



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

A Realidade Virtual como Ferramenta de Aprendizagem
na Formação do Profissional da Construção Civil.

Roberto Cavalleiro de Macedo Alves

Belém

2014

Roberto Cavalleiro de Macedo Alves

**A Realidade Virtual como Ferramenta de Aprendizagem
na Formação do Profissional da Construção Civil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Renato Martins das Neves
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
Orientador

Belém
2014



**A REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA DE
APRENDIZAGEM NA FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

AUTOR:

ROBERTO CALAVEIRO DE MACEDO ALVES

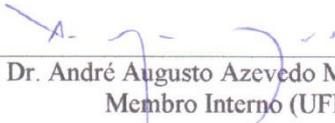
DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA
APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTI-
TUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA
DE CONCENTRAÇÃO EM ENGENHARIA DE
CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 16 / 12 / 14

BANCA EXAMINADORA:



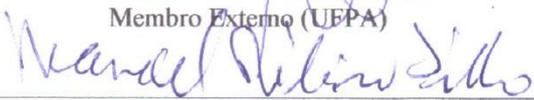
Prof. Dr. Renato Martins Das Neves
Orientador (UFPA)



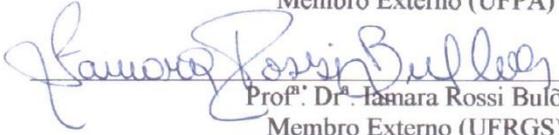
Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Membro Interno (UFPA)



Prof. Dr. André Luiz G. Da Cruz
Membro Externo (UFPA)



Prof. Dr. Manoel Ribeiro Filho
Membro Externo (UFPA)



Prof. Dr. Tamara Rossi Bulhões
Membro Externo (UFRGS)

Visto: 

Prof. CLAUDIO JOSÉ CAVALCANTE BLANCO, Ph.D.
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

Aos meus pais Orlindo e Diquinha (In memoriam),
pelo carinho e todo o esforço que fizeram
pela minha educação e formação profissional.

Aos meus irmãos e irmãs:
Reginaldo, Rui, Regilene, Rosana, Rogério e Romulo, e aos seus,
pelo carinho e amizade que muito contribuiu
para minha formação como pessoa.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida.

A Universidade Federal do Pará (UFPA), que através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e ao Instituto Federal do Pará (IFPA), Campus Industrial de Marabá, instituição ao qual estou vinculado como docente, que possibilitaram essa oportunidade de crescimento profissional.

Ao professor Dr. Renato Martins das Neves que com habilidade conduziu a orientação deste trabalho.

Aos professores Dr. Manoel Ribeiro Filho e Dr. André Cruz, que foram fundamentais em momentos de definição e consolidação deste trabalho.

A Eletronorte S.A, na pessoa do Sr. Joaquim Pinheiro de Oliveira Neto, que concedeu autorização de uso do software ITV para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Realidade Virtual (LaRV) da Faculdade de Engenharia da Computação da UFPA que concedeu o espaço e permitiu fazer amizades com Diego Carneiro Pinheiro e Jefferson Luiz Oliveira Ribeiro que contribuíram de forma relevante neste trabalho.

Ao amigo Paulo André Ignácio Pontes que a todo o momento “emprestava” seus conhecimentos na área de informática.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

**“A educação é a arma mais poderosa
que você pode usar para mudar o mundo”**

Nelson Mandela

RESUMO

A sociedade vem se tornando mais exigente. O cliente tornou-se mais informado, por isso demanda produtos e serviços diferenciados quanto à qualidade, ao mesmo tempo em que requer rapidez de entrega, menor custo e maior flexibilidade. Como consequência dessas exigências de mercado, a qualificação profissional vem sendo afetada, existindo a necessidade de um novo perfil profissional. Com isso, questões de como as pessoas aprendem e as condições sob as quais o fazem são fundamentais para a formação desse profissional.

Esta pesquisa pretende avaliar a potencialidade da realidade virtual como uma ferramenta didática, no processo de ensino-aprendizagem na formação de novos profissionais de engenharia, procurando minimizar a relação entre teoria e prática, a contextualização desses conhecimentos e suas aplicabilidades, por ser este um dos grandes problemas atual nas mais diversas escolas de engenharia, mostrando ainda a interatividade como uma das principais características da realidade virtual, assim como o seu poder de simulação.

Para tal foi desenvolvido um ambiente virtual de aprendizagem em realidade virtual sobre a plataforma do Sistema de Autoria de Instruções Técnicas Virtuais que mostra o passo a passo do processo executivo de alvenaria e posteriormente aplicado em um estudo de caso com acadêmicos do primeiro semestre de cursos ligados a área da construção civil, os quais obtiveram ganhos consideráveis de conhecimento dos conceitos relacionados ao tema e da sequência de execução da alvenaria.

Palavras chaves: Realidade Virtual, Aprendizagem, Interatividade, Alvenaria.

ABSTRACT

Society is becoming more demanding. The customer has become more informed, so demand differentiated products and services for quality, while requiring fast delivery, lower cost and greater flexibility. As a result of these market requirements, the qualification is affected; there is a need for a new professional profile. Questions of how people learn and the conditions under which they are fundamental to the formation of this professional.

This research intends to evaluate the potential of virtual reality as a teaching tool in the teaching-learning process in the formation of new engineering professionals, seeking to minimize the relationship between theory, practice, such knowledge contextualization and their applicability, because this is one of major current problem today in several engineering schools, still showing interactivity as one of its main characteristics, as well as his great power simulation.

For such a virtual learning environment was developed in virtual reality on the platform of Virtual Authoring System Technical Instructions that shows the step by step process of the executive masonry and then applied to a case study with students from first semester of courses related to the area construction, which made considerable gains knowledge of concepts related to the theme and the execution sequence of masonry.

Keywords: Virtual reality; Learning; Interactivity; Masonry

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS.

FIGURA 01 – Evolução histórica do paradigma educacional	20
FIGURA 02 - Interação do usuário sem a percepção dos computadores	24
FIGURA 03 - Sensorama	26
FIGURA 04 - Realidade virtual: (a) não imersiva e (b) imersiva.....	27
FIGURA 05 - Elementos chave de sistemas de realidade virtual	29
FIGURA 06 - 6DOF – Seis graus de liberdade dos elementos de ambientes virtuais	30
FIGURA 07 - Dispositivo de rastreamento e luva digital	30
FIGURA 08 - Vídeo capacete – HMD.....	32
FIGURA 09 - Funcionamento de uma CAVE	33
FIGURA 10 – Jogo DOOM.....	36
FIGURA 11 - Unidade geradora virtual	36
FIGURA 12 – Blocos e/ou tijolos cerâmicos de vedação	43
FIGURA 13 - Juntas de assentamento.....	44
FIGURA 14 - Ferro-cabelo	45
FIGURA 15 - Amarração entre paredes de alvenaria.....	45
FIGURA 16 - Encunhamento das paredes.....	46
FIGURA 17 - Fissuras indesejáveis na alvenaria próximo aos vãos.....	47
FIGURA 18 - Verga, contraverga e cinta de amarração.....	47
FIGURA 19 - Locação de parede.....	48
FIGURA 20 - Marcação das fiadas.....	48
FIGURA 21 - Nivelamento da primeira fiada	49
FIGURA 22 - Nivelamento com nível de mangueira.....	49
FIGURA 23 - Ferramentas e equipamentos.....	50
FIGURA 24 - Chapisco: (a) rolado; (b) com argamassa industrializada	51
FIGURA 25 - Molhagem da base da fiada de marcação	52
FIGURA 26 - Assentamento dos blocos das extremidades da fiada de marcação.....	53
FIGURA 27 - Esquema geral da marcação de alvenaria e posicionamento dos ferros-cabelo	53
FIGURA 28 - Transporte dos blocos	54

FIGURA 29 - Caixaote plástico com suporte metálico para colocação de alvenaria	54
FIGURA 30 - (a) assentamento de blocos sobre cordões de argamassa; (b) aplicação de argamassa por meio de bisnaga.....	55
FIGURA 31 - Assentamento dos blocos da extremidade	55
FIGURA 32 - Linha de náilon esticada por meio de: (a) suporte de madeira; (b) escantilhão.....	56
FIGURA 33 - (a) assentamento dos blocos intermediários; (b) nível e prumo das fiadas.....	56
FIGURA 34 - Cavaletes e plataformas para andaimes	57
FIGURA 35 - Fixação da alvenaria por meio de bisnaga, com destaque do vão de 1,5 a 3,0 cm	58
TABELA 01 - Passo-a-passo do processo executivo da alvenaria de vedação	58
TABELA 02 - Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa	59
FIGURA 36 - Delineamento da pesquisa	61
FIGURA 37 - Estrutura de desenvolvimento do ALVI.....	62
FIGURA 38 - Tela inicial do ALVI.....	63
FIGURA 39 - Tijolo modelado	64
FIGURA 40 - Objetos modelados e texturizados	65
FIGURA 41 - Imagens do processo construtivo de alvenaria no ALVI	66
FIGURA 42 - Alunos do curso de arquitetura utilizando a versão beta do ALVI.....	67
FIGURA 43 - Alunos do curso de engenharia civil utilizando o ALVI	68
FIGURA 44 - Estrutura do modelo de avaliação de jogos educacionais.....	72
GRÁFICO 01 - Conhecimento prévio sobre o processo construtivo de alvenaria (Versão beta do ALVI)	80
GRÁFICO 02 - Relação de conhecimentos antes e depois do uso do ALVI (Versão beta do ALVI)	81
GRÁFICO 03 - Satisfação dos alunos usuários na utilização da versão beta do ALVI.....	82
GRÁFICO 04 - Sugestões de melhorias para o ALVI.....	82

GRÁFICO 05 - O ALVI como ferramenta de aprendizagem (Versão beta do ALVI).....	83
GRÁFICO 06 - Conhecimento prévio sobre o processo construtivo de alvenaria (Estudo de Caso).....	84
GRÁFICO 07 - Relação de conhecimentos antes e depois do uso do ALVI (Estudo de Caso).....	84
GRÁFICO 08 - Relação de conhecimentos entre as versões do ALVI após a sua utilização.....	85
GRÁFICO 09 – Acertou a sequência do processo construtivo de alvenaria	86
GRÁFICO 10 – Dados do questionário de avaliação de jogos educativos referente aos itens de motivação	87
GRÁFICO 11 – Dados do questionário de avaliação de jogos educativos referente aos itens de experiência do usuário	89
GRÁFICO 12 – Dados do questionário de avaliação de jogos educativos referente aos itens de aprendizagem.....	91
GRÁFICO 13 – Média de auto avaliação dos objetivos de aprendizagem.....	92

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

1 – INTRODUÇÃO	14
1.1 - CONTEXTO DE PESQUISA	14
1.2 - JUSTIFICATIVA E OBJETIVO.....	15
1.3 - METODOLOGIA DE PESQUISA	16
1.4 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 – METODOLOGIAS ATIVAS E NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO	18
2.2 - REALIDADE VIRTUAL	23
2.2.1 – Conceitos, histórico e princípios	25
2.2.2 – Sistemas de realidade virtual.....	27
2.2.3 – Ambientes de <i>hardware</i> e <i>software</i>	28
2.2.3.1 – <i>Hardware</i>	28
2.2.3.2 – <i>Software</i>	33
2.2.4 – Realidade Virtual em PCs padrão.....	35
2.2.5 – Realidade Virtual e aprendizagem.....	37
2.2.6 – Sistema de Autoria de Instruções Técnicas Virtuais.....	39
2.3 – ALVENARIA.....	41
2.3.1 – Elementos da alvenaria	42
2.3.1.1 - Tijolos e/ou blocos.....	42
2.3.1.2 - Argamassa e junta de assentamento	43
2.3.1.3 - Ligações com os outros componentes	44
2.3.1.4 - Locação das paredes e nivelamento da primeira fiada	47
2.3.2 – Ferramentas e equipamentos	50
2.3.3 – Processo executivo de alvenaria de vedação.....	50
3 – METODOLOGIA.....	59
3.1 - EXTRATÉGIA DE PESQUISA	59
3.2 - DELINEAMENTO DA PESQUISA	60

3.2.1 - Etapa 1: Revisão bibliográfica e escolha das tecnologias	61
3.2.2 - Etapa 2 : Desenvolvimento do Alvenaria Virtual - ALVI.....	62
3.2.2.1 – Teste com a versão beta do Alvenaria Virtual - ALVI	67
3.2.3 - Etapa 3: O estudo de caso	68
4 – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	80
4.1 – AVALIAÇÃO DA VERSÃO BETA DO ALVI	80
4.2 – AVALIAÇÃO DO ALVI NO ESTUDO DE CASO	83
4.3 – AVALIAÇÃO DO ALVI UTILIZANDO O QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE JOGOS EDUCATIVOS.....	86
4.3.1 – Componente motivação.....	86
4.3.2 – Componente experiência do usuário	88
4.3.3 – Componente aprendizagem.....	90
4.3.4 – Avaliação dos objetivos de aprendizagem.....	91
5 – CONCLUSÕES	93
5.1 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
5.2 – TRABALHOS FUTUROS	95
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	96

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - CONTEXTO DE PESQUISA

Para um processo de aprendizado eficaz é indispensável à conjugação da teoria com a prática. Aprender significa estar apto para realizar determinada tarefa e para tal, é necessário conhecer a fundamentação teórica que embasa este conhecimento, assim como, desenvolver as habilidades necessárias à transformação desta fundamentação em ações do dia-a-dia, sendo a prática a responsável por esta ação.

Bringuenti¹ (1993) *apud* Oliveira (2000), diz que “as primeiras Escolas de Engenharia surgiram com a finalidade de unir a teoria e a prática, mas é fácil notar pela organização dos cursos, que esses aspectos mantiveram-se, e em geral ainda hoje mantêm-se, nitidamente separados”. Não é incomum escutar alunos reclamando que os cursos são muito teóricos e pouco práticos, muitas vezes ressaltando que é essência das “Escolas” serem mais teóricas do que práticas.

Vários são os fatores que interferem nesse processo de aprendizagem em que há certo detrimento da prática, dentre eles a ausência de laboratórios de ensaios. Esta situação é ainda mais agravada, pois, segundo Bringuenti (1993) *apud* Oliveira (2000), “há dois tipos de prática: a prática de aprendizagem, realizada através de exercícios e atividades de laboratório, e a prática profissional, viabilizada através de estágios, empresas júnior e visitas técnicas”. A aplicação da “prática, na prática”, no cotidiano do profissional da construção civil, o que causa um desequilíbrio maior ainda entre a teoria e prática.

¹ BRINGUENTI, I. (1993) - **O Ensino de Engenharia na Escola Politécnica da USP: Fundamentos para o Ensino de Engenharia**. EPUSP, São Paulo-SP.

Todo este cenário contribui para uma falta de melhor aproveitamento deste aprendizado, assim como de um aperfeiçoamento mais eficaz pelos futuros profissionais das técnicas utilizadas na construção civil, causando uma grande desconfiança na utilização desta mão de obra pelo mercado.

A partir do contexto acima apresentado, a presente pesquisa busca responder a seguinte questão: Como as “Escolas de Engenharia” podem aproximar a teoria e a prática das técnicas construtivas, na formação dos acadêmicos da construção civil?

1.2 – JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

Com a popularização do computador e posteriormente da internet, que provocou uma maior globalização no mundo dos negócios e conseqüentemente o aumento da competitividade, fez com que a indústria da construção civil, mesmo sendo considerada tradicional e conservadora, tenha procurado inovar para obter maior produtividade, qualidade e redução de custos.

Como forma de inovação, o uso da computação aplicada tornou-se uma ferramenta essencial no desenvolvimento de projetos. A introdução consciente de conceitos e ferramentas de computação é exigida pelas mudanças que estão ocorrendo no mundo profissional.

O potencial de aplicação da computação na construção civil é enorme. Desde as fases iniciais de concepção de um empreendimento, passando pelos estudos de viabilidades, esboços, concepção artística do edifício; desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estruturais e de instalações; na simulação de desempenho, projetos para a produção, concepção do canteiro e gestão da obra; e na fase de uso com a avaliação pós ocupacional, o gerenciamento de facilidades e a automação predial; até a demolição e reciclagem final de seus resíduos.

Whyte (2002) diz que a realidade virtual está influenciando a maneira como os espaços são projetados e mudando a nossa experiência com o ambiente construído. Primeiramente descrita como mais útil aos arquitetos, por permitir caminhar junto com o cliente em torno de um novo edifício, antes mesmo que seja construído, a realidade virtual vem sendo usada dentro da

equipe de projetos e da cadeia de suprimentos para visualizar e gerenciar dados de engenharia e projeto cada vez mais complexos.

Um dos objetivos da realidade virtual é encontrar falhas antes mesmo da execução do projeto, quando elas são menos onerosas para corrigir, e outro é explorar completamente novas soluções para o projeto. A realidade virtual pode ser vista como uma extensão do potencial dos pacotes CAD (WHYTE, 2002).

Hoje através da realidade virtual vislumbra-se a computação, não apenas como instrumento no desenvolvimento e acompanhamento de projetos, mas como parte integrante do processo de aprendizado e treinamento dentro do contexto da construção civil. Apresenta-se ao aprendiz uma nova tecnologia de aprendizagem que lhe permite uma participação mais ativa no processo de busca pelo conhecimento.

A realidade virtual pode ser descrita como um conjunto de tecnologias que apoiadas no uso de computadores, simulam a realidade existente ou a realidade projetada. Esta ferramenta permite aos utilizadores do computador, a participação em ambientes tridimensionais, possibilitando-lhes que interajam com objetos virtuais.

Diante desta realidade é que se vislumbra a criação de ambiente de aprendizagem que funcionem como laboratórios virtuais, no qual possam simular situações reais do cotidiano da construção civil, que possibilitará o aperfeiçoamento técnico destes profissionais e/ou os auxiliará em tomadas de decisões, assim como ferramenta de aprendizado para acadêmicos da área.

O realismo, a interatividade e a capacidade de simulação permitida pela realidade virtual facilitam o aprendizado e permite um maior aperfeiçoamento das técnicas da construção civil, diminuindo a distância entre a teoria e prática.

Desta forma o objetivo principal da pesquisa foi: Avaliar a eficiência de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em conceitos de realidade virtual no aprendizado dos acadêmicos da construção civil.

1.3 - METODOLOGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso. A pesquisa se desenvolveu em três etapas, a primeira se deu através de uma revisão bibliográfica e a determinação das tecnologias que foram utilizadas para o

desenvolvimento do ambiente virtual de aprendizagem. A segunda consistiu no desenvolvimento deste ambiente virtual de aprendizagem segundo os conceitos de realidade virtual, que teve como tema central o processo construtivo de alvenaria, seguido por testes de avaliação na versão beta e o aprimoramento final. A terceira etapa foi à realização de um estudo de caso através da utilização deste ambiente a alunos do curso de engenharia civil e aplicação de questionários estruturados.

1.4 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em 5 (cinco) capítulos que tratam dos assuntos especificados a seguir:

Capítulo 1 - Introdução: é o capítulo introdutório ao tema de pesquisa, no qual se apresentam a contextualização do assunto, a justificativa com os motivos que levaram a escolha do tema, define-se as questões de pesquisa, o objetivo geral, além de abordar aspectos gerais do método e a estrutura desta dissertação.

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica: apresenta a explanação feita nos referenciais teóricos, que serviram para dar embasamento à pesquisa. Apresenta um breve comentário sobre o uso de metodologias ativas e novas tecnologias na educação; relata sobre a realidade virtual, sua origem, princípios e aplicações; assim como sobre alvenaria: conceito, elementos e descreve o processo construtivo de alvenaria, tema central abordado pelo ambiente virtual de aprendizagem.

Capítulo 3 - Metodologia de pesquisa: é o capítulo no qual se apresenta a estratégia de pesquisa que foi utilizada, o procedimento de desenvolvimento do ambiente virtual de aprendizagem e a descrição de como foi realizado o estudo de caso com a aplicação do ambiente virtual de aprendizagem.

Capítulo 4 – Avaliação dos resultados: apresenta os resultados obtidos com as respostas de todos os questionários aplicados durante as duas etapas de aplicação do ambiente virtual de aprendizagem.

Capítulo 5 – Considerações finais: apresenta as considerações finais da pesquisa e as sugestões para pesquisas futuras a partir desta.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados assuntos referentes à fundamentação teórica do trabalho, tais como, metodologias ativas e o uso de novas tecnologias na educação, realidade virtual (RV) e processo construtivo de alvenaria.

2.1 – METODOLOGIAS ATIVAS E NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO

A grande globalização vivenciada no cenário mundial a partir do final do século passado, trouxe mudanças significativas no cotidiano do homem moderno, como forma deste se adequar a essa nova realidade. A busca constante por melhorias fez com que as organizações procurassem aperfeiçoar suas metodologias a fim de encontrar a excelência.

Segundo Ribeiro (2008), muito se tem discutido sobre a inadequação do modelo e da metodologia tradicionais para a formação de engenheiros para atuar num mundo em constante mudança, com integridade profissional e responsabilidade social e ambiental.

Para Sesoko e Mattasoglio Neto (2014), o mundo profissional atual necessita de profissionais que detenham conhecimentos técnicos e também habilidades transversais, que devem ser desenvolvidas durante a graduação para que os discentes ingressem na profissão com essas habilidades, ao invés de obtê-las durante a experiência profissional.

De acordo com a Resolução no 11/2002 (CFE/CES) que estabeleceu as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia, o ensino de engenharia deve estar alinhado com as exigências impostas pela globalização, pois de acordo com o Art. 3º, a formação do engenheiro deve ser generalista, humanista, crítica e reflexiva, que o capacite a

absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (MASSON *et. al.*, 2012)

Nas últimas décadas as escolas de engenharia estão buscando novas metodologias que supram as necessidades exigidas para um bom engenheiro, que são os conhecimentos específicos e as habilidades transversais (capacidade de se expressar, pró-atividade, liderança, trabalho em equipe e gestão de projetos), e vêm estudando as metodologias ativas, mais especificamente o *Problem Based Learning* (PBL) e o *Projeto Based Learning* (PjBL) (SESOKO e MATTASOGLIO NETO, 2014).

Segundo Fernandes *at. al.* (2014), estratégias de aprendizagem como *Problem Based Learning* (PBL) e *Projeto Based Learning* (PjBL), entre outras estratégias de aprendizagem cooperativa são consideradas "pedagogias de engajamento" pois requerem que os alunos participem ativamente da aprendizagem à medida que fazem as tarefas de um determinado assunto. Estas abordagens promovem uma experiência de aprendizagem mais atraente e significativa para os alunos, pois fomentam entre outras habilidades, o pensamento crítico e a autonomia do aluno.

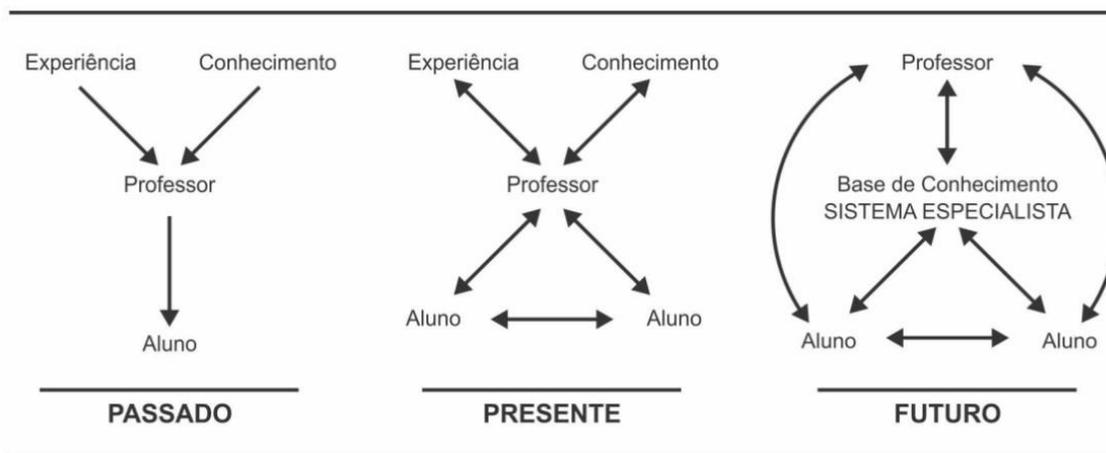
Sesoko e Mattasoglio Neto (2014) dizem que metodologias ativas são aquelas cujo aprendizado está centrado no aluno, que assume a corresponsabilidade pelo aprendizado passando a exercer um papel ativo, portanto o professor passa a ser um tutor com papel de facilitador, que tem como função estimular, motivar, provocar e questionar os estudantes, deixando de ser o único detentor e transmissor do conhecimento. Nessa concepção tanto habilidades não técnicas como as técnicas, são desenvolvidas.

No contexto de uma sociedade do conhecimento, a educação exige uma abordagem diferente em que o componente tecnológico não pode ser ignorado. As novas tecnologias e o aumento exponencial da informação levam a uma nova organização de trabalho.

Para Masson *et. al.* (2012) a tecnologia digital é parte integrante e indissociável na metodologia de projetos de aprendizagem pelo fato de ser um espaço efetivo para: interação, aprendizagem colaborativa, disseminação de processos e resultados.

Branson² *apud* Pinto (2001), analisando os modelos educacionais, propôs um modelo que traça a evolução do paradigma educacional com a utilização de computadores na educação. O autor afirma que, no passado, a figura do professor estaria caracterizada como transmissor e único detentor do conhecimento, e ao estudante, o receptor. No presente, mesmo com a relação mais estreitada estudante-professor, este continuaria a ser ainda a única fonte de conhecimento e, de experiência. No futuro, estudante e professor, através de modelo centrado em tecnologia, com implantação de sistemas especialistas, volta-se o foco para o estudante e, professores e estudantes, interagirão entre si, com base de conhecimento e sistemas especialistas, ver Figura 01 (PEREIRA *et. al.* 2007).

FIGURA 01 - Evolução histórica do paradigma educacional



Fonte: Adaptado de Freitas (2001) *apud* Pereira et al (2007)

A situação descrita no início da década passada pelo autor acima pode ser validada no que dizem Rocha e Joye (2013). “A sociedade da informação e comunicação caracteriza-se pela abundância de informações e multiplicidade de contextos que conseguem gerar. Com a Consciência de que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) estão transformando o mundo, é importante considerá-las no terreno da Educação”, e que, “É preciso atentar para as transformações dos usos e costumes, e nesse sentido o aluno mudou. Tem a sua disposição diversas tecnologias, ampliadas, de bases digitais”.

² BRANSON, Robert. *Issues in the design of schoolingz changing the paradigm*. *Educational Techonology*, v. Ap 1990, p.7-10.

