-se verificar se os estudantes obtiveram êxito na resolução dos exercícios solicitados. Como a ferramenta utilizada no estudo visa facilitar e desenvolver a visualização da representação projetiva, e a partir dela permitir que o aluno conceba a solução do problema, a mensuração da capacidade mencionada refletirá o avanço e a habilidade do aluno na execução desta tarefa. Por fim, superada esta fase, o processo de resolução de exercícios apresentará maior possibilidade de sucesso no desenvolvimento da HVE dos alunos, possivelmente com a detecção de melhoras significativas nos grupos teste-mono e teste-estéreo, auxiliadas pelos recursos adicionais oferecidos pelo GD@RV.

5. Conclusão

A habilidade de visualização espacial se apresenta como uma valiosa capacidade cognitiva humana para a prática profissional do engenheiro e as disciplinas de Desenho na Engenharia apresentam um enorme potencial para o desenvolvimento da cognição

Pesquisa Experimental para Análise do Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Ferramenta Inovadora de Realidade Virtual para o Ensino de Geometria Descritiva

espacial. Um dos tópicos abordados no conteúdo dessas disciplinas refere-se à Geometria Descritiva, que se constitui no principal instrumento para o treinamento da potencialidade intelectual dos estudantes na percepção do espaço. A Realidade Virtual, explorada em diversas áreas do conhecimento, dentre eles a educação, inclui tecnologias de interface que exploram canais multissensoriais, proporcionando aos usuários a capacidade de navegar e interagir em um espaço tridimensional gerado por processamento computacional. O ambiente de RV utilizado no estudo proporciona aos usuários a possibilidade de manipular e interagir com objetos, em qualquer orientação, posicionados no espaço. Embora a GD faça uso apenas de representações planares (2D), seu ensino pode ser beneficiado por este processo de interação. Mais ainda, alguns ambientes de RV fazem uso da tecnologia da estereoscopia, que se refere à capacidade de enxergar em três dimensões através da percepção da profundidade em imagens. Por esta razão, e com base nas vantagens advindas do uso da RV no âmbito educacional, o estudo em questão apresentou os efeitos do uso do GD@RV como uma ferramenta inovadora para apoio ao ensino de GD baseada em técnicas de RV, em especial a estereoscopia.

A conclusão final do estudo, considerando os resultados das avaliações quantitativa e qualitativa, é que o uso de sistemas estereoscópicos modernos no processo de ensino-aprendizagem facilita a visualização. No entanto, não se pode afirmar que o desenvolvimento da cognição espacial dos estudantes foi beneficiado com o uso desta tecnologia, e outros estudos se fazem necessários para maiores observações. Finalmente, acredita-se que a ferramenta desenvolvida, em sua primeira versão, pode ser implantada e explorada no apoio ao ensino de GD em outras instituições contribuindo para a aprendizagem do tema e para o avanço dos métodos de ensino, adequando-os gradativamente à realidade tecnológica vivenciada atualmente.

Agradecimentos

O autor agradece aos estudantes ingressantes no curso de Geometria Gráfica para Engenharia, Prof. Dr. Gerardo Prieto Adanez e Profa. Dra. Angela Dias Velasco pela sua contribuição com o TVZ e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil por financiar esta pesquisa.

Referências

- ADANEZ, G. P.; VELASCO, A. D. Construção de um teste de visualização a partir da psicologia cognitiva. **Avaliação Psicológica**, v.1, n.1, p.39-47, 2002.
- CAMPBELL, D. T. Reforms as experiments. **American Psychologist**, n.24, p.409-429, 1969.
- CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo: EDUSP, 1979. 138p.
- GEARY, D. C. et al. Sex differences in spatial cognition, computational fluency, and arithmetical reasoning. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.77, p.337-353, 2000.
- GORSKA, R.; SORBY, S. A.; LEOPOLD, C. Gender differences in visualization skills – an

Pesquisa Experimental para Análise do Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial em Ferramenta Inovadora de Realidade Virtual para o Ensino de Geometria Descritiva

international perspective. **Engineering Design Graphics Journal**, v.62, n.3, p.9-18, 1998.

SCHNEIDER, P. J.; PENFIELD, D. A. Alexander and govern's approximation: providing an alternative to ANOVA under variance heterogeneity. **The Journal of Experimental Education**, v.65, p.271-286, 1997.

SEABRA, R. D. **Uma ferramenta em realidade virtual para o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial**. 2009. 227f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. Avaliação da eficácia de um curso de geometria gráfica para engenharia no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial. **XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Anais do COBENGE 2007, Curitiba, Paraná, 2007a.

_____. Avaliando a aptidão espacial de estudantes de um curso de geometria gráfica. **18º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**, Anais do GRAPHICA 2007, Curitiba, Paraná, 2007b.

_____. Diferenças na cognição espacial de alunos ingressantes em engenharia: a procedência e o curso interferem no desempenho da visualização espacial? **XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Anais do COBENGE 2008, São Paulo, São Paulo, 2008.

_____. GD@RV: Uma ferramenta em realidade virtual para o ensino de geometria descritiva. **XIX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**, Anais do GRAPHICA 2009, Bauru, São Paulo, 2009a.

_____. Exploring virtual reality in classroom for teaching and learning of descriptive geometry. **Interactive Computer Aided Blended Learning**, Proceedings of ICBL 2009, Florianópolis, Santa Catarina, 2009b.

SORBY, S. A. Assessing and improving spatial visualization skills of engineering students: international collaborations and studies. **IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design**, p.1285-1313, 2001.