Abulrub *et. al.* (2011) relatam que hoje a tecnologia é fator influente na educação, como jamais foi antes e que as instituições de ensino são desafiadas por esse novo requisito tecnológico e devem adotar estratégias adequadas para satisfazer essa inovadora demanda educacional.

Para Klopfer *et. al.* (2009) o surgimento das tecnologias de redes sociais e a evolução dos jogos digitais ajudaram a moldar as novas formas com que as pessoas estão se comunicando.

A comunicação na era digital possibilita a ampliação de meios para a aprendizagem compartilhada e o conhecimento colaborativo, potencializando o espaço de sala de aula em ambientes virtuais capazes de estabelecer, além do ensino presencial, a educação à distância (FREITAS *et. al.* 2013).

Diante desse contexto, o futuro cenário nas instituições de ensino poderá estar envolvido em discussões eletrônicas, interligadas por computadores, dinamizando o seu processo produtivo (WILDAUER, 2013).

Lollini³ (1991) *apud* Pereira *et. al.* (2007), afirma que [...] um dos méritos do computador no campo da educação é, porém, o de tentar resolver um dos grandes problemas da educação: como respeitar o ritmo da aprendizagem, como evitar defasagens entre os tempos propostos (ou impostos) pela escola e o tempo necessário ao estudante numa atividade particular em um determinado momento da vida.

De todo modo, a introdução do computador na aprendizagem impõe um desafio aos educadores, administradores, especialistas e desenvolvedores de Produtos Educacionais Informatizados (PEI): fazer evoluir os conceitos, valores, princípios e processos tecnológicos para melhor se adequarem e se ajustarem os objetivos da formação pedagógica aos objetivos do aprendiz (SILVA, 1998 *apud* ROCHA e JOYE, 2013).

Segundo os anais dos cursos de qualidade, promovidos pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC, 2002), a revolução do conhecimento já era impulsionada para novas tecnologias e nova engenharia de produtividade, o que resulta em uma revolução de mentes e ideias. Não há como ignorar os avanços tecnológicos nem como ficar preso a tradições de ensino e aprendizagem. O que se observa, segundo os mesmos apontamentos dos

³ LOLLINI, P. (1991) - **Didática e computadores: quando e como a informática na escola**. São Paulo: Loyola.

cursos de qualidade da SBC (2000 a 2007) e do MEC (2000 a 2008), é uma mudança emergente do ensino em nosso país (WILDAUER, 2013).

Prensky (2008) relata que a tecnologia de hoje oferece aos alunos todos os tipos de ferramentas, novas e eficazes, que podem ser usadas para aprender por conta própria.

Segundo Rocha e Joye (2013), a filosofia do uso das TICs consiste em inserir o aluno em situação de participação mais ativa na sua aprendizagem. O uso apropriado das TICs nas aulas deve se pautar por concepções pedagógicas que favoreçam procedimentos metodológicos, com centralidade no educando, com iniciativas à interação entre pares e com professores no cumprimento de atividades que ajudem a construir conhecimento.

Barilli (2012) diz que seu objetivo é capacitar o aluno a refletir sobre suas próprias necessidades e potencialidades, contribuindo para o desenvolvimento de uma consciência crítica sobre os conteúdos que são relevantes para o processo educativo, permitindo-lhes decidir quando e como usar o conhecimento adquirido.

É preciso considerar que a aquisição, pela escola, de computadores, de laboratórios munidos com projetor e conexão banda larga não representa a livre navegação de saberes, não representa a alteração dos modelos de aulas acadêmicas. O acesso a computadores ligados a internet representa apenas parte do processo de integração da escola à sociedade informatizada. Representa apenas a infraestrutura da tecnologia digital (ROCHA e JOYE, 2013).

"A sala de aula interativa seria o ambiente em que professor interrompe a tradição do falar/ditar, deixando de identificar-se com o contador de histórias, e adota uma postura semelhante a dos designers de software interativo. Ele constrói um conjunto de territórios a serem explorados pelos alunos e disponibiliza co-autoria e múltiplas conexões, permitindo que o aluno também faça por si mesmo. Isto significa muito mais do que ser um conselheiro, uma ponte entre a informação e o entendimento, [...] um estimulador de curiosidade e fonte de dicas para que o aluno viaje sozinho no conhecimento obtido nos livros e nas redes de computador. [...] E a educação pode deixar de ser um

produto para se tornar um processo de troca de ações que cria conhecimento e não apenas o reproduz". (SILVA⁴, 2000 *apud* BRAGA, 2001).

Wildauer (2013) diz que as novas tecnologias de ensino poderão disponibilizar novos ambientes com novas características como a comunidade virtual de aprendizagem, que permitirá maior flexibilidade, segurança, conveniência, apoio e participação a nível global em discussões de ideias e teses, proporcionadas pela internet; videoconferências; treinamentos via realidade virtual; abertura de espaços culturais e fusão de ideias escolares e universitárias com organizações privadas e públicas no desenvolvimento de novos projetos, inclusive de pesquisa.

Segundo Vafadar (2013) hoje em dia, a tecnologia de realidade virtual tem sido aplicada em vários domínios, entre os quais estão: os simuladores de treinamento e a educação. Para Pantelidis (2009) a realidade virtual motiva os alunos, pois requer interação e incentiva a participação ativa em vez de passividade. Ela prende a atenção dos alunos.

2.2 - REALIDADE VIRTUAL (RV)

Nos primórdios da evolução tecnológica, o homem dispunha de poucos dispositivos que o ajudavam a interagir com o mundo e com as informações de forma natural. Os primeiros computadores eram muito lentos e limitados, o usuário emitia comandos e esperava os resultados, não havendo diálogo ou interação humano-computador em tempo real. O avanço das tecnologias de *hardware* e *software* viabilizou a produção de computadores mais complexos e potentes, exigindo conhecimento técnico especializado por parte do usuário. A utilização de redes de computadores e de comunicação permitiu a interação do usuário com o computador de qualquer lugar e de forma transparente, sem que o mesmo percebesse sua presença, focando assim a informação, ver Figura 02 (KIRNER e KIRNER; 2011).

⁴ SILVA, M. (2000) **Sala de Aula Interativa**. Quartet, Rio de Janeiro-RJ.

FIGURA 02 - Interação do usuário sem a percepção dos computadores



Fonte: Kirner e Kirner, 2011

A interação homem-máquina evolui conforme a evolução de suas interfaces de comunicação. As primeiras interfaces computacionais, usadas nas décadas de 40 e 50, eram baseadas em chaves e lâmpadas, que permitiam uma comunicação com o computador baseada em linguagem de máquina. Na década de 60, surgiram as consoles com vídeo, dando início às interfaces gráficas rudimentares. Com a utilização de microprocessadores, nas décadas de 70 e 80, os microcomputadores se popularizaram, usando interface baseada em comando, como o DOS. A evolução desta interface resultou no Windows, que, explorando técnicas de multimídia, persiste até hoje. Apesar de interessante e de ter bom potencial de uso, a interface *Windows* fica restrita à limitação da tela do monitor e ao uso de representações como menus e ícones (KIRNER e SISCOOTTO, 2007).

Para os autores a RV surge então como uma nova geração de interface, na medida em que, usando representações tridimensionais mais próximas da realidade do usuário, permite romper a barreira da tela, além de possibilitar interações mais naturais.

Segundo Pinho *et. al.* (2004), a RV vem trazer ao uso do computador um novo paradigma de interface com o usuário. Neste paradigma, o usuário não estará mais em frente ao monitor, mais sim, sentir-se-á “dentro da aplicação” ou do ambiente onde se está desenvolvendo esta aplicação.

2.2.1 – Conceitos, histórico e princípios

Segundo Kirner e Kirner (2011) a “realidade virtual é uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos, através de dispositivos especiais”.

Os autores concluem que RV representa uma técnica de interface computacional que leva em conta o espaço tridimensional. Nesse espaço, o usuário atua de forma multisensorial, explorando aspectos deste espaço por meio da visão, audição e tato. Conforme a tecnologia disponível, é possível também explorar o olfato e o paladar. Percepções corpóreas, como frio, calor e pressão, estão incluídas no tato, através da pele.

Segundo Botega e Cruvinel (2009), a tecnologia surgiu com o pesquisador Ivan E. Sutherland, que desenvolveu o primeiro sistema gráfico interativo, o qual interpreta desenhos como dados de entrada e realiza associações com topologias conhecidas, gerando novos desenhos (Sutherland⁵, 1963), sendo que seu principal objetivo é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual (JACOBSON⁶, 1994 *apud* BOTEGA e CRUVINEL, 2009).

Braga (2001) relata que as primeiras aplicações com Realidade Virtual aparecem logo após a 2ª Guerra Mundial com o surgimento dos simuladores de vôo da Força Aérea dos Estados Unidos e pouco tempo depois, na indústria de entretenimento. Até que em 1962, Morton Heilig patenteou o Sensorama, ver Figura 03, uma máquina com tecnologia multisensorial imersiva classificada como “Cinema de Experiências”. Desde então surgiram muitos outros idealistas inovadores.

⁵ SUTHERLAND, I. E. (1963) - **Sketchpad-A Man-Machine Graphical Communication System**. Anais do Spring Joint Computer Conference, Detroit, Michigan.

⁶ JACOBSON, I. (1994) - **Garage Virtual Reality**. SAMS Pub., Indianapolis, IN.

FIGURA 03 - Sensorama



Fonte: www.sensorama3d.com

Ainda segundo a autora o termo RV surgiu nos anos 80 quando Jaron Lamier percebeu a necessidade de um termo para diferenciar as simulações tradicionais com as dos mundos digitais que ele tentava criar.

Nasciam então as interfaces de terceira geração, onde interações eram produzidas sobre as situações geradas, utilizando-se de comandos não convencionais, diferenciando-se das interfaces dotadas apenas de reprodução multimídia, mantidas até então por interfaces bidimensionais de primeira e segunda geração (BOTEGA e CRUVINEL, 2009).

Kirner e Kirner (2011) relatam que após esse início, surgiram diversos sistemas e ferramentas, mas é importante salientar a tendência de se facilitar o acesso aos recursos de RV com maior oferta de *software* livre.

Destacam ainda que, conforme os sistemas de RV vão se tornando mais potentes e complexos, maiores são as chances de desenvolvimento de produtos mais amigáveis aos usuários, com características como: alta disponibilidade, facilidade de uso, facilidade de adaptação e personalização das aplicações. Tais características contribuem para tornar a RV mais popular.

Segundo Morie⁷ (1994) *apud* Botega e Cruvinel (2009) a RV também pode ser caracterizada pela coexistência integrada de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento.

Desta forma, Lamounier Jr. (2006) descreve essas idéias básicas, ou princípios, da RV da seguinte forma:

⁷ MORIE, J. F. (1994) - **Inspiring the future: merging mass communications, art, entertainment and virtual environment.** Computer Graphics, 28(2), 135-138.

A imersão está ligada ao sentido de se estar dentro do ambiente. Para tanto, o uso de dispositivos específicos são requeridos.

A interação está associada com a capacidade de o computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o ambiente virtual. Estas modificações instantâneas são provocadas, em alguns casos, para providenciar ao usuário a sensação de navegar (explorar) pelo ambiente virtual.

O envolvimento está ligado ao grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com determinada atividade, podendo ser passivo (visualização do ambiente virtual) ou ativo (participação no ambiente virtual).

2.2.2 – Sistemas de realidade virtual

Mazuryz e Gervautz (1996) dizem que em um sistema de RV um computador gera impressões sensoriais que são entregues aos sentidos humanos. O tipo e a qualidade dessas impressões determinam o nível de imersão e a sensação de presença.

Para Botega e Cruvinel (2009) os sistemas de RV diferem entre si de acordo com os níveis de imersão e de interatividade proporcionado ao usuário. A RV pode ser classificada, em função do senso de presença do usuário, em imersiva ou não imersiva (TORI e KIRNER, 2006).

Kirner e Kirner (2011) relatam que a RV implementada no modo janela (monitor ou projeção, por exemplo) é denominada não imersiva, ver Figura 04a, enquanto que a implementação baseada em capacete (HMD) ou salas de multiprojeção e em outros dispositivos multisensoriais é denominada imersiva, ver Figura 04b.

FIGURA 04 - Realidade virtual: (a) não imersiva e (b) imersiva



Fonte: (a) <http://aplicinfb.blogspot.com.br/2011/01/realidade-virtual-nao-imersiva.html>
(b) <http://realidadevirtualemocap.wikispaces.com/>

Desta maneira, a RV não imersiva transporta o usuário parcialmente para o domínio da aplicação, preservando seu senso de presença no mundo real, enquanto atua no mundo virtual. A RV imersiva, por sua vez, transporta o usuário totalmente para o domínio da aplicação, fazendo com que ele se sinta completamente imerso no mundo virtual, interagindo com seus objetos e sentindo suas reações, através dos dispositivos multissensoriais (KIRNER e KIRNER, 2011).

Lamounier Jr (2006) classifica ainda um terceiro tipo de RV denominada de semi imersiva, quando o usuário está parcialmente isolado do mundo real (ou virtual). Neste sistema, o controle do ambiente virtual é feito pelo usuário através de uma composição de dispositivos convencionais e não convencionais. Estes dispositivos serão explicados no tópico seguinte.

2.2.3 – Ambientes de *hardware* e *software*

De acordo com Bowman⁸ *et al.* (2004) *apud* Kelner e Teichrieb (2007), uma técnica de interação inclui tanto componentes de *hardware* (dispositivos de entrada/saída) quanto de *software*.

Segundo Gnecco, Guimarães, Damazio (2007) os ambientes de RV podem ser divididos em quatro partes básicas: um ambiente físico (iluminação, ar condicionado, eletricidade); um sistema computacional de processamento (*hardware*); um sistema de interação (entrada: *joysticks*, *trackers*, câmeras etc.); um sistema de visualização (saída: incluindo vídeo, áudio, retorno tátil etc.). Para a integração das três últimas partes, é necessário um sistema de *software* que una os sistemas de forma apropriada.

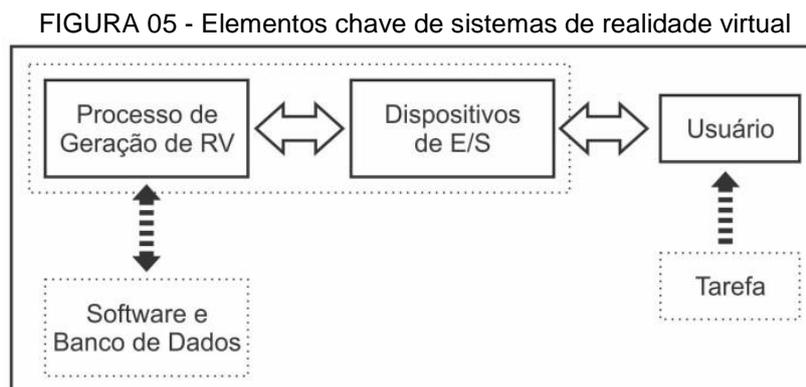
A RV utiliza os dispositivos de saída para enviar estímulos aos sentidos humanos e os dispositivos de entrada para receber os estímulos dos usuários, o que possibilita a integração dos usuários com os mundos virtuais.

2.2.3.1 – *Hardware*

Machado e Cardoso (2008) relatam que a utilização de dispositivos específicos para entrada e saída (E/S) de informações em um sistema de RV visa aumentar os níveis de imersão do usuário com o sistema e prover modos mais intuitivos de interação.

⁸ BOWMAN, D. A. *et al.* (2004) - **3D User Interfaces: Theory and Practice**, Addison-Wesley.

Pode-se dividir os dispositivos utilizados em um sistema de RV em duas categorias: dispositivos de entrada e dispositivos de saída, sendo eles responsáveis por toda comunicação usuário sistema. A Figura 05 apresenta um esquema com os elementos chave de um sistema de RV, onde pode ser notada a importância dos dispositivos de entrada e saída de dados (MACHADO e CARDOSO; 2008).



Fonte: Adaptado de Machado e Cardoso, 2008

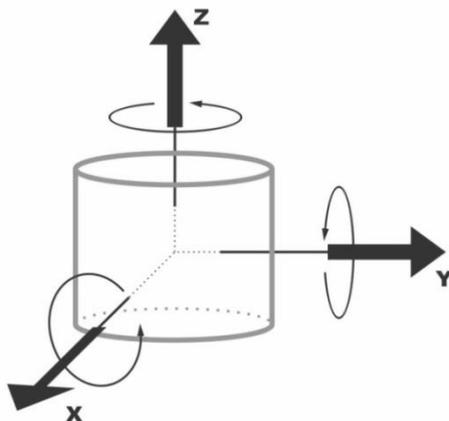
Os dispositivos de entrada permitem o envolvimento do usuário e sua interação com o ambiente. Sem um dispositivo de entrada de dados adequado o usuário participa da experiência de RV de forma passiva (BOTEGA e CRUVINEL, 2009).

Pimentel⁹ (1995) *apud* Botega e Cruvinel (2009) divide os dispositivos de entrada em duas categorias: dispositivos de interação e dispositivos de trajetória. Os dispositivos de interação permitem ao usuário a movimentação e manipulação de objetos no mundo virtual (*mouse*, teclado, *joysticks*). Os dispositivos de trajetória, por sua vez, monitoram partes do corpo do usuário, detectando seus movimentos e criando a sensação de presença no mundo virtual (dispositivos de rastreamento). Em ambos os casos, as ações do usuário são identificadas em um espaço tridimensional.

Machado e Cardoso (2008) relatam que é importante observar que objetos dos ambientes virtuais geralmente podem mover-se com seis graus de liberdade (6DOF – *degrees of freedom*), o que implica na possibilidade de três rotações e três translações, como pode ser visto na Figura 06.

⁹ PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. (1995) - **Virtual Reality – through the new looking glass**. 2nd edition. New York. McGraw.

FIGURA 06 - 6DOF – Seis graus de liberdade dos elementos de ambientes virtuais



Fonte: Machado e Cardoso (2008)

Segundo Botega e Cruvinel (2009) os dispositivos convencionais de entrada são periféricos de usabilidade comum, destinados a usuários comuns e sistemas de propósitos gerais. São eles: teclado, mouse, joystick, *trackballs*, mesa digitalizadora, canetas digitais e microfones. No âmbito de sistemas de RV, os dispositivos convencionais de entrada de dados podem contribuir para o desenvolvimento de ambientes interativos e semi-imersivos, porém, não provêem o realismo e o envolvimento tal qual fornecidos por sistemas virtuais dotados de dispositivos não-convencionais. Os autores citam os dispositivos de rastreamento e as luvas digitais, ver Figura 07, como exemplos de periféricos não convencionais de entrada de dados destinados a sistemas de RV.

FIGURA 07 - Dispositivo de rastreamento e luva digital



Fontes: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/militar-virtual3.htm> e
<http://api12dmi.blogspot.com.br/2012/09/dispositivos-informaticos-utilizados-na.html>

Gattas¹⁰ *et. al.* (2004) *apud* Botega e Cruvinel, (2009), relatam que a maioria das aplicações de RV é baseada no isolamento dos sentidos, principalmente a visão. Assim, cabe ao *hardware* de RV de saída de dados estimular tais sentidos. A saída dos sistemas de RV, seja ele imersivo (HMD's) ou parcialmente imersivo (monitores), tem como preocupação principal a estereoscopia.

Para Gnecco, Guimarães e Damazio (2007), a estereoscopia acrescenta a dimensão de profundidade às telas de projeção dos mundos virtuais e, conseqüentemente, torna-os mais próximos e realistas da forma que os usuários os veem no mundo real. Na prática, ilude-se o cérebro humano produzindo artificialmente as duas visões, uma para o olho direito e uma para o olho esquerdo. Estas imagens são combinadas no cérebro e compreendidas com características de profundidade, distância, posição e tamanho.

Os dispositivos convencionais de saída de dados são periféricos de comum utilização, destinados à visualização e análise de sistemas de propósito geral. São eles: monitor de vídeo, impressoras, autofalantes, etc. Envolvendo sistemas de RV, os dispositivos convencionais de saída de dados podem contribuir para o desenvolvimento de ambientes interativos e semi-imersivos, porém, não são capazes de prover realismo e o envolvimento tal qual fornecidos por sistemas virtuais dotados de dispositivos não-convencionais (BOTEGA e CRUVINEL, 2009).

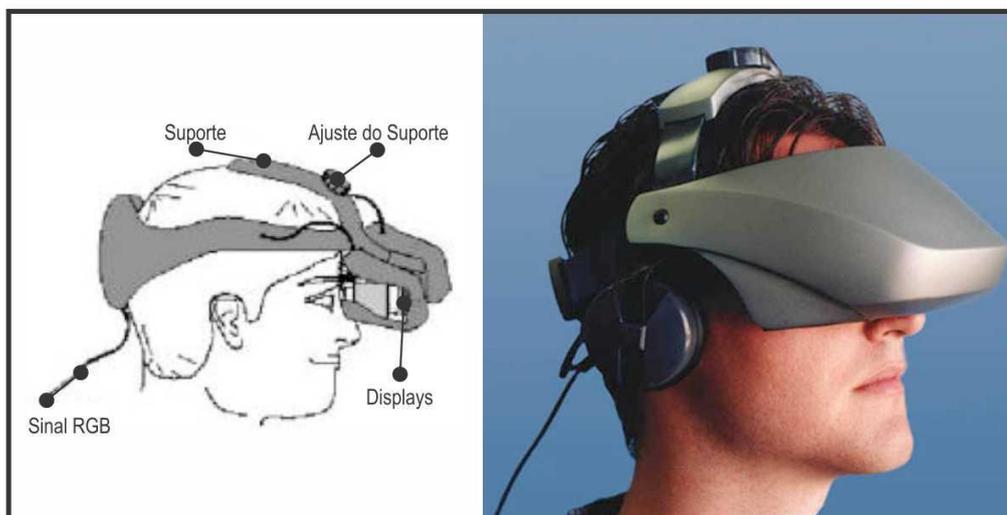
Os dispositivos não-convencionais de saída de dados são responsáveis em fornecer grande parte do efeito imersivo ao sistema de RV. Assim, tais dispositivos, implementados sob *interfaces* intuitivas, são capazes de transpor o usuário à cena sintética, tornando real sua experiência (BOTEGA e CRUVINEL, 2009).

Segundo os autores o vídeo-capacete - *Head-Mounted Display*, HMD, ver Figura 08, é um dos dispositivos não convencionais de saída de dados que mais isola o usuário do mundo real. Este dispositivo é constituído basicamente de uma ou duas minúsculas telas e um conjunto de lentes especiais. Com duas telas, a tecnologia pode ser utilizada para exibir imagens estereoscópicas,

¹⁰ GATTAS, M.; BIASI, S.C. (2004) – **Utilização de Quatérnios para representação de rotações em 3D.** Reports from academic research.

apresentando os respectivos pontos de vista de cada olho para cada tela, contribuindo para o efeito imersivo.

FIGURA 08 - Vídeo capacete – HMD



Fontes: Machado e Cardoso (2008) e <http://dc130.4shared.com/doc/3YGUYDur/preview.html>

Gattas *et al* (2004) *apud* Botega e Cruvinel (2009), relatam que os projetores desempenham um papel crucial nos sistemas de RV imersivos ou parcialmente imersivos.

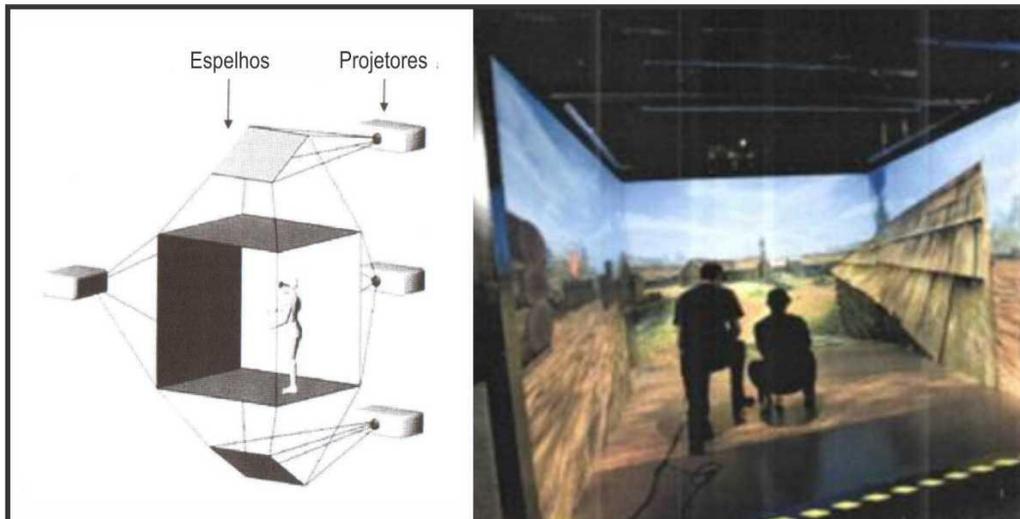
Para os autores com o emprego de projetores, múltiplas telas de projeção e espelho, é possível criar as mais variadas configurações de ambientes de visualização para RV, como as CAVE's, de maneira que a projeção de imagens sobre tais espelhos, permitem o direcionamento dos raios para superfícies específicas, como telas translúcidas.

Uma CAVE segundo Botega e Cruvinel (2009) é uma sala cujas paredes, teto e chão são superfícies de projeção, ou seja, sobre cada superfície semitransparente da sala existe um sistema de câmeras e espelhos responsáveis por transmitir determinada porção da cena virtual. A fusão das partes de cada câmera forma a cena completa e provê ao usuário a sensação de imersão no ambiente.

Para os autores este dispositivo requer que as projeções estejam sincronizadas e as bordas das imagens sejam combinadas, para que uma junção seja imperceptível. A geração de uma perspectiva do usuário em uma CAVE não é um problema simples e deve ser calculada com base na posição

do usuário, a rotação de sua cabeça e a tela de projeção. A Figura 09 ilustra o funcionamento de uma CAVE.

FIGURA 09 - Funcionamento de uma CAVE



Fontes: Botega e Cruvinel (2009) e <http://www.ceerma.com/CeermaEstrutura.aspx>

2.2.3.2 – Software

Segundo Luz e Kirner (2006) um componente essencial de um sistema de Realidade Virtual (RV) é o componente lógico, que permite a integração e tratamento de dados do sistema, resultando em um mundo virtual. A criação de sistemas de Realidade Virtual (RV) envolve diversas disciplinas, requerendo a utilização de uma vasta gama de tecnologias, softwares e linguagens de programação. Um mundo virtual é composto basicamente de objetos tridimensionais e regras de funcionamento. Para que um mundo virtual seja criado é necessário produzir o conteúdo e sua lógica de execução. Após a sua criação, é necessário que ele se torne operacional.

Para Guimarães, Gnecco e Damazio (2007) ferramentas de alto nível evitam a necessidade de conhecimento profundo de material de base, como computação gráfica, interface com o sistema operacional etc, permitindo que o desenvolvedor foque apenas no seu aplicativo em si. Além disso, promovem o reuso de estruturas e algoritmos comuns para gerência dos recursos utilizados. Existe uma grande gama de *software* disponível para a confecção, processamento e síntese de ambientes virtuais.

A síntese de imagens de um aplicativo de Realidade Virtual é coordenada pelo *engine* gráfico (motor gráfico). Segundo Hirata (2011) uma engine é um programa de computador e/ou um conjunto de bibliotecas para simplificar e abstrair o desenvolvimento de jogos ou outras aplicações envolvendo gráficos em tempo real.

Gnecco, Guimarães e Damazio (2007) relatam que apesar de *engines* gráficos tentarem ser genérico, o gênero do aplicativo pode influenciar na escolha do *engine*; jogos costumam ter requerimentos de recursos e desempenho bastante diferentes de aplicativos científicos de visualização de dados, por exemplo.

Segundo os autores entre as características que devem ser buscadas em um *engine*, ressalta-se: suporte à leitura de formatos de arquivos necessários ou integração com *softwares* de modelagem; suporte a texturas e animações; suporte à dispositivos de entrada e saída (sendo que muitos bons *engines* optam por não oferecer suporte algum, obrigando o usuário a utilizar outra ferramenta ou biblioteca que seja mais apropriada para seu aplicativo); existência de efeitos gráficos necessários ou desejados para o aplicativo (como animação de partículas ou sombras); possibilidade de ser executado facilmente em toda a gama de *hardware* que for ser utilizada para o ambiente virtual; fácil utilização.

A criação de um mundo virtual requer a modelagem da cena: o ambiente virtual, os personagens, os objetos etc. Para fazer essa modelagem, usa-se programas de modelagem, capazes de manipular a geometria, texturas e preparar animações dos objetos. Em alguns casos, é possível ainda atribuir ações ou comportamentos aos objetos dentro do próprio programa de modelagem (GNECCO, GUIMARÃES e DAMAZIO; 2007).

Segundo Alves (2012) o Blender é um *software* de modelagem de objetos tridimensionais e de animação que tem crescido muito em recursos. Se enquadra na categoria de software livre (*Open Source*), o que significa que não necessita ser pago absolutamente nada para utilizá-lo. Apesar de ser um *software* livre, não fica muito atrás dos mais famosos softwares de modelagem e animação, como, por exemplo, 3ds Max, Maya, Cinema 4D, *Strata 3D*, *LightWave* ou Modo 501.

Damasceno (2009) relata que o Blender suporta importação e exportação de diferentes formatos incluindo 3DS, Cal3D, AC3D, MDL, OBJ, VRML, DirectX, entre outros.

O Blender oferece uma gama enorme de recursos e funcionalidade para criação de objetos tridimensionais, renderização de cenas, animação e pós-produção. Para obter uma cópia do Blender, é necessário ter acesso a internet e entrar no endereço www.blender.org, onde será encontrada versões para diversas plataformas, como Windows, Linux, Mac Os X, etc (ALVES, 2012).

Outro tipo de *software* muito importante no processo de desenvolvimento dos ambientes virtuais são os editores de imagens. Segundo Bittencourt¹¹ (2005) *apud* Damasceno (2009) o GIMP é um editor de imagens capaz de tratar *bitmap* e imagens vetoriais. Foi criado por Spencer Kimbal e Peter Mattis em 1995 (GIMP, 2009). Oferece uma série de pincéis, permite trabalhar com inúmeras camadas, converte e salva em diferentes formatos de imagens (BMP,PNG,JPG,TIG,TGA,PCX,GIF, entre outros) e também o uso de máscaras. Oferece uma grande quantidade de filtros simples de serem usados e com grandes funcionalidades (*gaussian*, detecção de bordas, distorções, mapeamento de relevo, efeitos de luz, entre outros), suporte a macros, produção de temas para web e permite adicionar novas funcionalidades, filtros e formatos de arquivos, no programa (DAMASCENO, 2009).

2.2.4 – Realidade Virtual em PCs padrão

Pinhanez (2006) relata que a popularização de jogos em “primeira pessoa” em computadores, nas quais o usuário navega um ambiente tridimensional sob o ponto de vista de um ocupante virtual, como o jogo DOOM na Figura 10, torna obrigatório o exame de contexto de RV baseado em PCs munidos de dispositivos convencionais: monitor, teclado e mouse.

¹¹ BITTENCOURT, J. R., (2005) - "**Mini-curso - Promovendo a lucididade através de jogos livres**" XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.

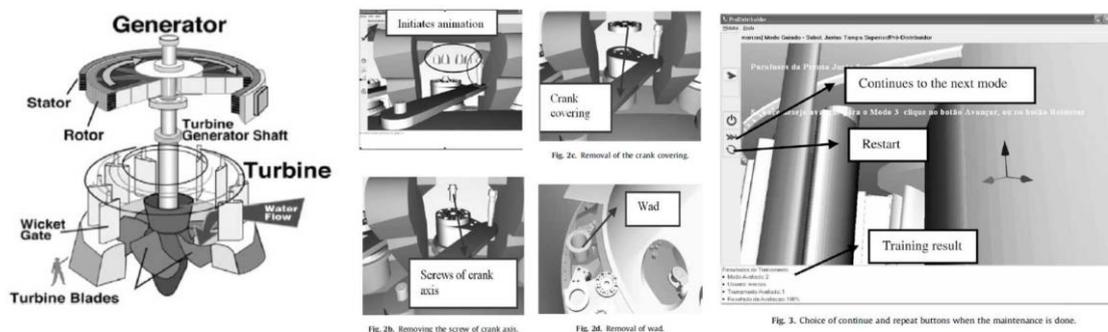
FIGURA 10 – Jogo DOOM



Fonte <http://www.baixaki.com.br/linux/download/doom-legacy.htm>

O Laboratório de Realidade Virtual (LaRV) da Faculdade de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pará (UFPA) denomina a categoria de aplicações de RV que utiliza computadores domésticos de médio porte de RV *Desktop*, sendo na atualidade sua principal área de atuação. Como exemplo de atuação do LaRV tem-se a Unidade Geradora Virtual – UGV, ver Figura 11.

FIGURA 11 - Unidade geradora virtual



Fonte: Ribeiro *et al.* (2010)

A UGV é um ambiente virtual de aprendizagem baseado em técnicas não imersivas de RV, composto pelos módulos de visualização, manutenção e operação. O primeiro é uma visão geral dos componentes da hidrelétrica; o segundo é um treinamento de manutenção baseado em aprender fazendo, oferecendo níveis diferentes de formação e avaliação para os técnicos, já o terceiro e último permite a observação do funcionamento da hidrelétrica em eventos específicos, tais como: acionamento das turbinas, abertura e fechamento das comportas, dentre outros (RIBEIRO *et. al.*, 2010-a).

2.2.5 – Realidade Virtual e aprendizagem

Dentre as várias utilizações da RV, pode-se destacar a sua aplicação para fins educacionais e de aprendizagens, a possibilidade de construção de ambientes virtuais tridimensionais com aparências realísticas, com facilidade de deslocamentos nas três dimensões e sua interação com objetos virtuais, podendo senti-los e manipulá-los, permitindo a construção de simuladores o mais próximo possível da realidade.

Braga (2001) relata que estando o usuário, envolvido e totalmente imerso no ambiente virtual, ele poderá desenvolver um comportamento natural e intuitivo, buscando agir como agiria no mundo real e através da interação receber resposta ideal para suas ações.

Esses fatos fazem da RV uma ferramenta de real potencial para utilização com fins de descoberta, acumulação e fixação de conhecimento e treinamento, possibilitando ao aprendiz uma melhor compreensão do objeto em estudo, sendo a interatividade de fundamental importância, e o que a diferencia de outros meios multimídias de comunicação, como um simples ato de assistir a um vídeo.

Pausch *et. al.*¹² (1997) *apud* Cardoso e Lamounier (2006) destaca que usuários de RV são muito melhores nas buscas sistemática da informação porque têm lembranças melhores daquilo que olharam na cena que os envolvem.

As aplicações em RV estimulam o conhecimento através de experiências em 1ª pessoa, que são aquelas em que o aprendiz conhece o

¹² PAUSCH, R. *et. al.* (1997) - “Quantifying immersion in virtual reality”. Proceedings of the 1997. ACM Siggraph Annual Conference on Computer Center, pp. 13-18.

mundo através de suas próprias interações, caracterizando um conhecimento subjetivo e quase sempre inconsciente, proveniente da relação natural com o ambiente em contexto, proporcionando um comportamento ativo em busca do conhecimento. Contrapondo ao posicionamento passivo de ouvinte de relatos de casos e descrições de experimentos de terceiros, característicos de aprendizados através de experiências em 3ª pessoas (PINHO¹³, 2000 *apud* CARDOSO e LAMOUNIER, 2009).

A interação com outros aprendizes, permitida pelos ambientes virtuais com multiusuários, possibilita a formação de grupos de estudos, onde a interação e troca de conhecimento entre os membros pode acelerar o processo de aprendizagem de todos.

Outro fator relevante que se deve considerar é a função tempo. Os ambientes virtuais permitem que o tempo de aprendizagem seja determinado pelo próprio usuário, possibilitando que cada aprendiz conduza o seu acúmulo de conhecimento conforme sua capacidade e/ou necessidade. A possibilidade de reexperimentos, sem custos adicionais, é também de extrema valia, dessa forma o aprendiz poderá repeti-los tantas vezes quanto forem necessários para o seu perfeito entendimento e total aprendizado.

Porém, como relata Braga (2001), com a RV presente na educação pode-se, descobrir, explorar e construir conhecimento (aprender) sobre lugares que jamais se pensou visitar. A possibilidade de não apenas visualização, mais de interação com ambientes e situações que seriam muito difícil na realidade, devidos vários motivos como: periculosidade do ambiente; dificuldade de acesso; grandes diferenças entre suas escalas, etc., é um dos grandes fascínios dos defensores do uso da RV como ferramenta de aprendizagem.

Pantelidis (2009) diz que a RV tem potencial para motivar os alunos e levá-los a novas descobertas, pois o aluno pode participar no ambiente virtual de aprendizagem com sensação de presença, de fazer parte deste ambiente.

Para Piovesan *at. al.* (2012) é uma oportunidade de aprender com uma situação real, porém criada artificialmente, facilitando a visualização e a sensação de interação com o foco do estudo. Quando não se podem ter as experiências reais, a RV é insubstituível.

¹³ PINHO, M. (2000) - “**Interação em Ambientes Tridimensionais**”. Tutorial do 3º Workshop on Virtual Reality – WRV 2000, Gramado, RS.

Conclusivamente faz-se uso do que diz Bell¹⁴ (1995) *apud* Cardoso e Lamounier Jr (2006), quando aponta como principais vantagens da utilização de técnicas de RV para fins de aprendizagem, os seguintes itens:

- Motivação dos estudantes e usuários de forma geral, baseada na experiência de 1ª pessoa vivenciada pelos mesmos;
- Grande poderio de ilustrar características e processos, em relação a outros meios multimídia;
- Permite visualizações de detalhes de objetos;
- Permite visualizações de objetos que estão a grandes distâncias, como um planeta ou um satélite;
- Permite experimentos virtuais, na falta de recursos, ou para fins de educação virtual interativa;
- Permite ao aprendiz refazer experimentos de forma atemporal, fora do âmbito de uma aula clássica;
- Porque requer interação, exige que cada participante se torne ativo dentro de um processo de visualização;
- Encoraja a criatividade, catalisando a experimentação;
- Provê igual oportunidade de comunicação para estudantes de cultura diferentes, a partir de representações;
- Ensinar habilidades computacionais e de periféricos.

2.2.6 - Sistema de Autoria de Instruções Técnicas Virtuais

É um aplicativo computacional desenvolvido segundo os conceitos de RV *Desktop*, fruto da parceria entre o LaRV e a Eletronorte S.A, originalmente criado para desenvolver Instruções Técnicas Virtuais (ITV's) de operação e manutenção de uma usina hidrelétrica, com a finalidade de treinamento e capacitação.

Segundo Ribeiro *et. al.* (2009) o Sistema de Autoria é um editor com interface amigável que, com pouco tempo de treinamento, o usuário possa produzir as ITV's de maneira rápida e visual sem a necessidade de escrever uma linha de código. Para os mesmos autores, as instruções técnicas, são

¹⁴ BELL, J.; FOGLERL H.S. (1995) "The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool" Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference, Anaheim, CA.

roteiros bem definidos com desenhos 2D e atividades em formato textual. A idéia principal das ITV's é transformar a descrição textual dos procedimentos em uma demonstração visual e interativa do processo, tornando mais simples e atraente o aprendizado.

Ribeiro *et. al.* (2010-b) relatam que a construção de uma ITV é feita visualmente através de uma sequência de passos e cada passo representa uma etapa no procedimento descrito pela instrução técnica. A animação completa da ITV é composta de um ou mais passos. Estes passos são criados pelo usuário e possuem uma duração de tempo definida por este, de modo que ao término do tempo definido para um passo, o próximo passo é carregado e pode então ser animado. Um passo é composto por um cenário inicial e por animações que irão modificar este cenário (RIBEIRO *et. al.* 2009).

Para a composição da cena inicial, os objetos são modelados em softwares apropriados (Blender, 3DS Max), exportados com a extensão (.MESH) e posteriormente carregados, configurados e posicionados no ambiente 3D do Sistema de Autoria de ITV.

Cada passo contém uma Linha do Tempo própria, mais uma linha do tempo para cada peça que sofra transformação neste passo. Através da linha do tempo o construtor da ITV pode definir que transformações cada peça sofrerá e o tempo de duração dessas transformações. Essas animações podem ser de: Translação, rotação e escalamento de objetos; animação de transparência de objetos; contorno de objetos. É permitida ainda a animação da câmera, colocação de painel de texto e áudio (narração) na cena. As linhas de tempo apresentam marcadores que indicam o instante inicial e final de execução dessas transformações no decorrer do passo.

Cada passo criado no projeto de uma ITV recebe um nome e uma miniatura de seu estado inicial que é apresentada em uma lista de passos na interface principal do programa. Esta lista permite uma fácil navegação pela ITV, pois o usuário pode deslocar-se para qualquer passo da animação com um simples clique sobre sua miniatura na lista (RIBEIRO *et. al.* 2009).

A transição entre os passos pode ser realizada de três formas: (a) normal, o próximo passo é carregado automaticamente de modo que não se percebe a passagem de um passo e outro; (b) fade, ao fim de um passo ocorre o escurecimento da cena e no início do próximo passo ocorre o clareamento da

cena; (c) mesh ou condicional, ao fim de um passo, a ITV espera por uma interação do usuário (através do clique do mouse) com objetos do mundo virtual, de modo que, se o objeto correto for acionado, o próximo passo será carregado. Pode-se escolher um ou mais objetos da cena para serem os acionadores da transição (RIBEIRO *et. al.* 2009).

O Sistema de Autoria permite que as ITV's sejam visualizadas para fins aprendizagem e treinamento de três modos diferentes, que são: (a) automático, assim que acionado, uma animação com a sequência de execução da alvenaria começa a rodar de forma instantânea; (b) guiado, neste modo é necessária a interação do usuário com o ambiente através do acionamento com o mouse de algum objeto, devidamente sinalizado e comentado através de áudio de narração e/ou caixa de texto; (c) livre, neste modo a interação do usuário ocorre de forma que não haja nenhuma informação por parte do sistema, sendo necessário que o usuário conheça todos os procedimentos de execução.

Durante a execução, em qualquer um dos modos, o usuário pode interromper o processo e reiniciá-lo, no mesmo passo, ou em qualquer outro passo desejado. No momento da interrupção é permitido ao usuário navegar livremente pelo espaço do ambiente 3D, para isso, o usuário faz uso do mouse e/ou combinação de teclas.

O sistema de autoria pode salvar um projeto da ITV em disco para ser utilizado posteriormente para edição ou para execução.

As instruções técnicas que dão origem as ITV's podem abordar uma infinidade de temas, para tal basta que possuam uma sequência lógica de passos. No caso específico da construção civil vários temas que compõem seu processo construtivo podem ser abordados pelo ITV, desde a fundação, estrutura, passando pela alvenaria até a fase de acabamento.

2.3 – ALVENARIA

Para Baud (2002) construir foi sempre uma das primeiras preocupações do homem e um de seus afazeres privilegiados. Segundo Nascimento (2007), o homem primitivo, na falta do seu habitat natural, as cavernas, construiu seus

primeiros abrigos empilhando madeira, pequenas pedras, ou blocos maiores, os magalitos.

Nascimento (2007) relata que a alvenaria é sem dúvida, um dos mais antigos sistemas construtivos utilizados pelo homem, sendo segundo o autor, definida como um sistema construtivo que consiste na moldagem de unidades (pedras, tijolos ou blocos) unidas por um ligante (a argamassa).

Marinoski (2011) diz que alvenaria é um tipo de construção constituído de pedras naturais, irregulares, justapostas e superpostas. Ainda segundo o mesmo autor uma definição mais moderna de alvenaria consiste em: “sistema construtivo formado de um conjunto coeso e rígido de tijolos ou blocos (elementos de alvenaria), unidos entre si, com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais que se sobrepõem uma sobre as outras”.

Historicamente as alvenarias tiveram a função inicial de simplesmente dividir ambientes e isolar as coberturas da ação das intempéries e dos predadores e atualmente, a alvenaria é vista não só com as suas funções primárias, mas como elemento de construção (SALGADO, 2011).

Segundo Salgado (2011), a alvenaria pode ser classificada como:

- Alvenaria de vedação, utilizada para fechamento de vãos ou delimitação de áreas. Nas estruturas em concreto armado ou aço, os espaços são preenchidos com elementos sem a função estrutural de sustentação, apenas suportando seu peso próprio.

- Alvenaria Estrutural, sistema construtivo em que a alvenaria tem a função de suportar os esforços estruturais da edificação. Nesse sistema, a padronização das unidades ou blocos é condição principal para a eficácia e segurança do sistema construtivo, já que a modulação do projeto, no sentido vertical e horizontal, é condição primeira.

A alvenaria estrutural é também denominada de alvenaria autoportante (MARINOSKI, 2011).

2.3.1 – Elementos da alvenaria

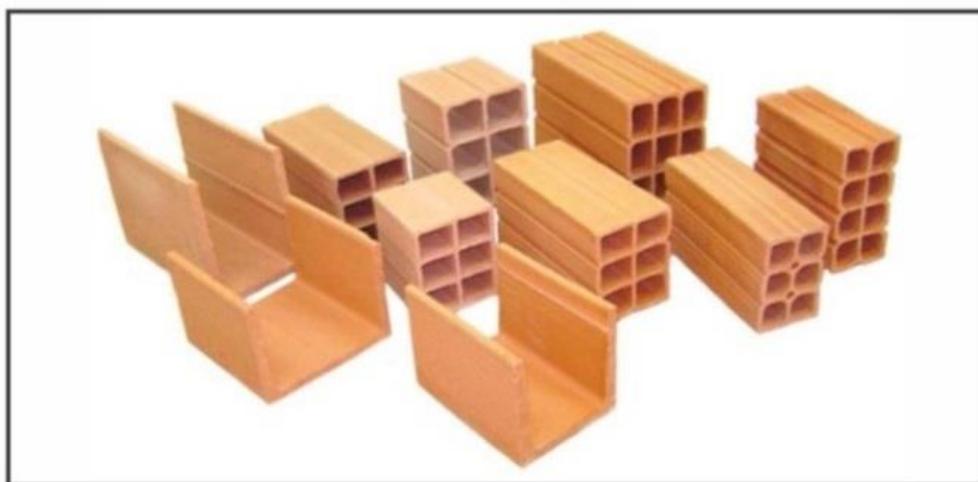
2.3.1.1 - Tijolos e/ou blocos

Segundo Leggerini (2010), os tijolos ou blocos que compõem a alvenaria podem ser constituídos de diferentes materiais, sendo mais utilizados os

cerâmicos ou de concreto. Em qualquer que seja o material utilizado as propriedades desejáveis são: ter resistência à compressão adequada; ter capacidade de aderir à argamassa tornando homogênea a parede; possuir durabilidade frente aos agentes agressivos (umidade, variação de temperatura e ataque por agentes químicos); possuir dimensões uniformes; resistir ao fogo.

A Figura 12, apresenta exemplos de blocos e/ou tijolos cerâmicos de vedação.

FIGURA 12 – Blocos e/ou tijolos cerâmicos de vedação



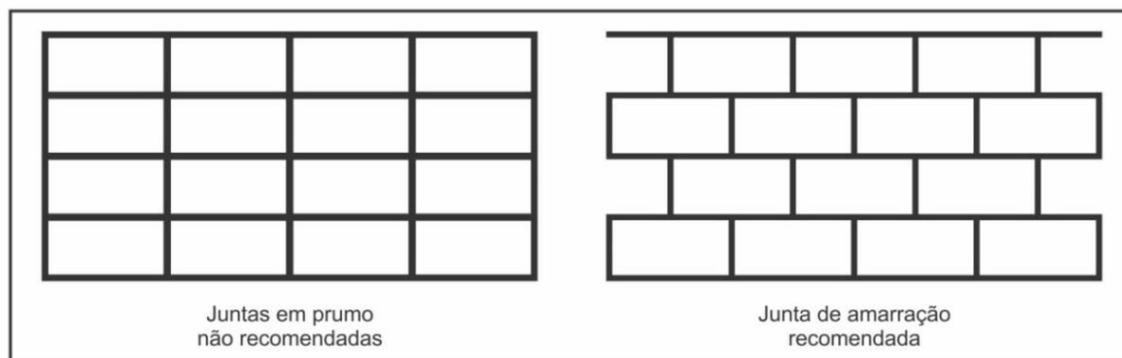
Fonte: http://www.acertar.org.br/site_0619955073421/produtos_blocodevedacao.php

2.3.1.2 - Argamassa e junta de assentamento

Salgado (2011) relata que para a união dos elementos de alvenaria, tijolos ou blocos, são utilizadas argamassas, que segundo Leggerini (2010) é uma mistura composta por cimento, água, areia e outros materiais ligantes obtendo consistência pastosa que endurece em contato com a água, ar ou tem secagem natural, aderindo à superfície assentada e adquirindo determinada resistência mecânica.

A argamassa da origem as juntas de assentamento que segundo Salgado (2011), devem ser em amarração para fins de distribuir adequadamente as tensões, movimentações térmicas, sempre com defasagem de meio bloco ou unidade, para fins de modulação das fiadas, e também para facilitar a passagem de instalações nos seus septos (furos), ver Figura 13.

FIGURA 13 - Juntas de assentamento



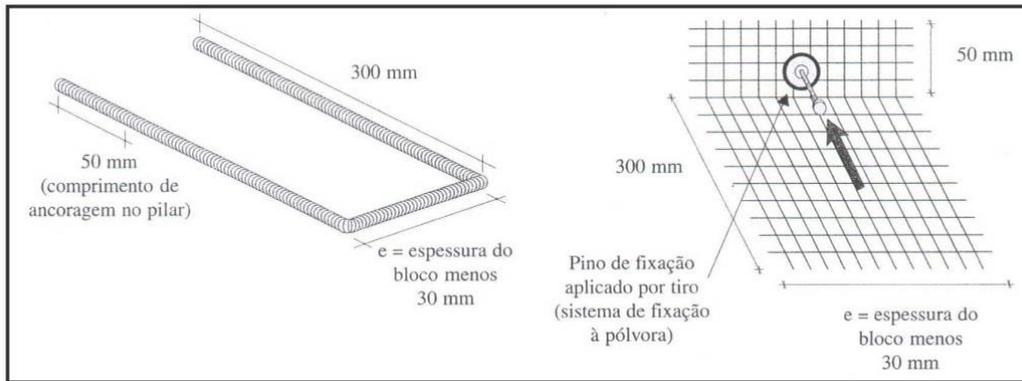
Fonte: Salgado (2011)

2.3.1.3 - Ligações com os outros componentes

Salgado (2011) diz que deve ser dada atenção ao encontro da alvenaria com a estrutura de concreto, de tal forma que haja uma integração, amarração, entre esses dois elementos de construção. Segundo o autor a superfície da estrutura de concreto deve ser chapiscada com argamassa de cimento e areia, e para melhor aderência, deve-se adicionar um adesivo. Antes da execução do chapisco é preciso retirar toda a poeira e, principalmente, os restos de desmoldantes utilizados. A sua aplicação pode ser com rolo ou simplesmente com colher de pedreiro.

Marinoski (2011) cita como dispositivos de amarração entre a alvenaria e a estrutura de concreto, o uso de ferro-cabelo. Souza e Mekbekian (1996) relata que os ferros-cabelo podem ser montados com barra de aço CA 50, com diâmetro de 5 mm, dobrados em forma de “U”, ou com telas de aço galvanizado de malha quadrada (15 x 15) mm² e diâmetro dos fios de 1,5 mm. Para chumbar os ferros-cabelos nas posições marcadas. No caso de ferros dobrados em “U”, deve-se furar previamente o pilar com furadeira elétrica e broca de diâmetro 6 mm, e executar o chumbamento com adesivo à base de resina epóxi. Utilizando-se telas metálicas galvanizadas, o chumbamento deve ser feito com pinos de aço por meio de sistema de fixação à pólvora. A Figura 14 ilustra os dois tipos de ferro-cabelo que podem ser utilizados (SOUZA e MEKBEKIAN, 1996).

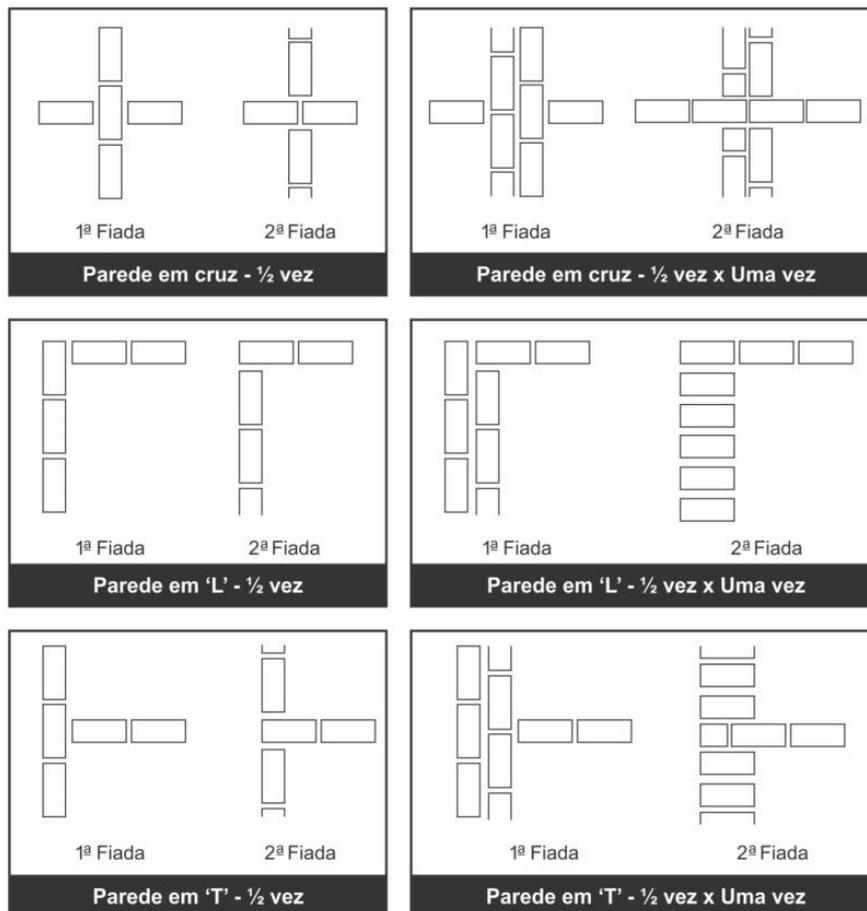
FIGURA 14 - Ferro-cabelo



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Salgado (2011) diz que muitas vezes não há necessidade da ligação entre alvenaria e a estrutura. Nestes casos as alvenarias de diferentes alinhamentos são assentadas com as chamadas “amarrações” entre as suas fiadas. Ou seja, uma parede estará engastada ou ligada com outra parede. Várias são as formas de amarração. A Figura 15 mostra alguns exemplos.

FIGURA 15 - Amarração entre paredes de alvenaria

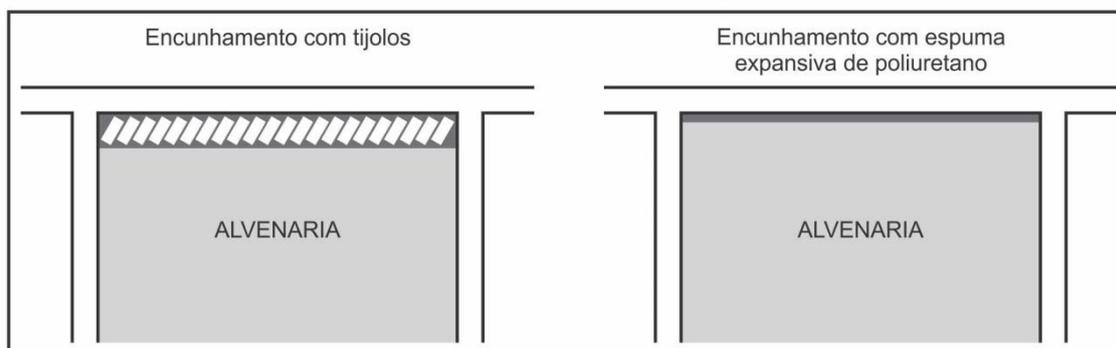


Fonte: Salgado (2011)

Em alvenarias destinadas a fechamento de vãos entre estruturas, vigas e pilares, deve-se deixar um pequeno vão entre a alvenaria e a viga estrutural, porque se elevá-las até o final, pode acontecer um destacamento da alvenaria da estrutura devido à acomodação entre as diversas fiadas da alvenaria, além da acomodação estrutural. Para prevenir tal situação, a alvenaria é interrompida antes do encontro com a viga. Após o período de cura do assentamento da alvenaria e ainda depois do adimensionamento das cargas principais do pavimento superior, no caso de prédios de diversos pavimentos, procede-se ao fechamento desse vão que é chamado de encunhamento (SALGADO, 2011).

Salgado (2011) relata que o encunhamento (Ver Figura 16), é executado com tijolos assentados e inclinados com argamassa normal e pressionados entre a viga e a alvenaria já executada, neste caso o vão deixado entre a alvenaria e a viga fica em torno de 20cm, porém o preenchimento do vão pode ainda ser executado com o uso de espuma expansiva de poliuretano e neste caso o vão entre a alvenaria e a viga não deve ser superior a 3 cm. Segundo Marinoski (2011) o termo respaldo é também utilizado para o encunhamento.

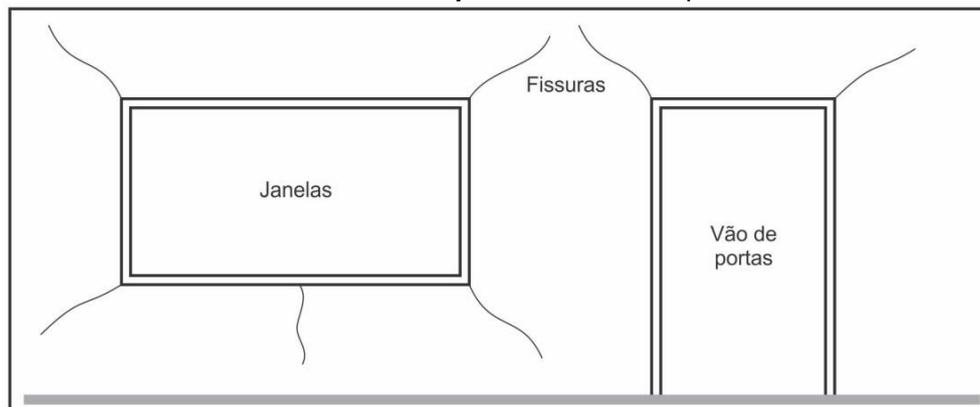
FIGURA 16 - Encunhamento das paredes



Fonte: Salgado (2011)

Outro ponto que deve ser dada atenção especial são os vãos de portas e janelas, segundo Salgado (2011) estão sujeitos a tensões concentradas, em virtude das solicitações mecânicas a que as paredes estarão sujeitas, causando fissuras indesejáveis nos cantos e no meio do vão dos caixilhos, ver Figura 17. Para evitar este problema, lança-se mão das vergas, contravergas e cintas.

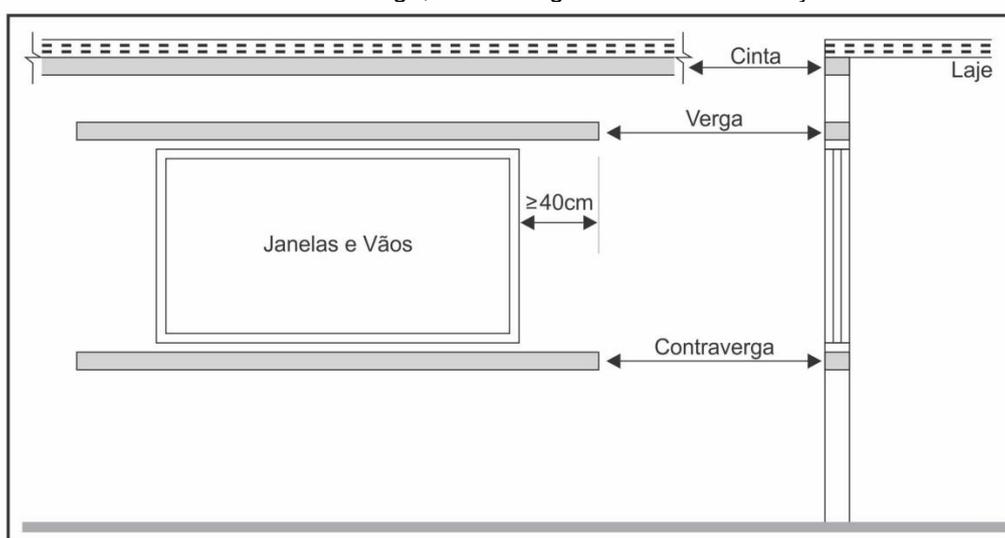
FIGURA 17 - Fissuras indesejáveis na alvenaria próximo aos vãos



Fonte: Salgado (2011)

Segundo o autor a verga é um elemento estrutural executado acima dos vãos dos caixilhos, enquanto a contraverga é executada imediatamente abaixo dos vãos de janelas e vãos abertos em alvenarias. Já a cinta de amarração é uma viga de pequena secção executada no final da alvenaria, respaldo, com a finalidade de promover a solidarização ou “amarração” entre as alvenarias da construção. Tem também a função de melhor distribuir o peso da laje e da cobertura sobre a alvenaria. A Figura 18 mostra os três elementos.

FIGURA 18 - Verga, contraverga e cinta de amarração



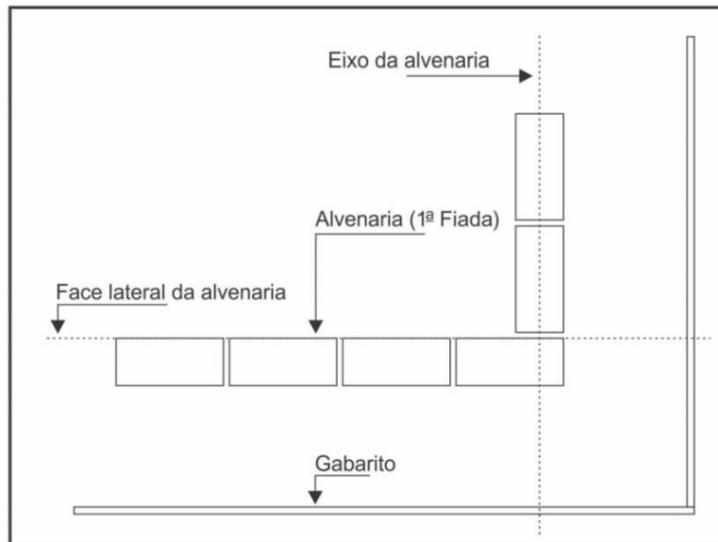
Fonte: Salgado (2011)

2.3.1.4 - Locação das paredes e nivelamento da primeira fiada

Antes da locação das paredes, é necessário conferir a posição de cada componente estrutural, como pilar, vigas e outros. Com base na marcação da primeira fiada, é preciso marcar o início da alvenaria, com posição de eixo de

cada parede, ou na maioria das vezes, o alinhamento da face do lado em que o pedreiro vai executar a alvenaria, ver Figura 19 (SALGADO, 2011).

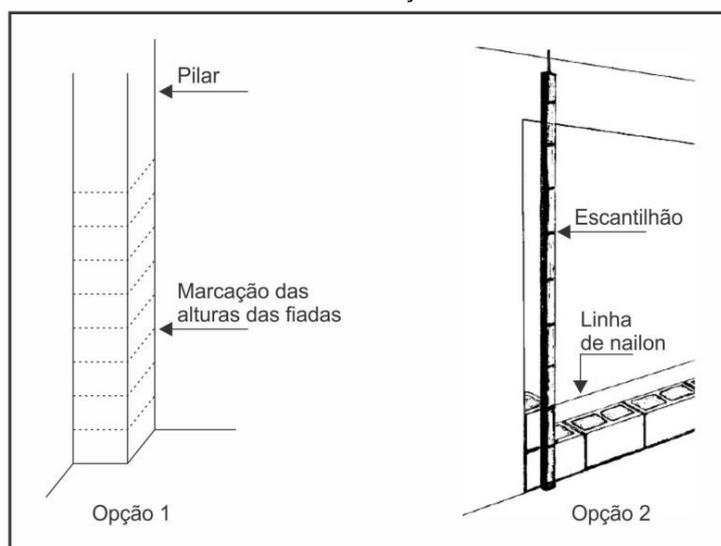
FIGURA 19 - Locação de parede



Fonte: Salgado (2011)

Salgado (2011) relata que para nivelar a primeira fiada, deve-se verificar o projeto de posicionamento das paredes (ou o projeto arquitetônico) e o nível definitivo do piso ou da viga baldrame em que será assentada a alvenaria, além de marcar as fiadas nos pilares (opção 01) ou em equipamentos chamados escantilhões (opção 02), régua graduada como na Figura 20.

FIGURA 20 - Marcação das fiadas

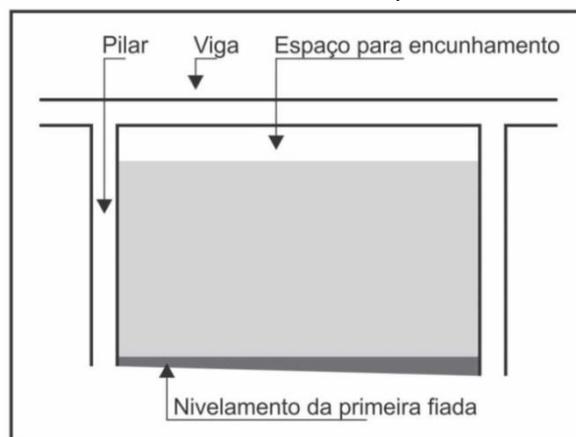


Fonte: Opção 1 (Salgado, 2011), opção 2 (Marinoski, 2011)

A graduação de cada fiada vai depender da altura do tijolo/bloco adotado mais a espessura da argamassa de assentamento que pode variar de 1 a 2 cm, dependendo da uniformidade dimensional do tijolo/bloco.

Caso o piso ou viga não esteja nivelada, deve-se proceder ao nivelamento da primeira fiada, ver Figura 21, não ultrapassando 2 cm nessa regularização. Caso seja necessário um complemento, pode ser feito na segunda fiada. Essa prática é importante para facilitar o assentamento dos caixilhos e posicionamento das lajes. Nos casos em que a alvenaria é executada após as vigas estruturais, o que é comum em edifícios, deve-se prever espaços para o “encunhamento”

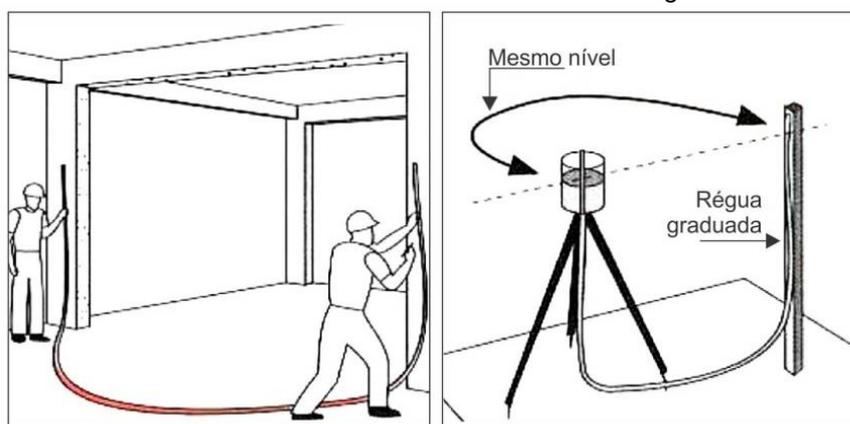
FIGURA 21 - Nivelamento da primeira fiada



Fonte: Salgado (2011)

Segundo Marinowski (2011) a altura das fiadas é denominada de galga, sendo que estas podem ser demarcadas com o auxílio do nível de mangueira conforme Figura 22.

FIGURA 22 - Nivelamento com nível de mangueira

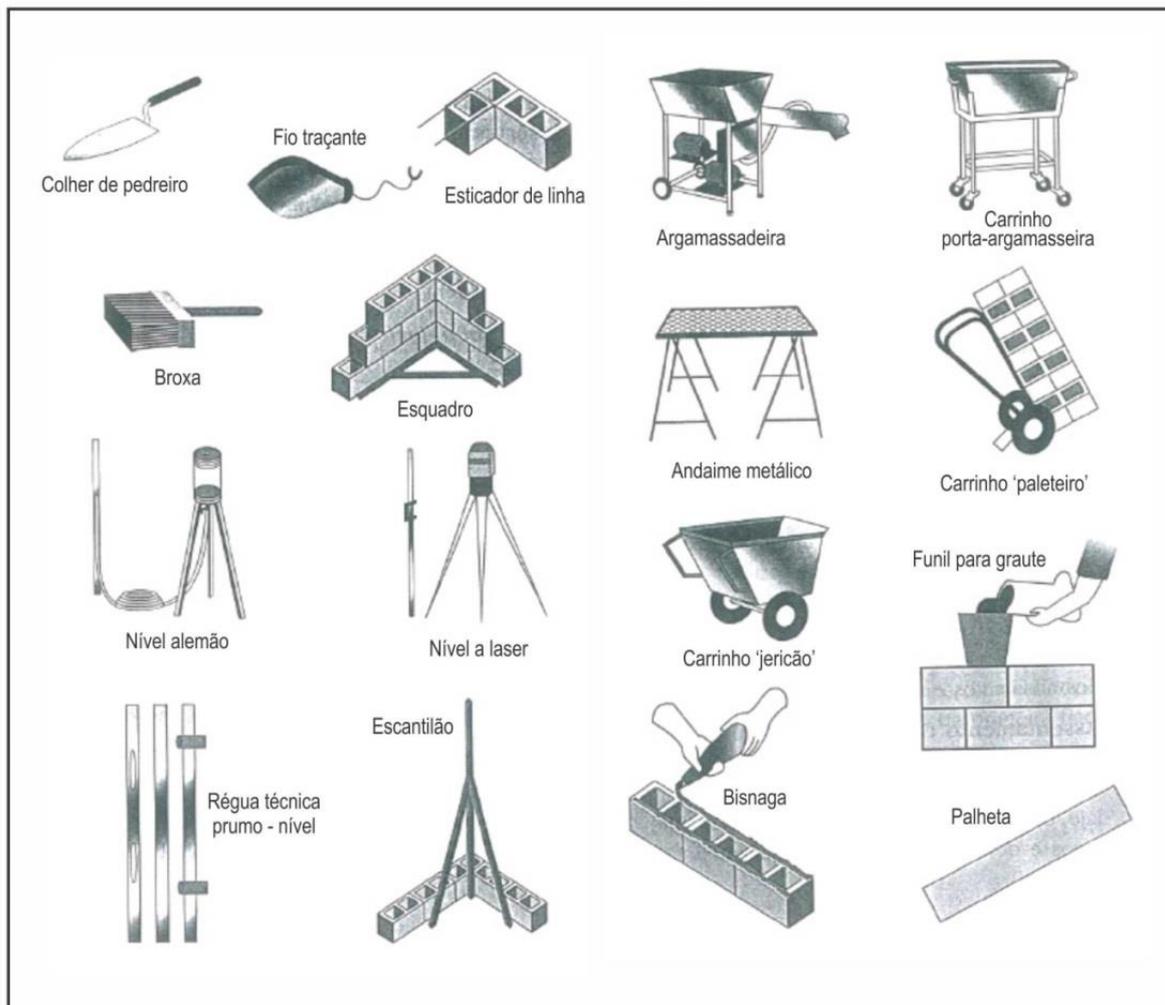


Fonte: Marinowski (2011)

2.3.2 – Ferramentas e equipamentos

Várias são as ferramentas e equipamentos utilizados para a confecção de alvenarias. A Figura 23 apresenta algumas dessas.

FIGURA 23 - Ferramentas e equipamentos



Fonte: FORTES e BERENQUER

2.3.3 – Processo executivo de alvenaria de vedação

Segundo Marinoski (2011) os documentos que servem de referência para a produção da alvenaria são: projeto arquitetônico, projeto estrutural e os projetos de instalações hidráulica, elétrica, etc, sendo sua execução regulamentada pela Norma Brasileira NBR 8545/1984 – Execução de Alvenaria sem Função Estrutural de Tijolos e Blocos Cerâmicos.

As plantas de paginação de paredes devem indicar com precisão a posição e dimensão dos vãos (SALGADO, 2011).

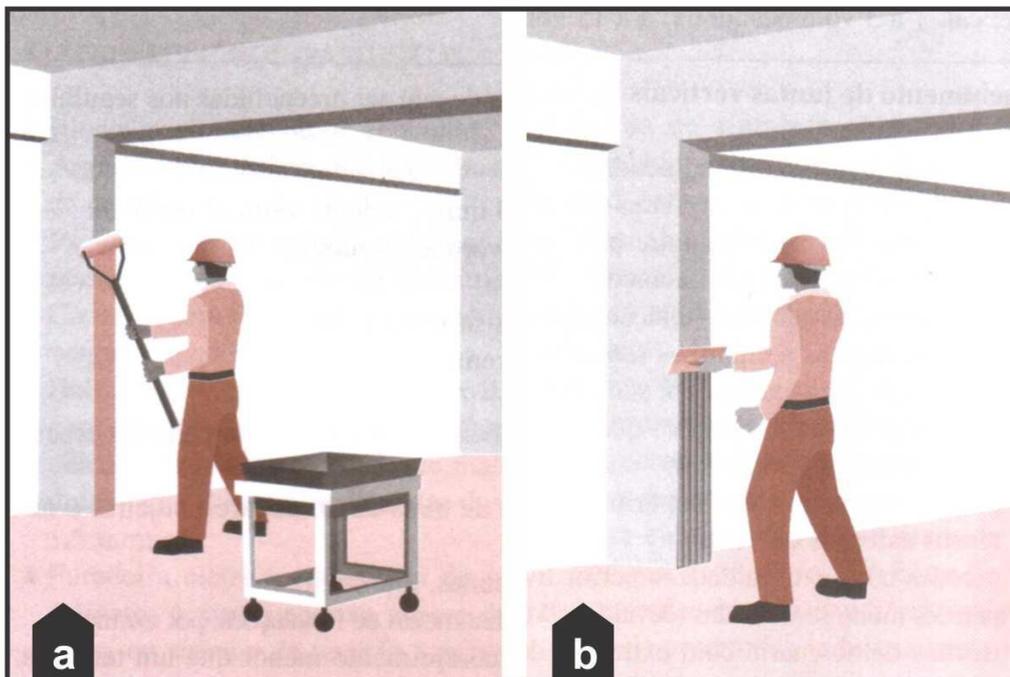
Marinoski (2011) relata alguns prazos mínimos para dar início à execução das alvenarias, como: concretagem do pavimento executado há, pelo menos, 45 dias; retirada total do escoramento da laje do pavimento há, pelo menos, 15 dias; ter sido retirado completamente o escoramento da laje do pavimento superior; realização de chapisco há, pelo menos, 3 dias.

Sousa e Mekbekian (1996) relatam o processo executivo de alvenaria de vedação da seguinte forma:

Limpar o pavimento removendo a poeira, materiais soltos, pregos, pontas de aço sobressalentes e materiais estranhos depositados sobre a laje. Lavar com água e escova, com uma escova de cordas de aço, as superfícies de concreto a serem chapiscadas. Executar o chapisco sobre a estrutura de concreto que ficará em contato com a alvenaria, com antecedência de 72 horas.

O chapisco pode ser rolado conforme Figura 24a ou executado com argamassa adesiva industrializada, aplicada com desempenadeira dentada, formando sulcos de 6 mm, como indicado na Figura 24b.

FIGURA 24 - Chapisco: (a) rolado; (b) com argamassa industrializada



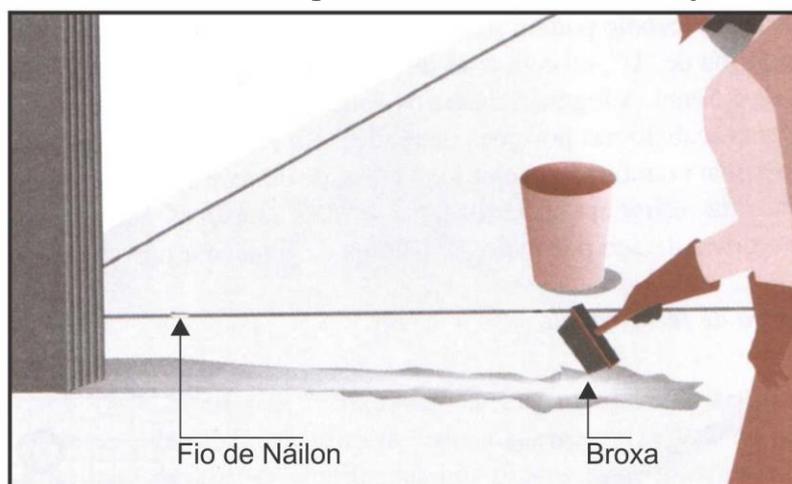
Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Mapear a laje com um nível alemão ou aparelho de nível a laser, identificando o ponto mais alto, que será tomado como nível de referência para

definir a cota da primeira fiada. Eventuais falhas no nivelamento da laje devem ser corrigidas com enchimento na primeira fiada e/ou modificação na espessura das juntas.

Limpar cuidadosamente o alinhamento da fiada de marcação e borrifar água utilizando uma broxa, conforme mostra a Figura 25

FIGURA 25 - Molhagem da base da fiada de marcação.



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Eventuais defeitos da estrutura de concreto, como estufamento, desaprumo ou desalinhamento de peças devem ser corrigidos quando da definição do posicionamento da fiada de marcação, procurando sempre o menor enchimento possível na camada de revestimento. Em se tratando de paredes de fachada, é desejável um maior enchimento no lado interno e menor, no externo.

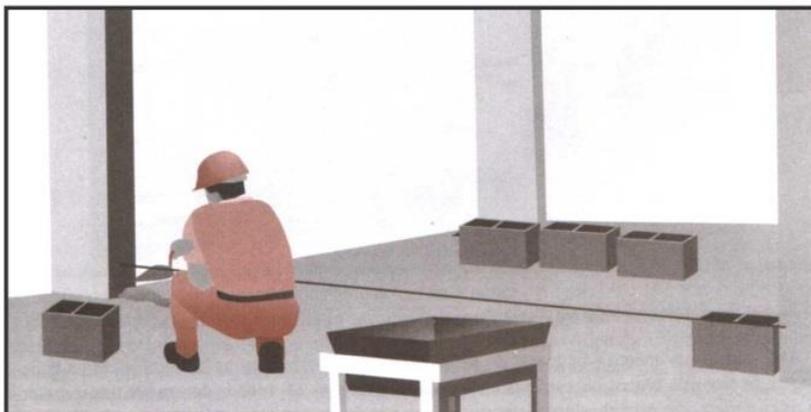
Definir a posição das paredes a partir dos eixos principais, garantindo o nivelamento da primeira fiada, o esquadro entre as paredes e as dimensões dos ambientes. No caso de alvenaria sob vigas, a posição das paredes deve ser conferida também em relação às faces das vigas por intermédio de um prumo de face aplicado pelo menos em três pontos – um ponto em cada cabeceira da viga e um terceiro no centro do vão.

Distribuir os blocos da fiada de marcação, sem argamassa de assentamento, de maneira a verificar e corrigir eventuais falhas de posicionamento de instalações embutidas.

Esticar uma linha de náilon na posição definida para a parede, servindo de referência para o alinhamento e o nível da fiada de marcação.

Assentar os blocos da extremidade de acordo com a ilustração da Figura 26, aplicando argamassa inclusive na interface bloco-pilar e pressionando firmemente o bloco contra a superfície de concreto. Em seguida assentar os blocos intermediários entre os de extremidade, preenchendo todas as juntas verticais entre eles.

FIGURA 26 - Assentamento dos blocos das extremidades da fiada de marcação

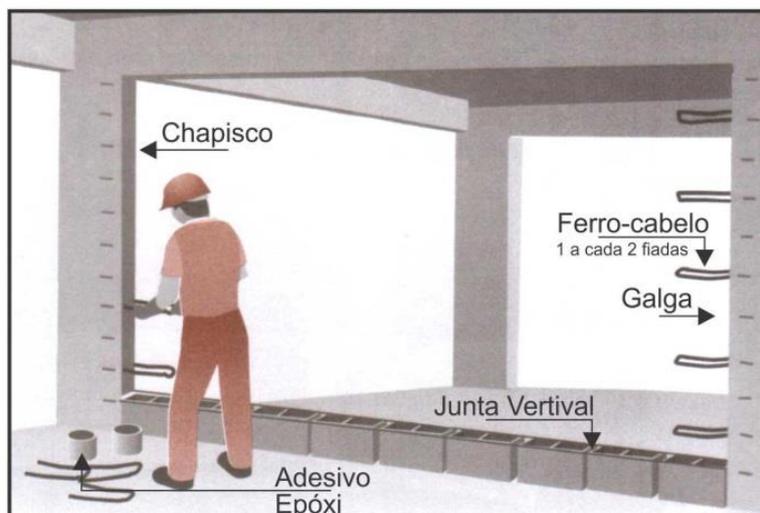


Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Os vão para colocação de portas deverão possuir folga compatível com o processo de colocação de batentes.

Galgar as fiadas da elevação na face dos pilares e marcar as posições indicadas no projeto para fixação dos ferros-cabelo que, em geral, são posicionados de duas em duas fiadas, a partir da segunda fiada, ver Figura 27.

FIGURA 27 - Esquema geral da marcação de alvenaria e posicionamento dos ferros-cabelo



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Abastecer o pavimento e os locais do andar onde serão executados as alvenarias com a quantidade e os tipos de blocos necessários à execução do serviço. Os blocos devem ser transportados em mini-palletes, em carrinhos com suportes adaptados de acordo com as ilustrações da Figura 28.

FIGURA 28 - Transporte dos blocos: (a) carrinho vazio e mini-pallet de blocos preparados; (b) encaixe dos mini-pallet nos suportes de carrinho; (c) transporte



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

A argamassa de assentamento usada para a elevação da alvenaria pode ser industrializada ou convencional. O abastecimento de argamassa nas frentes de trabalho deve ser feito com caixotes plásticos ou metálicos apoiados em suporte metálico providos de rodas, de maneira a facilitar a execução do serviço, ver Figura 29.

FIGURA 29 - Caixaote plástico com suporte metálico para colocação de alvenaria

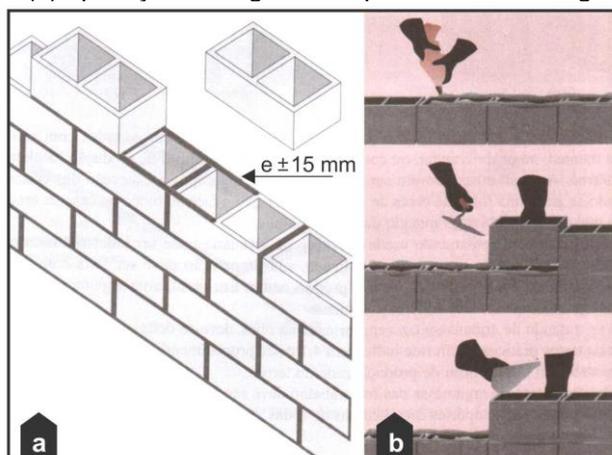


Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

É necessário que a argamassa seja aplicada com uma bisnaga, formando cordões de cerca de 15 mm de diâmetro, dos dois lados dos blocos, em suas laterais, conforme Figura 30. Havendo necessidade, pode-se utilizar um cordão duplo ou uma adaptação da abertura do bico para obter a espessura de junta desejada. Uma outra forma de se obter os cordões sem

desperdício de argamassa é a aplicação com uma desempenadeira estreita, do seguinte modo: enche-se a desempenadeira de argamassa, raspando-a em seguida, longitudinalmente, sobre os blocos, deixando metade da quantidade de argamassa de um dos lados da parede, formando o primeiro cordão. Depois raspa-se novamente, do outro lado da parede, deixando o resto da argamassa, formando o segundo cordão.

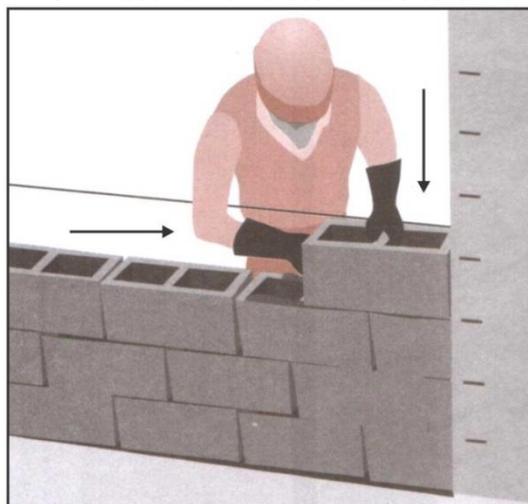
FIGURA 30 - (a) assentamento de blocos sobre cordões de argamassa;
(b) aplicação de argamassa por meio de bisnaga



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Assentar os blocos de cada extremidade aplicando argamassa entre a face dos blocos e a face dos pilares. Pressionar os blocos firmemente entre o pilar, obedecendo às galgas preestabelecidas, conforme Figura 31.

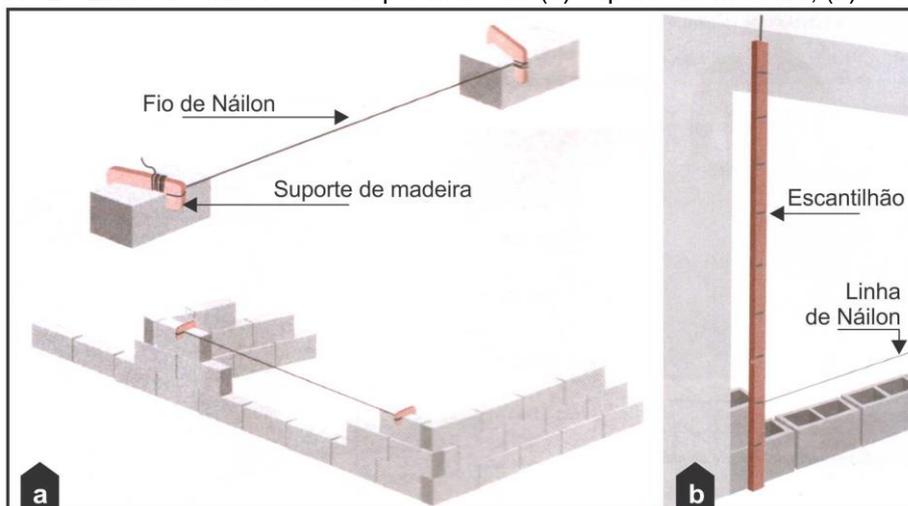
FIGURA 31 - Assentamento dos blocos da extremidade



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Esticar uma linha de náilon entre as galgas do vão, por intermédio de um suporte de madeira apoiado nos blocos de extremidade, conforme Figura 32a. Utilizando-se escantilhão ou pontalete graduado, a linha de náilon deve ser fixada nos mesmos, conforme mostra a Figura 32b.

FIGURA 32 - Linha de náilon esticada por meio de: (a) suporte de madeira; (b) escantilhão



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Assentar os blocos intermediários usando a linha de náilon como referência de alinhamento e de nível, conforme Figura 33a. Ao término de cada fiada, conferir e garantir o nivelamento das fiadas e o alinhamento e prumo das paredes, conforme Figura 33b.

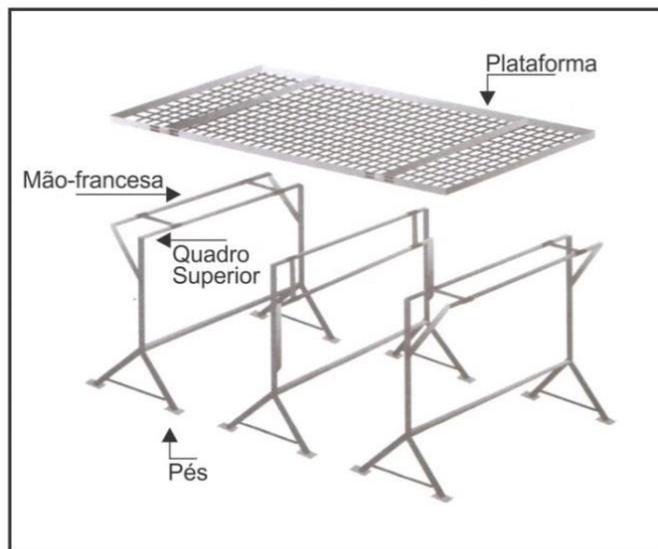
FIGURA 33 - (a) assentamento dos blocos intermediários; (b) nível e prumo das fiadas



Fonte: (a) Sousa e Mekbekian (1996); (b) Cartilha Mãos-a-obra da ABCP

Ao atingir uma altura que dificulte a continuação do serviço, deve-se posicionar cavaletes metálicos com suporte metálico ou de madeira, possibilitando a continuação dos trabalhos, ver Figura 34.

FIGURA 34 - Cavaletes e plataformas para andaimes



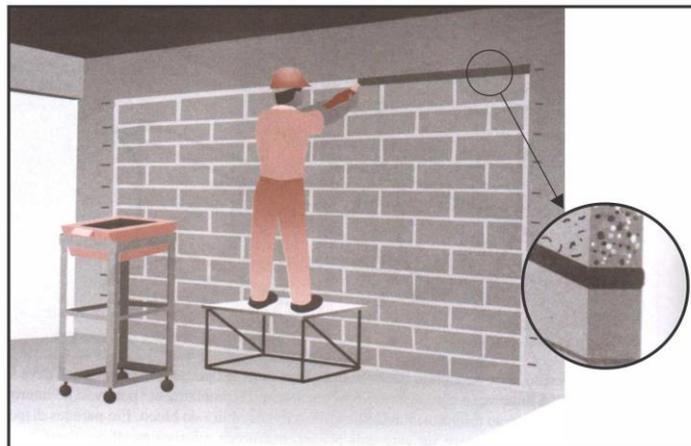
Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

Nas aberturas de janelas, garantir o alinhamento dos vãos observando a modulação da alvenaria. Utilizar o fio de prumo da fachada quando este já estiver instalado. As vergas e contravergas podem ser pré-moldadas em concreto ou executadas no próprio vão com blocos do tipo canaleta.

Em paredes com previsão de quadros ou caixas de instalações, ao alcançar-se sua altura deve-se posicionar um gabarito de madeira do tamanho do quadro ou da caixa para que o vão fique moldado.

Recomenda-se que a alvenaria seja fixada com bisnaga, conforme Figura 35, empregando-se argamassa com o mesmo traço utilizado no assentamento. A espessura do vão para a fixação deve ser de 1,5 cm a 3,0 cm. A alvenaria também pode ser fixada através do encunhamento, feito com tijolos maciços inclinados ou argamassa expansiva.

FIGURA 35 - Fixação da alvenaria por meio de bisnaga, com destaque do vão de 1,5 a 3,0 cm



Fonte: Sousa e Mekbekian (1996)

A execução da fixação deve ser retardada ao máximo, iniciando-se o serviço pela alvenaria dos pavimentos superiores em direção aos inferiores. A condição ideal é que a estrutura e a fase de elevação estejam completamente concluídas.

A Tabela 01 apresenta o passo-a-passo sugerido por Marinoski (2011) para a execução de alvenaria de vedação.

TABELA 01 - Passo-a-passo do processo executivo da alvenaria de vedação

Etapa	Passo
1ª Etapa Preparação da superfície para receber a alvenaria	01. Limpeza da base (laje ou viga de concreto armado)
	02. Lavagem (água) e escovação (escova de aço) da superfície de concreto
	03. Chapisco do concreto que ficara em contato com a alvenaria
	04. Marcação do alinhamento
	05. Definição da altura das fiadas da alvenaria (galga)
	06. Fixação dos dispositivos de amarração da alvenaria aos pilares
2ª Etapa Marcação da alvenaria	07. Molhagem do alinhamento
	08. Assentamento de blocos ou tijolos de extremidade
	09. Assentamento dos blocos intermediários
3ª Etapa Elevação da alvenaria	10. Iniciar a 2ª fiada com ½ tijolo
	11. 3ª fiada = 1ª fiada; 4ª fiada = 2ª fiada
	12. Juntas horizontais = 10 mm
	13. Verificar o prumo, nível e alinhamento de cada fiada
	14. Não executar até o respaldo (deve-se esperar o maior tempo possível para executar o respaldo)
4ª Etapa Execução do respaldo	15. Execução do respaldo.

Fonte: Marinoski (2011)

3 - METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia que foi adotada nesta pesquisa. Primeiramente caracteriza-se a estratégia de pesquisa utilizada. Em seguida apresenta-se o delineamento da pesquisa mostrando o passo a passo como o estudo foi desenvolvido.

3.1 - ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Gil, (2002) define pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos e é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos.

Segundo Yin (2005) a definição da estratégia de pesquisa deve passar pela análise de três condições, que consistem em: (i) o tipo de questão de pesquisa proposta, (ii) a extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais atuais e (iii) o grau de enfoque em acontecimentos contemporâneos em oposição a acontecimentos históricos. A Tabela 02 apresenta essas três condições e mostra como cada uma se relaciona com algumas estratégias de pesquisa.

TABELA 02 - Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa

Estratégia	Forma de questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	Como, por que	sim	sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quantos, quanto.	não	sim
Análise de arquivo	Quem, o que, onde, quantos, quanto.	não	sim / não
Pesquisa histórica	Como, por que	não	não
Estudo de caso	Como, por que	não	sim

Fonte: Yin (2005)

O estudo de caso segundo Yin (2005) é caracterizado quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”. É quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. A clara necessidade pelos estudos de caso surge do desejo de se compreender fenômenos sociais complexos. Ou seja, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real (YIN, 2005).

O autor então define o estudo de caso como uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos, e beneficia-se do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para conduzir a coleta e a análise de dados.

Para a realização da presente pesquisa, foi adotada a estratégia de um estudo de caso, pois se aplicou questionários estruturados para comprovação da eficiência de um ambiente virtual de aprendizagem segundo os conceitos de Realidade Virtual no processo de aprendizagem e formação de profissionais da construção civil.

A pesquisa ainda pode ser classificada segundo Silva e Menezes (2005) quanto ao do ponto de vista da sua natureza como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos.

3.2 - DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa foi delineada em 3 etapas: (1) Revisão bibliográfica e escolha das tecnologias; (2) Desenvolvimento do Alvenaria Virtual – ALVI e (3) Estudo de caso, conforme observa-se a Figura 36.

FIGURA 36 – Delineamento da pesquisa

QUESTÃO DE PESQUISA		
Como as “Escolas de Engenharia” podem aproximar a teoria e a prática das técnicas construtivas, na formação dos acadêmicos da Construção Civil?		
HIPÓTESE		
O realismo, a interatividade e a capacidade de simulação permitida pela realidade virtual facilitam o aprendizado e permite um maior aperfeiçoamento das técnicas da construtivas, diminuindo a distância entre a teoria e prática.		
OBJETIVO		
Avaliar a eficiência de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em conceitos de realidade virtual no aprendizado dos acadêmicos da construção civil.		
DESENVOLVIMENTO		
ETAPA - 1	ETAPA - 2	ETAPA - 3
*Revisão bibliográfica e escolha das tecnologias	Desenvolvimento do Alvenaria Virtual (ALVI) Versão Beta Teste Versão 1.0	Estudo de caso

* A revisão bibliográfica prosseguiu durante as demais etapas da pesquisa.

3.2.1 - Etapa 1: Revisão bibliográfica e escolha das tecnologias

A etapa iniciou-se com uma pesquisa em notas de aulas, artigos, livros, dissertações e teses, a fim de embasar a pesquisa sobre os temas envolvidos no estudo, tais como: aprendizagem, realidade virtual (RV), tecnologia construtiva de alvenarias.

Pela impossibilidade, devido ao tempo para execução da pesquisa, de mostrar todo o processo construtivo de uma edificação, deste a fundação, passando pela estrutura, vedação, cobertura e acabamento, proposta inicial do ante projeto desta pesquisa, mas que podem servir como estudo futuro, optou-se pela tecnologia construtiva de alvenaria de vedação como tema central do ambiente virtual de aprendizagem, por se tratar de uma das tecnologias construtivas mais comumente utilizadas nas mais diversificadas formas de edificações existentes.

De posse da revisão bibliográfica, partiu-se para a escolha das tecnologias que foram utilizadas para o desenvolvimento do ambiente virtual de aprendizagem. Após firmar parceria com o Laboratório de Realidade Virtual (LaRV) da Faculdade de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Pará e autorização da Eletronorte S.A, decidiu-se pela utilização do software

Sistema de Autoria de Instruções Técnicas Virtuais para o seu desenvolvimento, por se tratar de um software de interface amigável e não necessitar de conhecimentos de nenhuma linguagem de programação, o que o torna um software de relativa facilidade de utilização.

Para a modelagem 3D e mapeamento dos objetos foram escolhidos softwares como o Blender e o 3DS Max 9.0. Vale ressaltar a necessidade de utilização da versão 9.0 do 3DS Max, por ser a única compatível como o *plugin* oFusion, que é responsável pela exportação dos arquivos .MESH, extensão suportada pelo Sistema de Autoria de Instruções Técnicas Virtuais. Para a edição de imagens e texturas foi escolhido o software editor de imagens, denominado de GIMP.

3.2.2 - Etapa 2: Desenvolvimento do Alvenaria Virtual (ALVI)

O ALVI é um ambiente de aprendizagem em RV desenvolvido sobre a plataforma do Sistema de Autoria de ITV's, aplicativo computacional fruto da parceria do LaRV com a Eletronorte S.A devidamente explanado no item 2.1.6 deste trabalho. É pautado nos conceitos de ITV, passos e transição do Sistema de Autoria que nasce o ALVI, com a finalidade de apresentar o passo a passo para a execução de uma parede de alvenaria. O Processo executivo de alvenaria descrito no item 2.2.3 deste trabalho serviu como instrução técnica para o desenvolvimento do ALVI. A Figura 37 mostra a estrutura de desenvolvimento do ALVI.

FIGURA 37 – Estrutura de desenvolvimento do ALVI



O cenário principal do ALVI consta de um canteiro de obras com uma edificação já iniciada, faltando à execução de uma parede e um barracão onde são guardadas as ferramentas, equipamentos e matérias relacionadas com a execução da alvenaria. A Figura 38 apresenta a tela inicial do ALVI.

FIGURA 38 – Tela inicial do ALVI



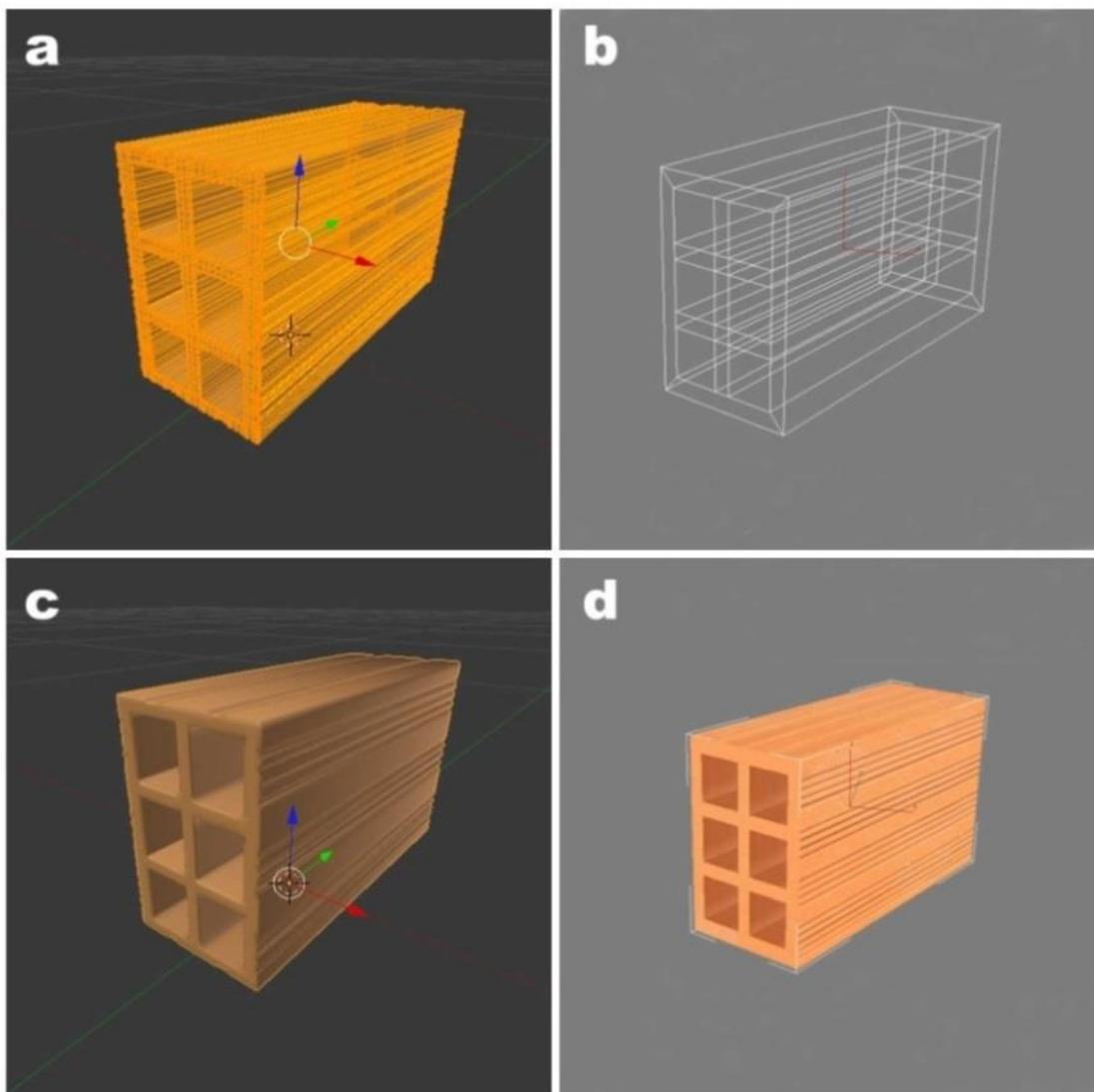
A descrição de cada área desta interface encontra-se em um Manual do Usuário que pode ser acessado através da Barra de Ferramentas do sistema, assim como o Referencial Teórico que embasou sua criação e o Roteiro do Experimento por ele realizado. Ao selecionar o ícone referente a cada uma dessas opções o ALVI disponibilizará um arquivo em formato PDF com o conteúdo desejado.

Os objetos que compõem o cenário e as ferramentas utilizadas para a execução da alvenaria, foram modelados em softwares apropriados anteriormente citados, sendo relevante ressaltar que a modelagem de objetos com a finalidade de serem utilizados em ambientes de RV requer que os mesmo sejam produzidos com o menor número de faces possíveis, fato que facilita o reprocessamento da imagem, levando em consideração que a RV trabalha com a produção de imagens em tempo real. Após modelados, os objetos foram texturizados com imagens do objeto real, fato que garantiu um maior realismo a estes objetos.

As informações para a modelagem e texturização desses objetos foram obtidas através de visitas em casas de materiais de construção, onde na oportunidade eram registradas imagens e conferido medidas de cada objeto desejado e/ou através de pesquisa na internet.

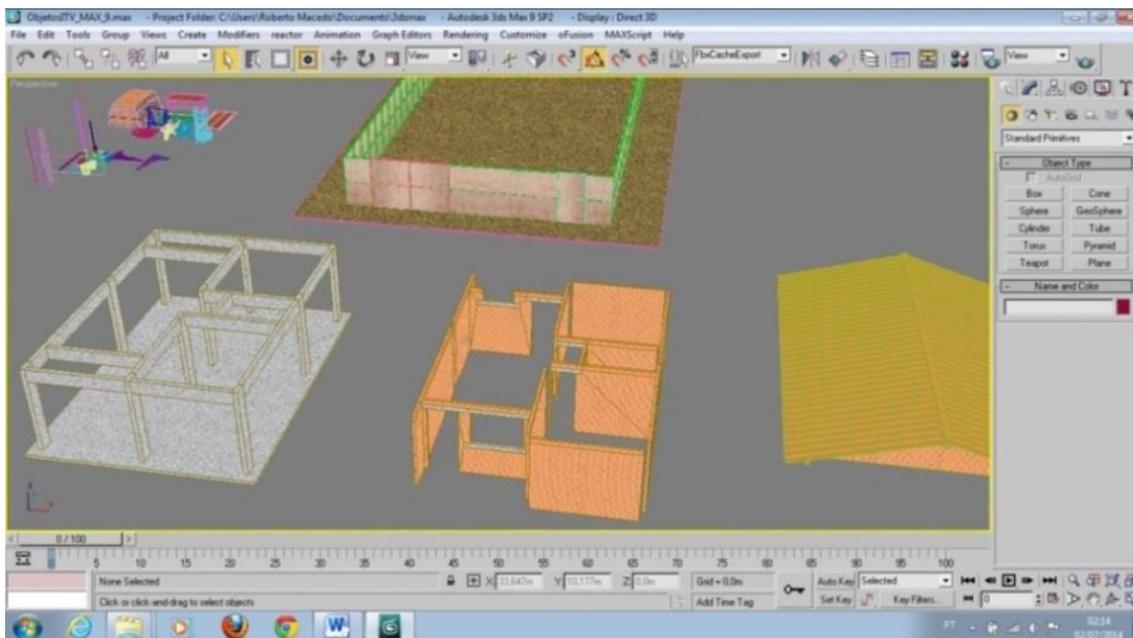
A Figura 39 mostra o objeto tijolo em quatro situações: (a) Modelado com muitas faces, situação não indicada para RV; (b) modelado com poucas faces, situação indicada para RV; (c) modelado com muitas faces e preenchido com uma cor difusa, situação não indicada para RV; (d) modelado com poucas faces e preenchido com uma textura, situação indicada para RV.

FIGURA 39 – Tijolo modelado



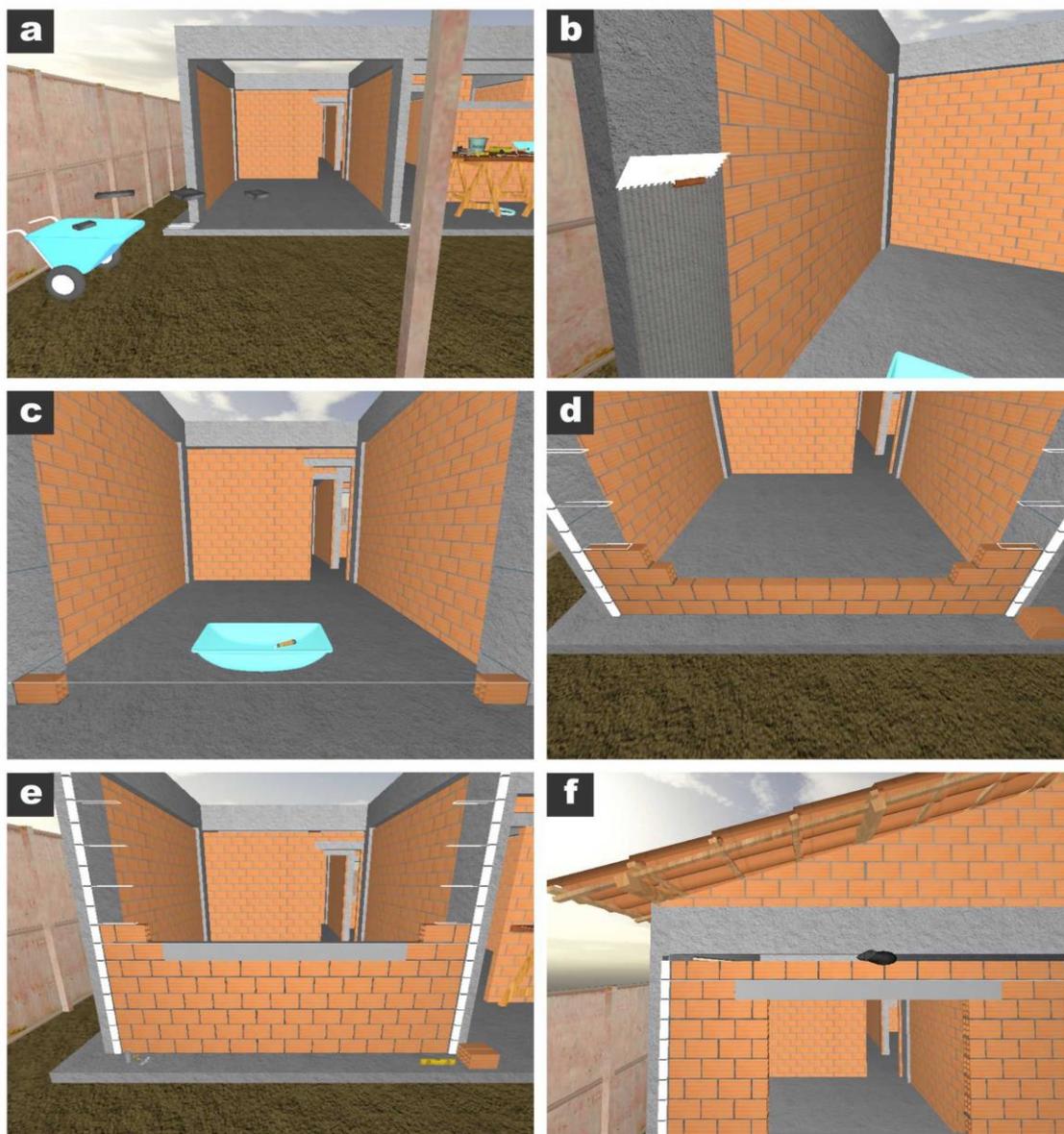
Para finalizar o processo de construção desses objetos, os mesmos foram exportados a partir do 3D Studio Max no formato MESH, padrão aceito pelo Sistema de Autoria, através do *plugin* oFusion e posteriormente posicionados no ambiente 3D do aplicativo. A Figura 40 mostra alguns desses objetos que foram modelados e texturizados em seus softwares de origem.

FIGURA 40 – Objetos modelados e texturizados.



Após os objetos estarem devidamente posicionados, os mesmos passaram por transformações do tipo translação, rotação, escalamento, transparência, contorno, etc e deram origem a cada um dos passos que compõe o processo executivo da alvenaria. A Figura 41 mostra algumas imagens de passos que são realizadas pelo ALVI durante o processo de execução da alvenaria: (a) limpeza do local onde será realizada a alvenaria; (b) a preparação da estrutura de concreto para receber a alvenaria através do chapisco; (c) posicionamento dos tijolos das extremidades; (d) o processo de levantamento da alvenaria, destacando a descontinuidade da junta vertical através do início da segunda fiada com meio tijolo e a repetição das fiadas ímpares e das fiadas pares; (e) posicionamento da contraverga na parte inferior dos vão destinados a janela; (f) a realização do travamento da alvenaria com a viga através do encunhamento.

FIGURA 41 – Imagens do processo construtivo da alvenaria no ALVI



Durante o desenvolvimento do ALVI este foi apresentado a profissionais e professores da área de tecnologia da construção, os encontros aconteciam de maneira informal, não havendo um roteiro pré-determinando, de forma que os mesmos podiam avaliar técnica e/ou didaticamente de forma livre, sem a necessidade de responderem a questionário padronizados. Essas avaliações eram catalogadas e posteriormente serviram de sugestões para melhorias no sistema.

3.2.2.1 – Teste com a versão beta do Alvenaria Virtual (ALVI)

Objetivando realizar uma análise parcial do desenvolvimento do ALVI foi realizado, com a sua versão beta, testes com alunos do primeiro semestre de cursos ligados à área da construção civil, de forma que as amostras fossem feitas preferencialmente com usuário que tivessem nenhum ou pouco conhecimento relativo ao assunto processo construtivo de alvenaria.

A versão beta do ALVI foi utilizada por dois grupos de alunos usuários, o primeiro grupo formado por 17 alunos do curso de arquitetura da UFPA e o segundo por 13 alunos do curso de engenharia civil de uma instituição de ensino superior privada da cidade de Belém, perfazendo um total de 30 alunos usuários. A Figura 42 mostra imagens da utilização da versão beta do ALVI pelos alunos usuários do curso de arquitetura.

FIGURA 42 – Alunos do curso de arquitetura utilizando a versão beta do ALVI



Os encontros tiveram duração de aproximadamente uma hora e transcorreram em três fases distintas, que são: (1) Os alunos usuários responderam a um questionário (Pré-teste), que tinha como objetivo detectar se os mesmos possuíam conhecimento prévio do processo construtivo de alvenaria, assim como de conceitos e definições de tópicos importantes ligados ao tema, tais como: junta de amarração, escantilhão, encunhamento, verga, contraverga e ferro cabelo; (2) Utilização da versão beta do ALVI através de dois modos de visualização, primeiro o modo automático e posteriormente o modo guiado; (3) Os alunos usuários voltaram a responder a um novo questionário (Pós-teste) que tinha por objetivo detectar se os mesmos tinham visualizado, durante a utilização do ALVI, os conceitos e definições acima

citados, sendo também solicitados a definir pelo menos três desses conceitos. Constatou-se ainda no questionário se o usuário se sentiu satisfeito com a utilização do sistema, permitindo ao usuário solicitar melhorias, caso achasse necessário, em temas como: facilidade de uso, tempo maior, tempo menor, gráfico, diversão, interatividade, assim como outros temas. O questionário finalizava perguntando se o usuário achava que o ALVI servia como uma ferramenta de aprendizagem.

Esta etapa foi finalizada com a implementação de ajustes na versão beta do ALVI, tais ajustes foram provenientes das apresentações informais com os profissionais e professores da área de tecnologia da construção e dos questionários estruturados respondidos pelos alunos usuários e deu origem a Versão 1.0 do ALVI.

Os questionários utilizados nesses testes estão disponíveis a seguir.

3.2.3 - Etapa 3: O estudo de caso

Com o objetivo de avaliar a capacidade do ALVI como ferramenta de aprendizagem foi realizado um estudo de caso com 30 alunos usuários, todos cursando o primeiro semestre/módulo do curso de engenharia civil na UFPA, de modo que as amostras possuíssem nenhum ou pouco conhecimento sobre o tema sistema construtivo de alvenaria.

O estudo de caso se desenvolveu durante dois encontros, o primeiro com 12 alunos usuários e o segundo com 18 alunos, cada encontro teve a duração de aproximadamente uma hora. A Figura 43 mostra os alunos usuário de engenharia civil utilizando o ALVI durante o estudo de caso.

FIGURA 43 – Alunos do curso de engenharia civil utilizando o ALVI



Idade: _____

Curso: _____

Semestre/Módulo: _____

Sexo: Masculino () Feminino ()

Versão Beta (ALVI) - Pré teste

1 – Você conhece o processo construtivo da alvenaria?

Sim () Não ()

Você conhece o conceito ou definição de:

2 – Junta de amarração?

Sim () Não ()

3 – Escantilhão?

Sim () Não ()

4 – Encunhamento?

Sim () Não ()

5 – Verga?

Sim () Não ()

6 – Contraverga?

Sim () Não ()

7 – Ferro cabelo?

Sim () Não ()

Idade: _____

Curso: _____

Semestre/Módulo: _____

Sexo: Masculino () Feminino ()

Versão Beta (ALVI) - Pós teste

1 – Você gostou de usar o aplicativo?

Sim () Não ()

2 – O que você sugere para a melhoria do aplicativo?

() Facilidade de uso

() Tempo maior

() Tempo menor

() Gráficos

() Diversão

() Interatividade

() Nenhuma

Outras:

3 – Quais os conceitos ou definições abaixo, você conseguiu identificar?

Descreva pelo menos três.

() Junta de amarração

() Escantilhão

() Encunhamento

() Verga

() Contraverga

() Ferro cabelo

4 – Você acha que o uso deste aplicativo serve como ferramenta de aprendizagem?

Sim () Não ()

Os encontros transcorreram de forma bastante similar aos realizados com a versão beta. A primeira e segunda fase de cada encontro foi igual, com a utilização de um questionário pré-teste para verificar o conhecimento prévio sobre o tema alvenaria e o uso do ALVI nos modos automático e guiado, houve mudança apenas na terceira fase, onde os alunos usuários passaram a responder dois questionários, um pós-teste com o objetivo de verificar o aprendizado dos conceitos existentes no processo de execução da alvenaria e a sequência executiva da alvenaria e outro questionário para avaliar o ALVI como ferramenta didática no processo de aprendizagem.

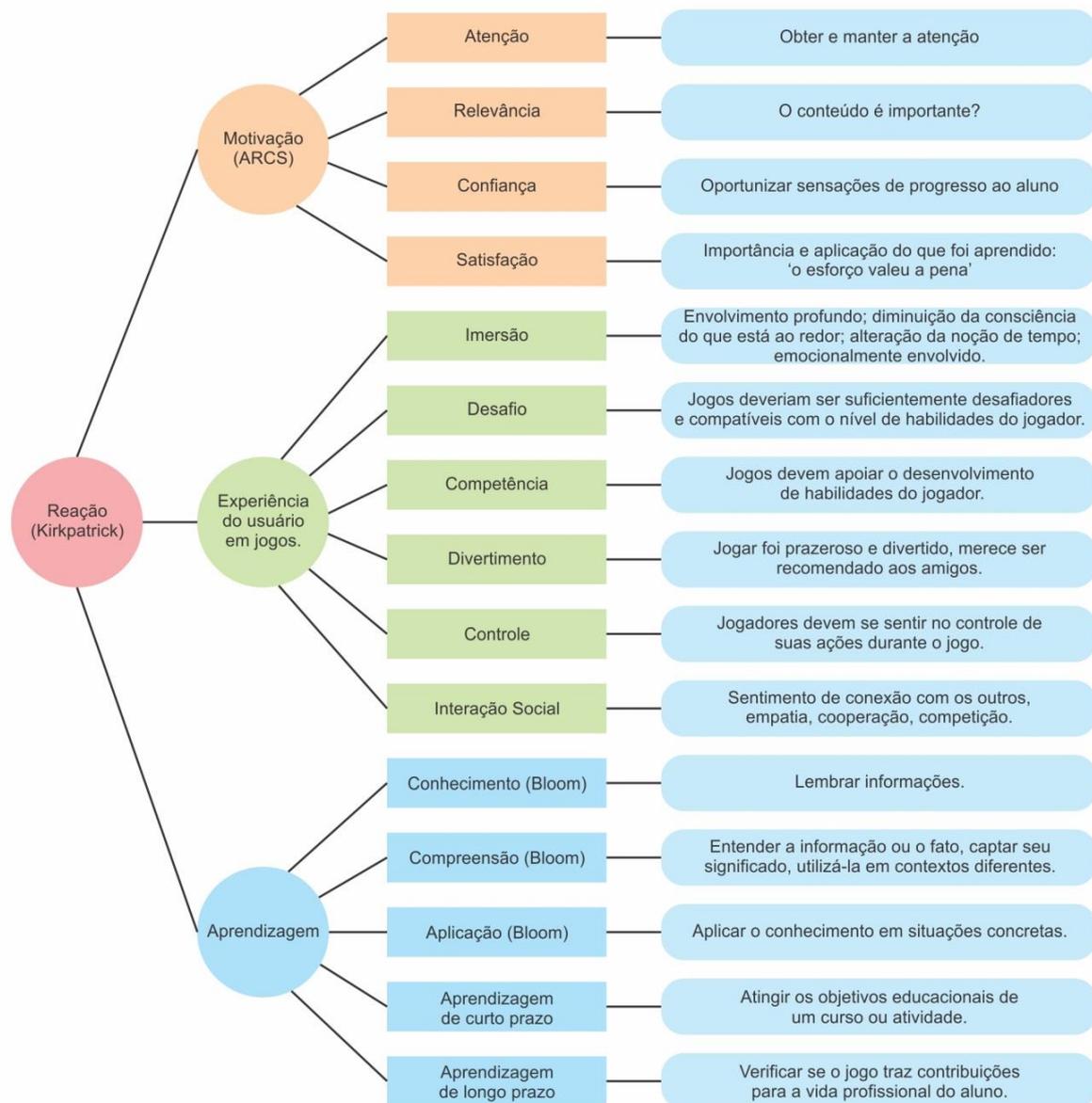
A avaliação do ALVI como ferramenta didática, foi realizado segundo o modelo desenvolvido por Savi (2011) em sua tese que teve como objetivo principal: realizar avaliações da qualidade dos jogos educacionais por meio da percepção dos alunos a respeito dos níveis de motivação, experiência do usuário e aprendizagem. Segundo o autor não basta que um jogo seja didaticamente adequado e promova a aprendizagem, ele também precisa ser capaz de motivar os alunos a estudarem e proporcionar uma boa experiência.

Vale ressaltar que o ALVI não estar enquadrado como jogo, pois em sua estrutura não existe conquista de pontos nem competição com outros usuários, porém foi relevante avalia-lo segundo o modelo desenvolvido por Savi (2011), pois o mesmo aborda um grande número de itens de extrema importância para avaliação do desempenho didático do ALVI.

Prieto *et al.* (2005) *apud* Savi (2011) diz que os *softwares* educacionais, “devem possuir objetivos pedagógicos e sua utilização deve estar inserida em um contexto e em uma situação de ensino baseados em uma metodologia que oriente o processo, através da interação, da motivação e da descoberta, facilitando a aprendizagem de um conteúdo”.

A estrutura do modelo de avaliação desenvolvido por Savi (2011) está representada na Figura 44, e é descritos pelo autor da seguinte forma:

FIGURA 44 - Estrutura do modelo de avaliação de jogos educacionais



Fonte: Savi (2011)

Os círculos representam os constructos teóricos do modelo, ou seja, as variáveis latentes, e os quadrados representam as dimensões que compõem as variáveis latentes. O primeiro círculo representa a variável latente reação (reação dos alunos ao jogo educacional, como proposto por Kirkpatrick). Mas o modelo de Kirkpatrick deixa em aberto os parâmetros que devem ser avaliados nas situações de ensino e aprendizagem, então, para apoiar a medição da reação, foram incluídos nesta estrutura: (i) o *modelo ARCS* para avaliação do nível de motivação (o jogo consegue motivar os alunos a utilizarem o recurso

como material de aprendizagem?), (ii) componentes de experiência dos usuários em jogos para avaliação da experiência de utilização do jogo (p.ex. o jogo é divertido?), e (iii) princípios da *taxonomia de Bloom* para avaliar se o jogo gera uma percepção de utilidade educacional entre seus usuários (ou seja, se os alunos têm a percepção de que aprendem com o jogo) e aspectos do modelo de avaliação de Moody e Sindre (2003) focados na aprendizagem de curto e longo prazo. Estes elementos são variáveis latentes consideradas subcomponentes do constructo *reação ao jogo educacional*.

Cada um dos três subcomponentes é composto por algumas dimensões. O subcomponente motivação é composto pelas 4 dimensões do modelo ARCS: atenção, relevância, confiança e satisfação. O subcomponente experiência do usuário em jogos é composto por 6 dimensões: imersão, desafio, competência, divertimento, controle e interação social. O subcomponente aprendizagem é composta por 5 dimensões (os 3 primeiros níveis da taxonomia de Bloom): conhecimento, compreensão e aplicação; e mais duas dimensões com as variáveis “aprendizagem de curto termo” e “aprendizagem de longo termo”, com base no modelo de avaliação de Moody e Sindre (2003).

Desta forma, o *modelo teórico* para avaliação de jogos educacionais é composto pelo constructo reação, seus 3 subcomponentes e 15 dimensões. Considera-se que neste modelo há uma relação causal entre os constructos e que a qualidade do jogo como material educacional será determinado pela reação do aluno ao efeito motivador do jogo, a experiência de jogar e ao ganho de aprendizagem percebido.

Estes constructos são medidos por meio de itens de um questionário que foi concebido por um misto de itens padronizado e alguns itens customizados para a avaliação da aprendizagem – que deve considerar os objetivos educacionais de cada jogo.

Os questionários utilizados no estudo de caso estão disponíveis a seguir.



Idade: _____

Curso: _____

Semestre/Módulo: _____

Sexo: Masculino () Feminino ()

Versão 1.0 - Pré Teste

1 – Você conhece o processo construtivo da alvenaria?

Sim () Não ()

2 - Você conhece o conceito ou definição de junta de amarração?

Sim () Não ()

3 – Você conhece o conceito ou definição de escantilhão?

Sim () Não ()

4 – Você conhece o conceito ou definição de encunhamento?

Sim () Não ()

5 – Você conhece o conceito ou definição de verga?

Sim () Não ()

6 – Você conhece o conceito ou definição de contraverga?

Sim () Não ()

7 – Você conhece o conceito ou definição de ferro cabelo?

Sim () Não ()



Idade: _____

Curso: _____

Semestre/Módulo: _____

Sexo: Masculino () Feminino ()

Versão 1.0 - Pós Teste

1 – Você conseguiu identificar o conceito ou definição de Junta de amarração?

Sim () Não ()

Defina

2 – Você conseguiu identificar o conceito ou definição de Escantilhão?

Sim () Não ()

Defina

3– Você conseguiu identificar o conceito ou definição de Encunhamento?

Sim () Não ()

Defina

4 – Você conseguiu identificar o conceito ou definição de Verga?

Sim () Não ()

Defina

5 – Você conseguiu identificar o conceito ou definição de Contraverga?

Sim () Não ()

Defina

6 – Você conseguiu identificar o conceito ou definição de Ferro cabelo?

Sim () Não ()

Defina

7 – Numere os passos em suas sequências de execução no processo construtivo da alvenaria.

- () Colocação dos ferros cabelo
- () Encunhamento
- () Colocação da contraverga
- () Limpeza do local da alvenaria
- () Chapisco
- () Colocação da verga
- () Fixação dos escantilhões

Questionário de avaliação de jogos educacionais

Alvenaria Virtual – ALVI- ____/____/____

Gostaríamos que você respondesse as questões abaixo para nos ajudar a melhorar este jogo. Todos os dados são coletados anonimamente e somente serão utilizados no contexto desta pesquisa. Algumas fotografias poderão ser feitas como registro desta atividade, mas não serão publicadas em nenhum local sem autorização.

Instituição de ensino: _____

Disciplina e turma: _____

Por favor, circule um número de acordo com o quanto você concorda ou discorda de cada afirmação abaixo.

Afirmações	Sua avaliação			Comentários sobre a questão
O design do jogo é atraente (interface ou objetos, como cartas ou tabuleiros).	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Houve algo interessante no início do jogo que capturou minha atenção.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
A variação (de forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo é relevante para os meus interesses.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo como material de estudo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Ao passar pelas etapas do jogo senti confiança de que estava aprendendo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	

Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
É por causa do meu esforço pessoal que consigo avançar no jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Temporariamente esqueci das minhas preocupações do dia-a-dia, fiquei totalmente concentrado no jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Eu não percebi o tempo passar enquanto jogava, quando vi o jogo acabou.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Pude interagir com outras pessoas durante o jogo	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Me diverti junto com outras pessoas	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Este jogo é adequadamente desafiador para mim, as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono – oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Me diverti com o jogo.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Quando interrompido, fiquei desapontado que o jogo tinha acabado (gostaria de jogar mais).	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Gostaria de utilizar este jogo novamente	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Consegui atingir os objetivos do jogo por meio das minhas habilidades.	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	
Tive sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo	Discordo Fortemente	-2 -1 0 +1 +2	Concordo Fortemente	

– O jogo contribuiu para a minha aprendizagem na disciplina
(Discordo fortemente) -2 -1 0 +1 +2 (Concordo fortemente)

– O jogo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras atividades da disciplina.

(Discordo fortemente) -2 -1 0 +1 +2 (Concordo fortemente)

– Atribua uma nota de 1,0 a 5,0 para seu nível de conhecimento antes e depois do jogo aos conceitos listados na tabela abaixo (1,0 – pouco; 5,0 – muito).

Conceitos	Lembrar o que é	
	Antes	Depois
Processo Construtivo de Alvenaria		
Junta de amarração		
Escantilhão		
Encunhamento		
Verga		
Contraverga		
Ferro cabelo		

– A experiência com o jogo vai contribuir para meu desempenho na vida profissional.

(Discordo fortemente) -2 -1 0 +1 +2 (Concordo fortemente)

– Cite 3 pontos fortes do ALVI

– Por favor, dê 3 sugestões para a melhoria do ALVI

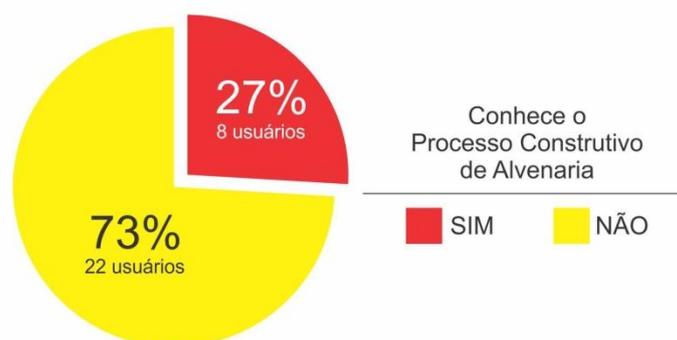
4 – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo avalia os resultados obtidos através do uso dos questionários durante a realização do teste com a versão beta do ALVI e do estudo de caso que avaliou o seu desempenho como ferramenta de aprendizagem.

4.1 – AVALIAÇÃO DA VERSÃO BETA DO ALVI

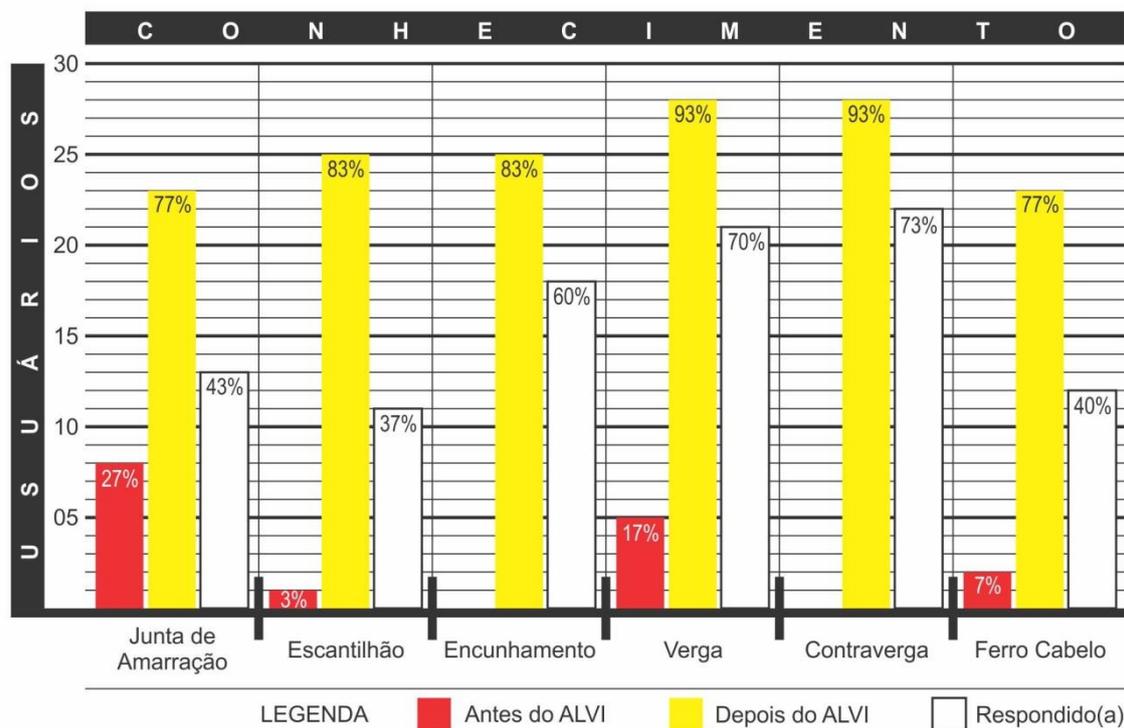
Objetivando realizar uma análise parcial do ALVI foram realizados testes com 30 alunos usuários que preferencialmente possuíssem pouco ou nenhum conhecimento do processo construtivo de alvenaria. O Gráfico 01 comprova essa expectativa, mostrando que 73% dos alunos usuários que participaram destas avaliações afirmaram não possuir conhecimentos sobre o assunto.

GRÁFICO 01 – Conhecimento prévio sobre o processo construtivo de alvenaria
(Versão beta do ALVI)



O Gráfico 02 mostra a relação entre os conhecimentos de conceitos e/ou definições sobre pontos relevantes do processo de execução da alvenaria, como: Junta de amarração, escantilhão, encunhamento, verga, contraverga e ferro cabelo, antes e depois da utilização da versão beta do ALVI, assim como mostra quais desses conceitos e/ou definições foram devidamente respondidos pelos alunos usuários.

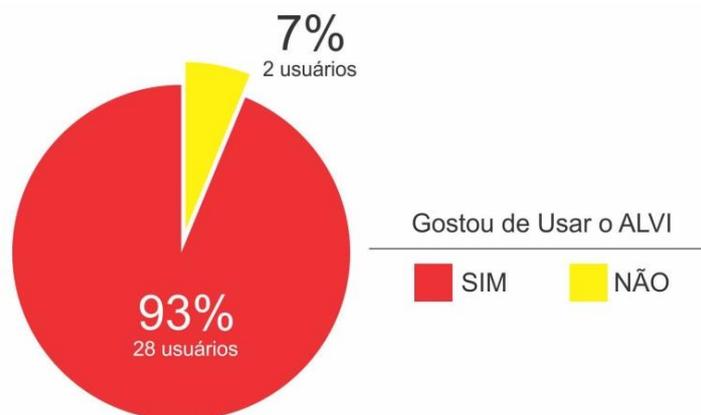
GRÁFICO 02 – Relação de conhecimentos antes e depois do uso do ALVI
(Versão beta do ALVI)



Percebe-se com clareza que antes do uso do ALVI o conhecimento aos assuntos sugeridos é pouco ou nenhum, como é o caso dos conceitos de encunhamento e contraverga, condição inicial desejada pela metodologia de avaliação e após o uso do ALVI a percepção pelos conceitos chega a índices iguais ou superiores a 77% dos alunos usuários, sendo os conceitos de Junta de Amarração e Ferro Cabelo os que receberam menores percentuais. Quanto aos conceitos e/ou definições respondidos, os índices tem uma leve queda, queda esta considerada normal por dois motivos, o primeiro pelo pouco tempo de utilização de uso do ALVI e o segundo porque foi solicitado aos alunos usuários que respondessem pelo menos três dos conceitos e muito se limitaram simplesmente a esse número mínimo de respostas. O menor percentual de resposta ficou com o conceito de Escantilhão com 37% e o maior com o conceito de contraverga com 73%.

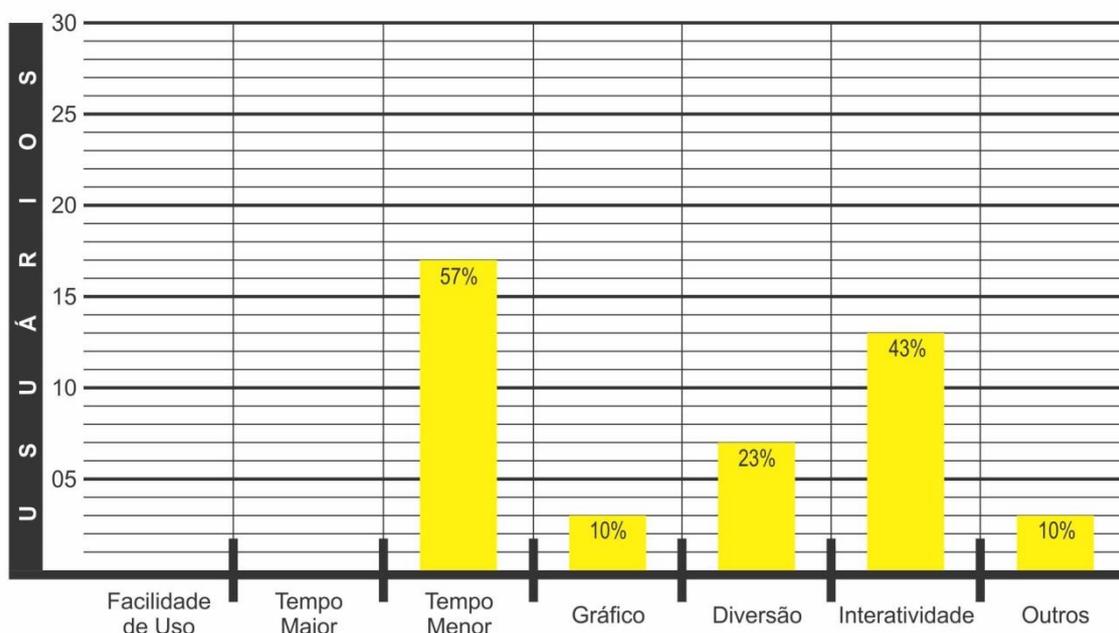
Foi grande a satisfação por parte dos alunos usuários na utilização do ALVI. O Gráfico 03 mostra que 93% destes declararam-se satisfeito em utilizá-lo.

GRÁFICO 03 – Satisfação dos alunos usuários na utilização da versão beta do ALVI



Porém foi solicitado aos alunos que sugerissem melhorias para o ALVI, sendo a redução do tempo da demonstração do processo construtivo o mais indicado, por 57% dos alunos usuários, acompanhado pela opção que solicita mais interatividade por 43% dos alunos usuários. O Gráfico 04 mostra as sugestões de melhorias para o ALVI e seus respectivos percentuais.

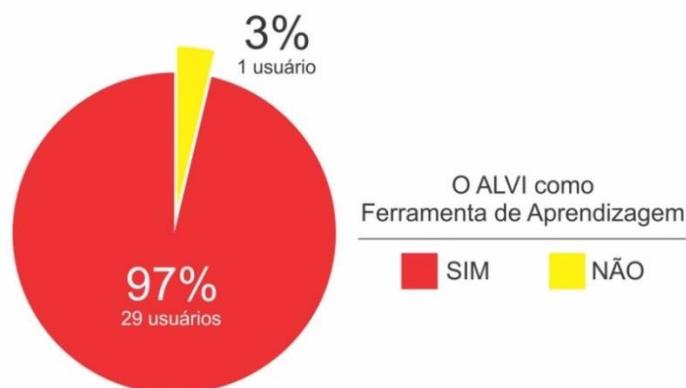
GRÁFICO 04 – Sugestões de melhorias para o ALVI



Entre outras sugestões indicadas estão: a eliminação de animações repetitivas e o detalhamento de finalidades de alguns procedimentos que são realizados, tais como: chapisco, nível, prumo, etc.

Apesar das sugestões de melhorias o ALVI foi indicado por 97% dos alunos usuários como uma ferramenta de aprendizagem, como mostra o Gráfico 05.

GRÁFICO 05 – O ALVI como ferramenta de aprendizagem (Versão beta do ALVI)



Após a realização destas avaliações e seguindo as sugestões de melhorias propostas, algumas implementações foram realizadas com a finalidade de melhorar a performance do sistema, entre elas estão: (a) Eliminação de algumas animações repetitivas; (b) Aceleração de algumas animações repetitivas que se achou relevante conservar no processo; (c) Detalhamento através de caixas de texto e áudio de etapas e/ou procedimentos importantes, tais como a conferência de nível, prumo, esquadro, etc.;

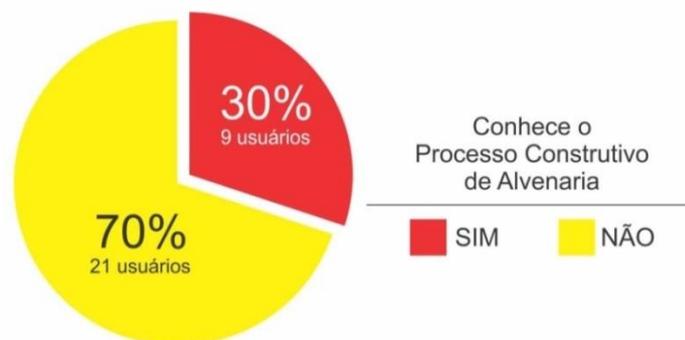
O tempo total de todo o processo de execução da alvenaria em seu modo automático caiu de 20 minutos e 06 segundos (Versão beta do ALVI) para 19 minutos e 13 segundos (Versão 1.0 do ALVI). A redução do tempo total foi relativamente pequena por considerar que o detalhamento das etapas era mais relevante para o processo de aprendizagem do aluno usuário que propriamente a diminuição do tempo total do processo.

4.2 – AVALIAÇÃO DO ALVI NO ESTUDO DE CASO

Após a execução de melhorias e finalização da versão 1.0 do ALVI, foi realizado o estudo de caso com 30 alunos usuários e novamente os participantes possuíam pouco ou nenhum conhecimento prévio do processo construtivo de alvenaria, condição ideal proposta pela metodologia utilizada. O

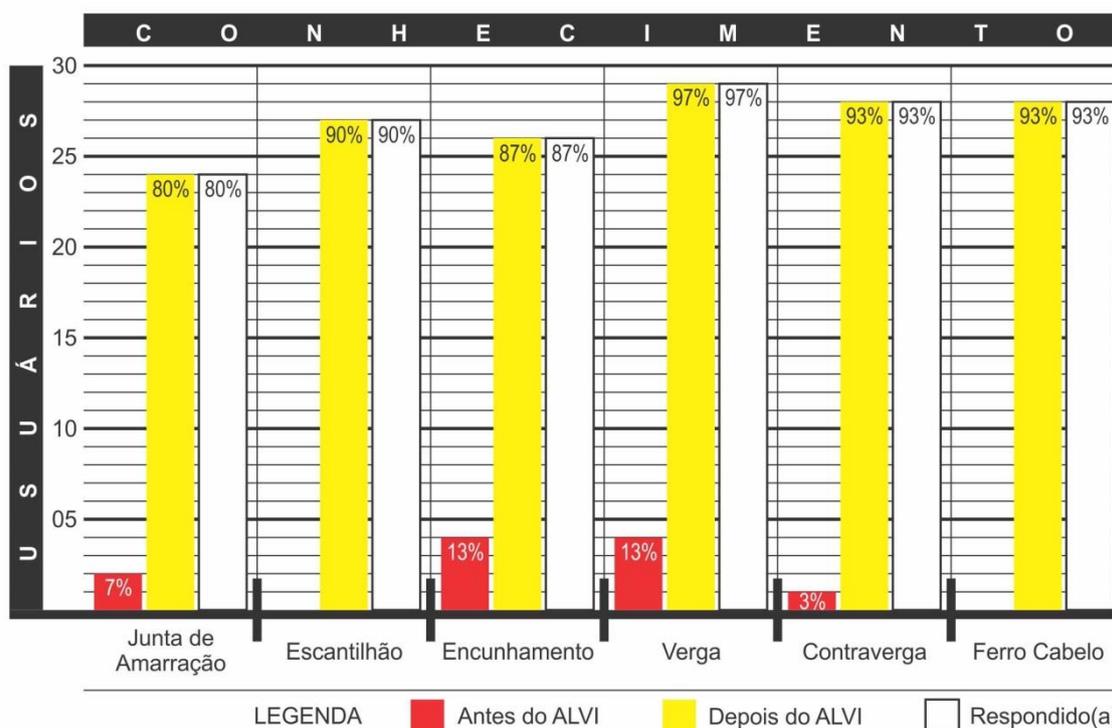
Gráfico 06 mostra que 70% dos alunos usuários que utilizaram o ALVI durante o estudo de caso afirmaram não conhecer o processo construtivo de alvenaria.

GRÁFICO 06 – Conhecimento prévio sobre o processo construtivo de alvenaria
(Estudo de caso)



O Gráfico 07 mostra a relação de conhecimento dos conceitos e/ou definições dos tópicos relevantes à alvenaria anteriormente citados, antes e depois da utilização do ALVI e as resposta dos alunos usuários aos conceitos e/ou definições relacionados ao processo construtivo de alvenaria no estudo de caso.

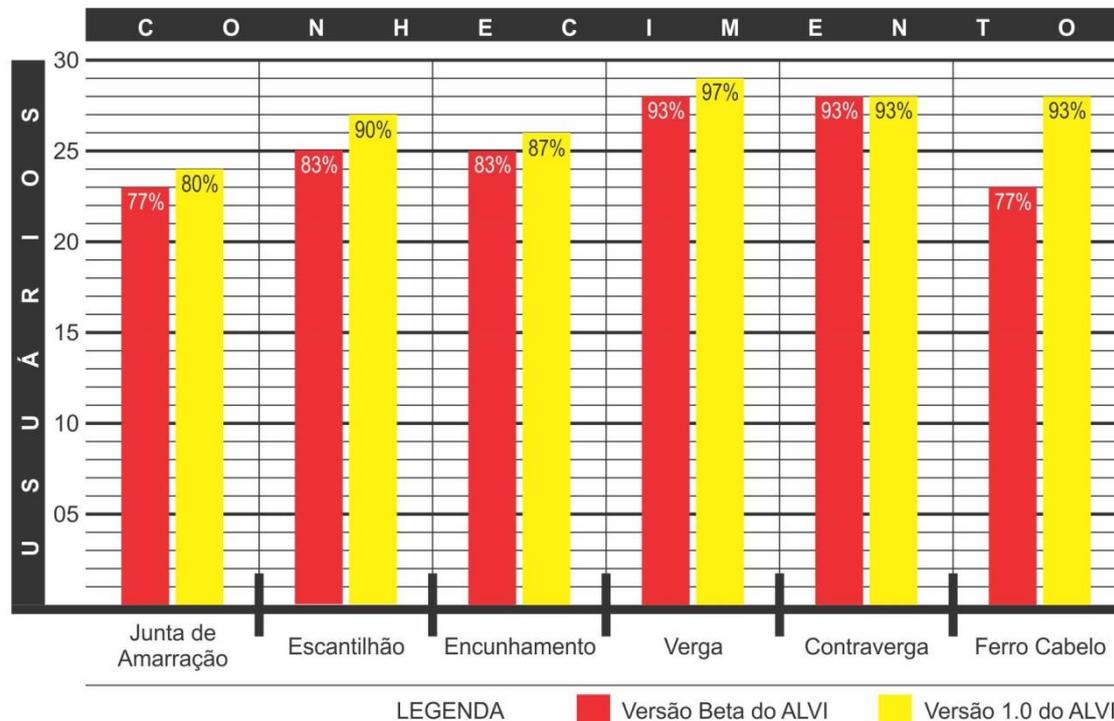
GRÁFICO 07 – Relação de conhecimentos antes e depois do uso do ALVI
(Estudo de caso)



Percebeu-se com clareza novamente que o conhecimento dos conceitos e/ou definições antes do uso do ALVI era pouco ou nenhum, como é o caso dos conceitos de Escantilhão e Ferro Cabelo e após o uso houve significativa conquista de conhecimento, obtendo resultados superiores ou iguais a 80% em todos os conceitos e/ou definições sendo que neste caso os percentuais de itens respondidos acompanhou cada um desses conceitos após o uso do ALVI, isso deve-se a exigência de descrição feita durante a aplicação dos questionários.

Os percentuais de reconhecimento dos conceitos indicaram ainda índices maiores durante o estudo de caso, com exceção do conceito de Contraverga que permaneceu o mesmo entre a avaliação da versão beta e o do estudo de caso, 93%. Este fato pode ter ocorrido devido às melhorias executadas para a versão 1.0 do ALVI. O Gráfico 08 mostra a comparação dos percentuais de reconhecimento dos conceitos após o uso do ALVI nas duas etapas de aplicação.

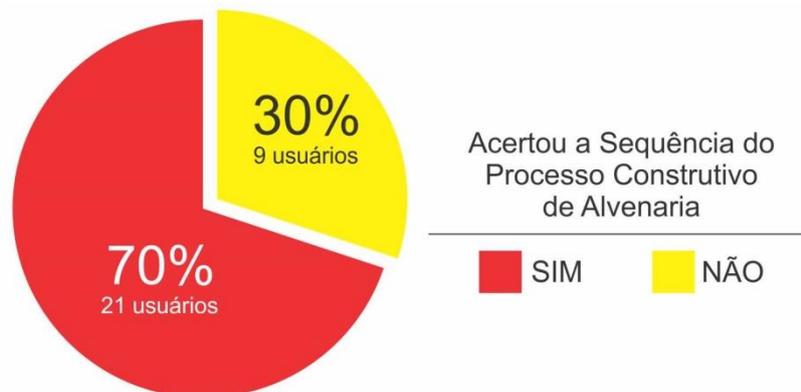
GRÁFICO 08 – Relação de conhecimentos entre as versões do ALVI após a sua utilização



A avaliação solicitou ainda que os alunos usuário do ALVI enumerassem a sequência lógica dos passos para a execução da alvenaria. O Gráfico 09

mostra que 70% dos entrevistados conseguiram êxito na enumeração e acertaram a sequência do processo construtivo de alvenaria.

GRÁFICO 09 – Acertou a sequência do processo construtivo de alvenaria (Estudo de Caso)



4.3 - AVALIAÇÃO DO ALVI UTILIZANDO O QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE JOGOS EDUCATIVOS.

A avaliação da reação dos alunos usuários ao utilizarem o ALVI foi realizada baseada em três componentes, motivação, experiência do usuário e aprendizagem, como foi proposto por Savi (2011). Os resultados desta avaliação são apresentados a seguir. Para definir as notas foi atribuída uma escala que vai de -2 a +2.

4.3.1 – Componente Motivação

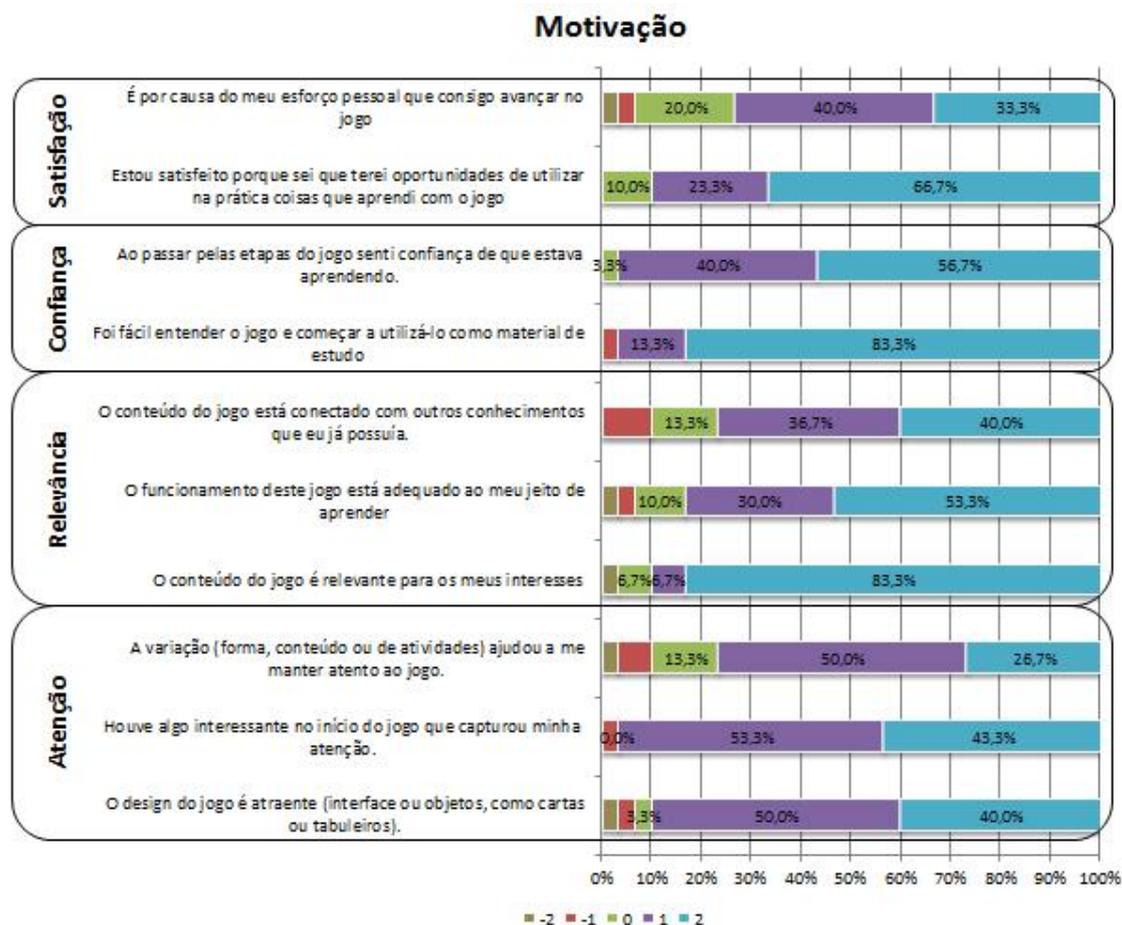
De modo geral, foi possível observar que o ALVI teve um efeito positivo na motivação dos alunos usuários em grande parte dos itens, como pode ser observado no gráfico de frequências a seguir.

De modo geral é possível perceber uma concentração maior nas notas de +1 a +2 em todos os itens, a media total dos alunos que atribuíram nota +1 corresponde a 34,3%, +2 por pelo menos 52,7% dos alunos, 0 foi utilizado por 8%, -1 por 3,3% e -2 por apenas 1,7%.

É possível verificar também que os itens facilidade de entender o ALVI e o conteúdo é relevante, obtiveram as maiores percentagens de notas +2 no componente motivação, com 83,3% de indicação.

O Gráfico 10 mostra os dados do questionário referente aos itens de motivação.

GRÁFICO 10 – Dados do questionário referente aos itens de motivação.



De maneira específica é possível perceber os seguintes aspectos:

Satisfação – Neste quesito obteve-se índice muito bom de aprovação onde 90% dos alunos usuários atribuíram notas +1 ou +2 afirmando que terão oportunidades de utilizar na prática o que aprenderam com o ALVI. Todavia no item referente ao esforço para avançar nas etapas do ALVI obteve-se o menor índice de concordância no item motivação com 73,3% atribuindo notas +1 ou +2, a este fato pode ser levando em conta o uso do ALVI apenas nos modos automático e guiado.

Confiança – Este quesito foi o melhor avaliado no componente motivação, pois seus dois itens tiveram acima de 96% de atribuições na somatória das notas +1 ou +2 em relação aos outros. O ALVI foi considerado

fácil de entender para os alunos usuários, com 96,7% e 96,6% dos alunos usuários concordaram que ao passar pelos passos sentiram confiança de que estavam aprendendo.

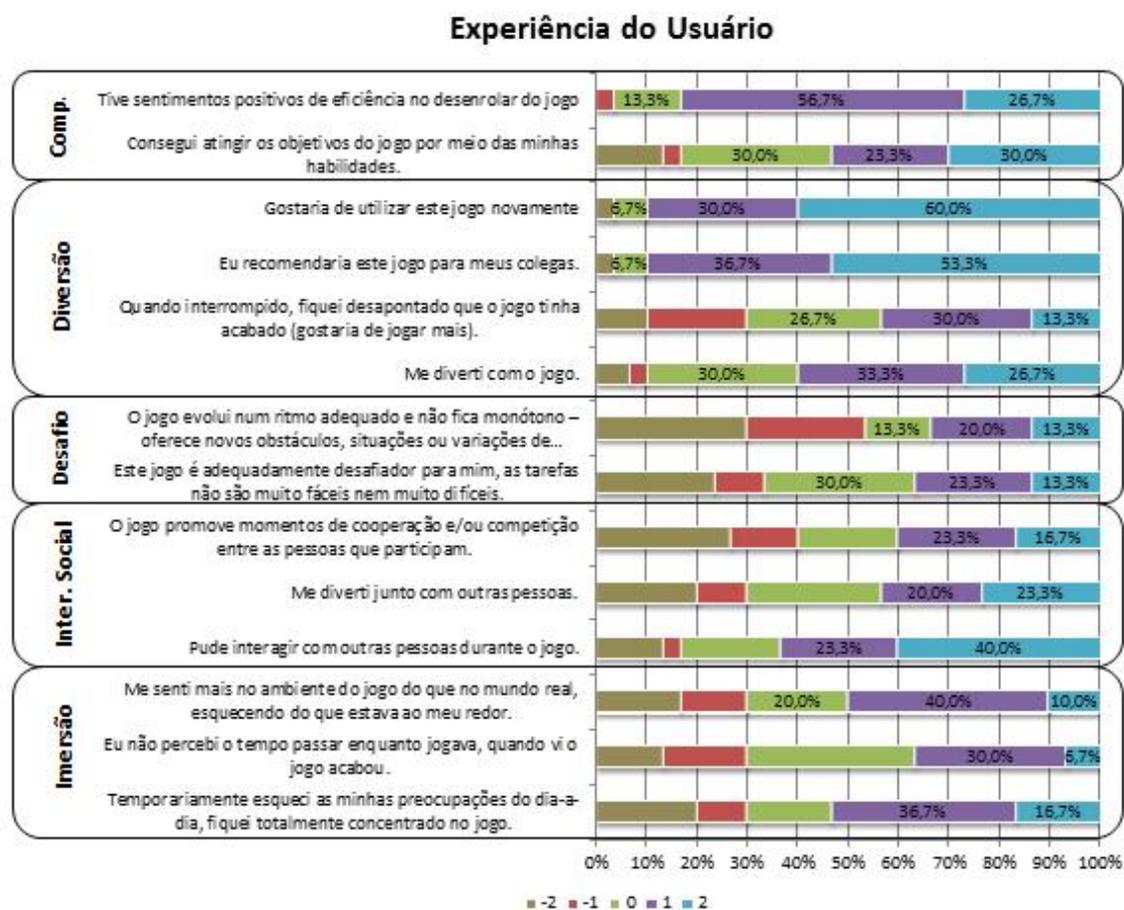
Relevância – O ALVI foi considerado relevante para 90% dos alunos usuários, que atribuíram notas +1 ou +2 para este item, o funcionamento do ALVI está adequado ao jeito de aprender para 83,3% dos alunos, e o conteúdo está conectado com outros conhecimentos para 76,7% dos alunos usuários.

Atenção – Dos alunos usuários que atribuíram notas +1 ou +2 no total 96,6% acharam o ALVI interessante, 90% consideraram atraente o design do jogo e 76,7 % dos alunos consideram que a variação do ALVI ajudou a mantê-los atentos, sendo este último item do critério atenção o que menos recebeu nota +2 pelos alunos usuário, dentro do componente motivação, apenas 26,7%, o que sugere que deva ser tratado com um pouco mais de critério para a próxima atualização do ALVI.

4.3.2 – Componente Experiência do Usuário

Este foi o componente que menos recebeu notas +1 ou +2, porém vale resaltar que dois itens receberam o percentual de 90% de notas +1 ou +2 atribuídas, que são: os que gostariam de utilizar o ALVI novamente e os que o indicariam para seus colegas, que de modo geral indica uma grande aceitação pela utilização do ALVI. O Gráfico 11 mostra o quadro com os dados referente aos itens do componente Experiência do Usuário.

GRÁFICO 11 - Dados do questionário referente aos itens de Experiência do Usuário.



De maneira específica é possível perceber os seguintes aspectos:

Competência – O item que avalia se os alunos tiveram sentimentos positivos de eficiência no ALVI recebeu notas +1 ou +2 de 83,4% dos alunos. O item que avalia se os alunos usuários atingiram os objetivos do jogo por meio de suas habilidades teve uma avaliação positiva para apenas 53,3% que concordaram com notas +1 ou +2, este resultado pode ser reflexo da utilização apenas dos modos de visualização automático e guiado, ficando o modo livre de fora do processo de avaliação.

Diversão – 90% dos alunos usuários do ALVI atribuíram notas +1 ou +2 afirmando que gostariam de reutilizá-lo, este mesmo percentual de 90% de notas +1 ou +2 se repetiu para os que indicariam o ALVI para seus colegas, 60% dos alunos usuários com notas +1 ou +2 declararam terem se divertido com o uso do ALVI e 43,3 não ficaram muito desapontados com o fim ou a interrupção do uso do ALVI.

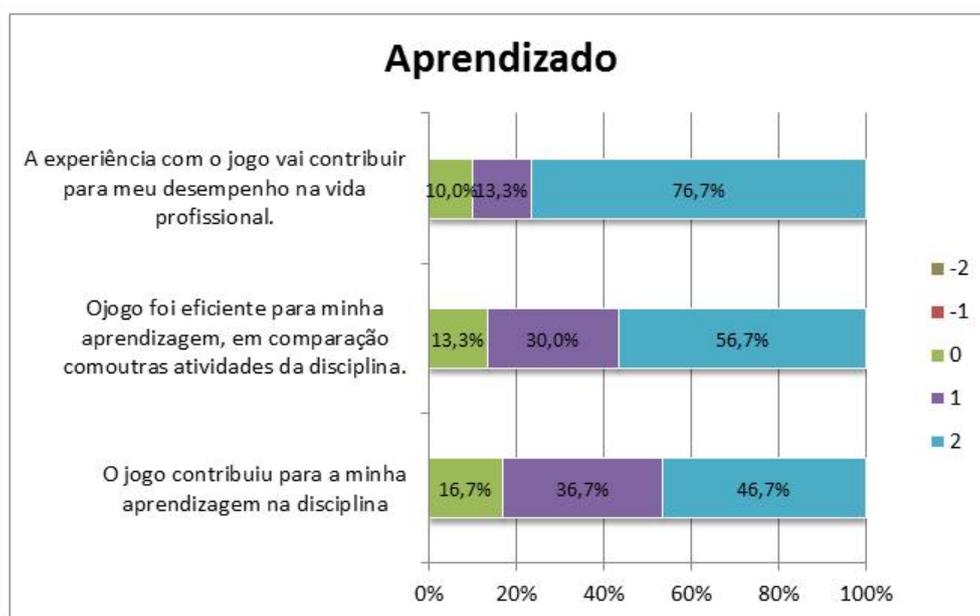
Desafio – Este item teve a pior avaliação entre os outros itens avaliados neste componente, 66,7% dos alunos usuário atribuíram notas entre -2 e 0 e não acham o ALVI adequadamente desafiador, resultado considerado normal pelo fato do ALVI não estar enquadrado na categoria de jogo. O item que avalia se o ALVI evolui num ritmo adequado e não fica monótono obteve 56,7% de notas atribuídas entre -2 e 0. Vale ressaltar que o ALVI foi aplicado aos alunos usuários apenas nos modos automático e guiado de visualização, que possuem índices de desafio menor que o modo de visualização livre.

Interação Social – Neste item 63,3% dos alunos usuários indicaram que interagiram com outras pessoas durante a utilização do ALVI, atribuindo nota +1 ou +2, porém apenas 33,3% afirmaram que houve momentos de cooperação e/ou competição com outros usuários atribuindo notas +1 ou +2. O item que pergunta se os alunos se divertiram junto com outras pessoas obteve um percentual de 43,3% de notas entre +1 ou +2.

Imersão – A sensação de imersão teve índices regulares junto aos alunos usuários do ALVI, tendo em vista que 53,4% destes deram notas +1 ou +2 para o item que perguntava se os mesmos se esqueceram das preocupações do dia-a-dia e ficaram concentrados durante a utilização do ALVI, números esses compatíveis com os 50% dos alunos usuários que atribuíram notas +1 ou +2 para o questionamento sobre se sentiram mais no ambiente do ALVI do que no mundo real. O item que pergunta se não perceberam o tempo passar enquanto utilizavam o ALVI teve 36,7% de notas +1 ou +2.

4.3.3 – Componente Aprendizagem

De modo geral na percepção dos alunos usuários, o ALVI contribuiu para a aprendizagem de assuntos relevantes ao tema processo construtivo da alvenaria. O Gráfico 12 mostra os dados do questionário referentes aos itens de aprendizagem.

GRÁFICO 12 - Dados do questionário referente aos itens de aprendizagem.

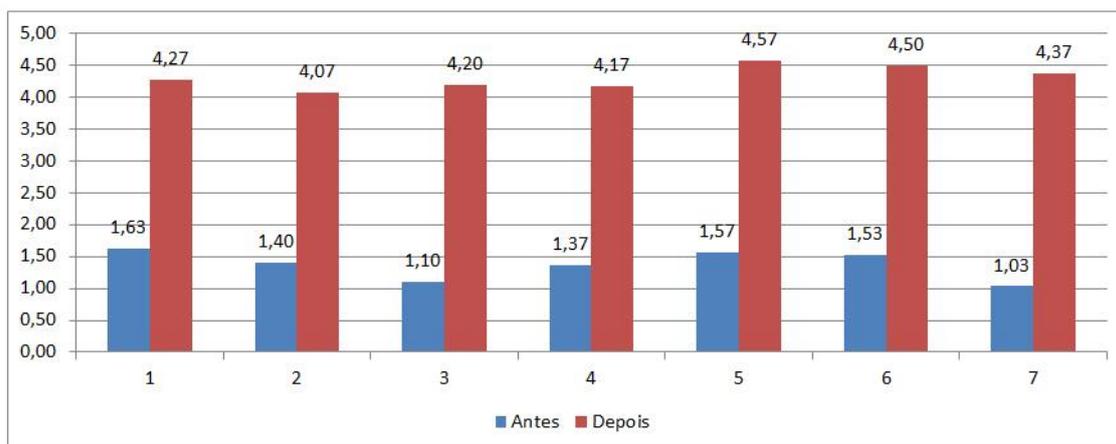
Dimensão aprendizagem de curto termo – 83,4% dos alunos usuários acham que o uso do ALVI trouxe contribuições na aprendizagem e deram notas +1 ou +2 para este item, e 86,7% consideraram o ALVI eficiente em comparação com outras atividades usadas atualmente para passar conteúdos inerentes ao processo construtivo de alvenaria.

Dimensão aprendizagem de longo termo – 90% de alunos usuários que atribuíram notas +1 ou +2 ao item referente a experiência do uso do ALVI em sua vida profissional. Dentre esses, 76,7% foram de notas +2, uma dos maiores percentuais de notas +2 atribuídos a um mesmo item em toda a avaliação.

4.3.4 – Avaliação dos Objetivos de Aprendizagem

O Gráfico 13 apresenta as médias da auto avaliação dos alunos usuários em relação aos objetivos de aprendizagem nos momentos antes e depois da utilização do ALVI. Os resultados mostram que os alunos perceberam um aumento do nível de conhecimento em todos os objetivos de aprendizagem. As notas foram atribuídas seguindo uma escala de 1 a 5 e os alunos tinham que atribuir notas para seu conhecimento antes e após a utilização do ALVI.

GRÁFICO 13 - Media da auto avaliação dos objetivos de aprendizagem



O item 1 perguntava se conhecia o processo construtivo de alvenaria, a média de alunos neste primeiro item foi de 1,63 antes da utilização do ALVI, e 4,27 para depois de terem utilizados o ALVI. O item 2 perguntava se conhecia o conceito de junta de amarração, antes os alunos ficaram com uma média de 1,40 e após a média subiu para 4,07. O item 3 perguntava se conhecia o conceito de escantilhão, antes os alunos ficaram com uma média de 1,10 e após a média subiu para 4,20. O item 4 perguntava se conhecia o conceito de encunhamento, antes os alunos ficaram com uma média de 1,37 e após a média subiu para 4,17. O item 5 perguntava se conhecia o conceito de verga, antes os alunos ficaram com uma média de 1,57 e após a média subiu para 4,57. O item 6 perguntava se conhecia o conceito de contraverga, antes os alunos ficaram com uma média de 1,53 e após a média subiu para 4,50. O item 7 perguntava se conhecia o conceito de ferro cabelo, antes os alunos ficaram com uma média de 1,03 e após a média subiu para 4,37.

Pode-se perceber, com os números apresentados, um aumento expressivo na medição do aprendizado dos principais conceitos envolvidos com o processo construtivo de alvenaria, todos tiveram pontuação média acima de 4 após a utilização do ALVI.

5 – CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresentam-se as considerações finais do estudo e as propostas de pesquisas futuras com base nas lacunas identificadas ao longo da pesquisa.

5.1 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Franzoni *et. al.* (2011) dizem que na formação dos futuros engenheiros há, claramente, um abismo entre o mundo acadêmico e a realidade social e é papel dos professores ajudar no preenchimento desse vazio. Estas palavras dos autores nos remetem a questão que norteia esta pesquisa: “Como as Escolas de Engenharia podem aproximar a teoria e a prática das técnicas construtivas, na formação dos acadêmicos da Construção civil”, os mesmos autores relatam que as estratégias educacionais ganham cada vez mais importância, quando se considera um mundo em que a tecnologia desempenha um papel central no progresso humano.

A inclusão de sistemas computadorizados com fins didáticos e de aprendizagem não é uma novidade nos meios acadêmicos, porém muitos não passaram de uma simples informatização dos conteúdos programáticos e a utilização de um ou outro recurso multimídia.

A experiência em primeira pessoa vivenciada pelo usuário de RV, permitida através da interação deste com o ambiente tridimensional simulado pelo computador, agrega ao mesmo um fator motivador por torná-lo personagem ativo no processo de conquista por novos conhecimentos. Esses ambientes sintéticos com grande poder de simulação permitem que o usuário visualize situações que na vida real são difíceis de serem vivenciadas, seja pela dificuldade de acessos ou pela grande diferença de escalas.

Os resultados obtidos com a aplicação do ALVI vêm confirmar a hipótese que embasa esta pesquisa, a de que as características da RV, entre

elas estão à capacidade de simulação e a interatividade em tempo real, estimulam a aprendizagem, por permitirem um maior envolvimento do aluno usuário no contexto de aprendizado. Desta forma o ALVI mostrou-se como uma ferramenta completamente viável para o processo de ensino aprendizagem.

Outro fator de grande relevância é a condição atemporal da RV, característica herdada pelo uso dos computadores na educação, que permite a cada usuário adequar ao seu ritmo o processo de aprendizagem, permitindo ainda que este processo se repita inúmeras vezes até o total entendimento da informação.

A RV *Desktop* baseada na utilização de computadores pessoais comumente utilizados em laboratórios de informática de nossas instituições de ensino pode transformá-los em ambientes de experimentos virtuais nas mais diversificadas áreas de conhecimento humano, com a vantagem de que esses experimentos poderão ser repetidos infinitas vezes sem que ajam custos adicionais, possibilitando ainda uma economia de materiais e equipamentos reais, pois os aprendizes só realizarão os experimentos reais após o domínio de seus procedimentos no campo virtual.

A área de educação (aprendizagem) tem muito a ganhar com a RV, tanto no ensino presencial quanto no ensino a distância. Porém para uma perfeita utilização desta ferramenta com esta finalidade, deve-se olhá-la sobre um ponto de vista de uma abordagem didático pedagógica, que possa valorizar seu conceito e princípios em seu sistema de ensino aprendizagem.

O uso da RV como ferramenta didática garante ao usuário autoria ou coautoria na busca pelo aprendizado, situação também desejada pelas metodologias ativas de ensino que clamam por uma participação mais ativa dos estudantes em sua formação profissional. O aluno torna-se protagonista no processo de construção do seu conhecimento.

O desenvolvimento do ALVI se deu de forma bastante amigável, amparado pelo aplicativo de realidade virtual, Sistema de Autoria de ITV, aplicativo este com uma interface gráfica agradável e de fácil utilização, onde o usuário que possui relativo conhecimento das técnicas de animação gráfica e sentido de localização e movimentação no espaço 3D, consegue desenvolver aplicações com certa facilidade e de forma autodidata.

5.2 - TRABALHOS FUTUROS

Durante o processo de desenvolvimento desta pesquisa foram identificadas lacunas e oportunidades com potencial para gerar novas etapas de estudos, tais como:

1 - Comparar resultados de avaliação do desempenho de aprendizagem de dois grupos de alunos/usuários que aprenderem o processo construtivo de alvenaria de vedação, um através do método tradicional, com aula expositiva e o outro com a utilização do ALVI.

2 - Desenvolver dentro da área da construção civil novos ambientes virtuais de aprendizagem baseados nos mesmos conceitos de ITV, passos e transição que o Sistema de Autoria utiliza e que deram origem ao ALVI. Todo tema que possua uma sequência lógica de instruções técnicas para a sua execução pode ser explorado. O maior objetivo é mostrar todo o processo construtivo de uma edificação, deste a fundação, passando pela estrutura, vedação, cobertura e acabamento.

3 - Desenvolver ambientes virtuais de aprendizagem baseado na utilização da *game engine* UNITY 3D, uma das mais difundidas na atualidade para desenvolvimento de jogos e que permite novas formas de interação, utilizando para esses fins o auxílio de linguagens de programação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABULRUB, A. G.; ATTRIDGE. A.N.; WILLIAMS. M. A. (2011) **The Future of Creative Learning** - IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) – "Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education"
- ALVES, J. R. M. (1998) **Educação a Distância e as Novas Tecnologias de Informação e Aprendizagem**. p. 1.
- ALVES, W. P. (2012) **Blender 2.63 – Modelagem e Animação**. Editora Érica, São Paulo-SP.
- BARILLI, E.C.V.C. (2012) **Virtual Reality Technology as an Didactical and Pedagogical Resource in Distance Education for Professional Training**. InTech – Chapter 6 - Disponível em <http://dx.doi.org/10.5772/50625>
- BAUD, G. (2002) **Manual de Pequenas Construções**. Editora Hemus, Curitiba-PR.
- BOTEGA, L. C.; CRUVINEL, P. E. (2009) **Realidade Virtual: Histórico, Conceitos e Dispositivos**. Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada – “Livro do Pré-Simpósio, XI Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Porto Alegre-RS.
- BRAGA, M. (2001) **Realidade Virtual e Educação**. REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIA DA TERRA, v. 1, n. 1.
- CAMPOS FILHO, A. S. de (2004) **Treinamento a Distância para Mão-de-Obra na Construção Civil**. São Paulo-SP.
- CARDOSO, A.; LAMOUNIER Jr, E. (2006) **A Realidade Virtual na Educação e Treinamento**. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - “Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality”, Belém-PA.
- DAMASCENO, R. R. (2009) **Concepção do jogo educativo “A Revolta da Cabanagem”:** enredo, cenário, interfaces, jogabilidade e áudio. Dissertação, Universidade Federal do Pará, Belém-PA
- DUARTE, Glaucius D.; COSTA, Antônio Carlos R. **Recursos Virtuais Cooperativos para Educação a Distância em Cursos de Construção Civil**. Escola de Informática – Universidade Católica de Pelotas (UCPel), Pelotas-RS.
- FERNANDES, S.; MESQUITA, D.; FLORES, M.A.; LIMA, R.M. (2014) - **Engaging students in learning: findings from a study of project-led education**. European Journal of Engineering Education. Vol. 39, No. 1, 55–67, <http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2013.833170>

FRANÇA, AC.L. (2001) Treinamento e Qualidade de Vida. In: BOOG, G. G. **Manual de Treinamento e Desenvolvimento: Um Guia de Operações**. Makron Books, São Paulo-SP.

FRANZONI, M.; AGUILA, Z. J.; CAPOVILLA, G. H.; FERNANDES, B. L. (2011) **Articulando Teoria e Prática na Formação Inicial do Engenheiro Numa Disciplina de Sistemas de Segurança em Automação e Controle**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2011 – Blumenau/SC.

GIL, A. C. (2002) **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed., Atlas, São Paulo-SP.

GNECO, B. B.; GUIMARÃES, M. de P.; DAMAZIO, R. (2007) **Ambientes de Hardware e Software Para Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada**. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações - “Livro do Pré-Simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Petrópolis-RJ.

GRILO, L.; MONICE, S.; SANTOS, E. T; MELHADO, S. **Possibilidade de Aplicação e Limitações da Realidade Virtual na Arquitetura e na Construção Civil**. Escola Politécnica da USP, São Paulo-SP.

GUIMARÃES, M. de P.; GNECO, B. B.; DAMAZIO, R. (2007) **Ferramentas Para Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada**. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações - “Livro do Pré-Simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Petrópolis-RJ.

HENRIQUES, P. G.; SAMPAIO, A. Z. (2002) **Simulação Visual na Construção de Edifícios**. In XIV Congresso Internacional de Engenharia Gráfica, Santander, España.

HIRATA, A. I. (2011) **Desenvolvendo Games Com Unity 3D**. Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro-RJ.

KIRNER, C.; KIRNER, T. R. (2011) **Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências - “Livro do Pré-Simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Uberlândia-MG.

KELNER, J.; TEICHRIEB, V. (2007) **Técnicas de Interação Para Ambientes de Realidade Virtual e Aumentada**. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações - “Livro do Pré-Simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Petrópolis-RJ.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. (2007) **Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada**. Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações - “Livro do Pré-Simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Petrópolis-RJ.

KLOPFER, E.; OSTERWEIL, S.; GROFF, J.; HASS, J. (2009) **Using the Technology of Today in the Classroom Today**. The Instructional Power of - Digital Games, Social Networking, Simulations - and How Teachers Can Leverage Them. The Education Arcade.

LAMOUNIER Jr, E. (2006) **Glossário**. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - “Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality”, Belém-PA.

LEGGERINI, M. R. C. (2010) **Materiais Cerâmicos na Construção Civil: Blocos Cerâmicos**. Notas de aula, disciplina Materiais Técnicas e Estruturas I, Faculdade de Arquitetura, PUCRS, disponível em http://www.feng.pucrs.br/professores/mregina/ARQUITETURA_-_Materiais_Tecnicas_e_Estruturas_I/?SUBDIRETORIO=ARQUITETURA_-_Materiais_Tecnicas_e_Estruturas_I , “Estruturas I – Capítulo III – Paredes.pdf”, acessado em 31/08/2013.

LUZ, R. P. da; KIRNER, T. G. (2006) **Processo de Desenvolvimento de Sistema de Realidade Virtual**. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - “Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality”, Belém-PA.

MACHADO, L. S.; CARDOSO, A. (2008) **Dispositivos Para Sistemas de Realidade Virtual**. Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica – “Livro do Pré-Simpósio, X Symposium on Virtual and Augmented Reality”, João Pessoa-PB.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S. (2009) **Serious Games Para Saúde e Treinamento Imersivo**. Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada – “Livro dos Minicursos, XI Symposium on Virtual and Augmented Reality”, Porto Alegre-RS.

Manual Mão-a-obra da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) disponível em www.menegotti.net/site/pdfs/ptb/midia-14.pdf, acessado em 31/08/2013.

MARINOSKI, D. (2011) **Alvenarias: Conceitos, Alvenaria de Vedação, Processo Executivo**. Notas de aula disciplina Tecnologia da Edificação III, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UFSC, disponível em: http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-%20Alvenarias_%20introducao%2Bvedacao.pdf , acessado em 31/08/2013, Florianópolis-SC.

MASSO, T. J.; MIRANDA, L. F. de; MUNHOZ Jr., A. H.; CASTANHEIRA, A. N. P. (2012) **Metodologia de Ensino: Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL)**. XL COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Belém-PA.

MAZURYK, T.; GERVAUTZ, M. (1996) **Virtual Reality History, Applications, Technology and Future**. Institute of Computer Graphics - Vienna University of Technology, Austria.

NASCIMENTO, A. M. do (2007) **A Segurança do Trabalho nas Edificações em Alvenaria Estrutural: Um Estudo Comparativo**. Dissertação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

OLIVEIRA, V. F. (2000) **Uma Proposta Para Melhoria do Processo de Ensino / Aprendizagem nos Cursos de Engenharia Civil**. Tese de D Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ.

PANTELIDIS, V. S. (2009) **Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality - Themes In Science And Technology Education - Special Issue, Pages 59-70** Klidarithmos Computer Books.

PEREIRA, C.F.; AFONSO, R.A.; SANTOS, M.J.; ARAÚJO, C.A.L.; NOGUEIRA, M. (2007) **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) – Uma Proposta inovadora Para os Cursos de Engenharia**. XIV SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção.

PINHANEZ, C. (2006) **Interfaces Não-Convencionais**. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - “Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality”, Belém-PA.

PINHO, M.; KOPPER, R.; CHARÃO, M. (2004) **Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Virtual**. Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática – “Livro dos Minicursos do VII Symposium on Virtual Reality”, São Paulo-SP.

PINTO, S. D. N. C. (2001) - **O computador e o ensino superior de matemática: uma prática interativa**. Dissertação de mestrado. UFSC - PPGE, Florianópolis.

PIOVESAN, S. D.; PASSERINO, L. M.; PEREIRA, A. S. (2012) **Virtual Reality as a Tool in the Education**. IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA).

PONTES, P. A. I. (2013) **Em Busca do Doador Perdido: Um Jogo Educativo Como Ferramenta de Conscientização e Informação Sobre Doação de Sangue**. Dissertação, PPGE, Universidade Federal do Pará, Belém-PA.

PRENSKY, M. (2008) **The Role of Technology - In Teaching and the Classroom**. Educational Technology, Nov - Dec.

RIBEIRO FILHO, M.; *at. al.* (2009). **Instruções Técnicas de Manutenção e Operação Virtuais de uma Unidade Geradora Hidráulica**. XX SNTPEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – Recife/PE, disponível em www.larv.ufpa.br.

RIBEIRO FILHO, M.; *at. al.* (2010-a) **Maintenance and Operation of a Hydroelectric Unit of Energy in a Power System Using Virtual Reality.** International Journal of Electrical Power and Energy Systems.

RIBEIRO FILHO, M.; *at. al.* (2010-b). **Avaliação do Sistema de Autoria de Instruções Técnicas Virtuais**, disponível em www.larv.ufpa.br.

RIBEIRO, L. R. de C. (2008) **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia.** Revista de Ensino de Engenharia, v. 7, n. 2, p. 23-32.

ROCHA, E. M.; JOYE, C. R. (2013) **Uso das Tecnologias Digitais em Contexto Educacional: Modalidades, Limites e Potencialidades.** - Virtualização das Relações: Um Desafio da Gestão Escolar / Marcus Garcia de Almeida, Maria do Carmo Duarte Freitas, (organizadores) – Rio de Janeiro – Brasport – (A Escola no Século XXI; v.3).

SALGADO, J. (2011) **Técnicas e Práticas Construtivas Para Edificação.** Editora Érica, São Paulo-SP.

SANTOS, D. M. B. dos; PINTO, G. R. P. R.; SENA, C. P. P.; BERTONI, F. C.; BITTENCOURT, R. A. (2007) **Aplicação do Método de Aprendizagem em Problemas no Curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana.** XXXV COBENGE - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.

SANTOS, Eduardo T. **Uma Ferramenta de Realidade Virtual para o Projeto de Canteiro de Obras.** In III Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, Porto Alegre, 2007.

SAVI, R. (2011) **Avaliação de Jogos Voltados Para a Disseminação do Conhecimento.** Tese, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Conhecimento, UFSC, Florianópolis-SC.

SEABRA, R. D.; SANTOS, E. T. (2005) **Utilização de Técnicas de Realidade Virtual no Projeto de uma Ferramenta 3D para Desenvolvimento da Habilidade de Visualização Espacial.** Educação Gráfica, n.9.

SESOKO, V. M.; MATTASOGLIO NETO, O. (2014) **Análise de Experiências de Problem e Project Based Learning em Cursos de Engenharia Civil.** Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE 2014, Juiz de Fora / MG.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. (1996) **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4. Ed., UFSC, Florianópolis, 2005.

SOUZA, R. de; MEKBEKIAN, G. – **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras.** Pini, SindusCon-SP, São Paulo-SP.

TORI, R.; KIRNER, C. (2006) **Fundamentos de Realidade Virtual**. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - “Livro do Pré-Simpósio, VIII Symposium on Virtual Reality”, Belém-PA.

TORI, R.; NAKAMURA, R.; BERNARDES Jr., J. L.; BIANCHINI, R. C.; JACOBBER, E. C.; CALIFE, D.; TOMOYOSE, A. N. (2008) **Jogos e Entretenimento com Realidade Virtual e Aumentada**. Realidade Virtual e Aumentada: Uma Abordagem Tecnológica – “Livro do Pré-Simpósio, X Symposium on Virtual and Augmented Reality”, João Pessoa-PB.

VAFADAR, M. (2013) **Virtual Reality: Opportunities and Challenges**. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) - Vol.3, Issue.2, March-April. 2013 pp-1139-1145

WHYTE, J. (2002) **Virtual Reality and the Built Environment** - Architectural Press.

WILDAUER, E. W. (2013) **Sociedade do Conhecimento: Elementos a Considerar para a Disseminação do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem**. - Virtualização das Relações: Um Desafio da Gestão Escolar / Marcus Garcia de Almeida, Maria do Carmo Duarte Freitas, (organizadores) – Rio de Janeiro – Brasport – (A Escola no Século XXI; v.3).

YAZIGI, W (1998) **A Técnica de Edificar**. Pini, SindusCon-SP, São Paulo-SP.

YIN, R. K. (2005) **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Bookman, Porto Alegre-RS.