



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ADRIANA PORTO PROENÇA

**MAAVA3D: MODELO DE *AFFORDANCE* PARA EDUCAÇÃO
MEDIADA POR REALIDADE VIRTUAL**

UBERLÂNDIA

2018

ADRIANA PORTO PROENÇA

MAAVA3D: MODELO DE *AFFORDANCE* PARA EDUCAÇÃO MEDIADA POR
REALIDADE VIRTUAL

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Uberlândia como exigência parcial para obtenção
do Título de Doutora em Ciências.

Área de Concentração: Computação Gráfica

Subárea: Realidade Virtual

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cardoso

Coorientadora: Profa. Dra. Pollyana

Notargiacomo

UBERLÂNDIA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P964m Proença, Adriana Porto, 1973-
2018 MAAVA3D [recurso eletrônico] : modelo de *affordance* para
educação mediada por realidade virtual / Adriana Porto Proença. - 2018.

Orientador: Alexandre Cardoso.
Coorientadora: Pollyana Notargiacomo.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.913>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. 2. Realidade virtual na educação.
3. Aprendizagem cognitiva. 4. Heurística. 5. Ensino auxiliado por
computador. 6. Tecnologia educacional. 7. Educação. I. Cardoso,
Alexandre. II. Notargiacomo, Pollyana. III. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
IV. Título.

CDU: 621.3

ADRIANA PORTO PROENÇA

**MAAVA3D: MODELO DE *AFFORDANCE* PARA EDUCAÇÃO MEDIADA POR
REALIDADE VIRTUAL**

Tese aprovada para obtenção do título de Doutora
em Ciências no Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Uberlândia (MG) pela banca examinadora
formada por:

Uberlândia, _____ de _____ de 2018.

Prof. Dr. Alexandre Cardoso
Orientador – FEELT / Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Prof.^a Dr.^a Pollyana Notargiacomo
Coorientadora- PPGEEC/Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof.^a Dr.^a Hilcéa Santos Ferreira
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Prof. Dr. Ezequiel Zorzal
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Prof. Dr. Keiji Yamanaka
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Prof. Dr. André L. Araújo
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Aos meus amados pais, Sr. Ozeli (*in memorian*) e D. Graça, aos meus irmãos Lu, Nando, Rê, Jana, Regina e Teté, às minhas filhas amadas Marina e Clara e ao meu amor Gilberto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, acima de tudo, que permitiu este momento de grande importância em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Cardoso e a minha coorientadora, Prof.^a Dr.^a Pollyana Notargiacomo, sou profundamente grata pela extraordinária orientação, pela confiança, pela amizade, pelas ideias e pelos conselhos que fizeram com que a elaboração deste trabalho se tornasse um caminho prazeroso de obtenção de novos conhecimentos. Obrigada por ter tido a oportunidade de conviver com pessoas tão especiais e fantásticas como vocês que, para mim, são exemplos de vida, profissionalismo e competência. Sou grata por me proporcionarem um período de grande crescimento profissional e pessoal. E a todos os meus queridos mestres, segundos pais na senda do aprender, deixo minha homenagem e gratidão.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, que sempre me receberam com carinho e disposição. Em especial, agradeço à Cinara e a Patrícia, secretárias da Pós-Graduação, pela amizade e por sempre atender com prontidão às minhas solicitações.

À toda minha amada família, pelo incentivo durante esta jornada, especialmente aos meus pais Ozeli (*in memoriam*) e Graça, aos meus irmãos Luciana, Fernando, Renan, Janaína, Regina e Sthephany, e ao meu marido Gilberto, pelo amor e carinho incondicional, por nortearem meus caminhos e por me darem forças para enfrentar os desafios da vida.

À minha sogra, Glória, por ter dispensado cuidados de mãe às minhas pequeninas Marina e Clara e pelo incansável incentivo e confiança, pois sem sua colaboração seria impossível a conclusão desta pesquisa. A todas as pessoas queridas, amigos e parentes, que fazem parte da minha vida e a tornam completa.

A todos os professores e amigos da Pós-Graduação da Universidade Federal de Uberlândia, sou grata pelos ensinamentos, companheirismo e pela amizade. Em especial ao professor Dr. Edgard Lamounier pelas suas contribuições e apontamentos durante o processo de pesquisa.

A todos os meus colegas do GRVA (Grupo de Realidade Virtual e Aumentada) do laboratório de Computação Gráfica da Universidade Federal de Uberlândia, por me proporcionarem um maravilhoso ambiente de trabalho e por todo o apoio durante este período de convivência. Agradeço, em especial, os colegas do grupo de Realidade Virtual e Aumentada da UFU: Renato Aquino, Luciene Chagas, Kenedy Lopes, Gerson Flávio, Alexandre Carvalho, Daniel Stéfany, Gabriel Cyrino e Igor Moraes pelo apoio e discussões sobre a área de Realidade Virtual e estiveram presentes em alguns momentos nesta pesquisa. Estendo meus agradecimentos ao professor Dr. Arnaldo da UFTM pela colaboração e importante participação para a avaliação do modelo proposto.

Agradeço e me sinto honrada pelo aceite dos membros da banca ao convite de participação da defesa da minha tese e em especial a Dr.^a Hilcéa Santos Ferreira, Professor Ezequiel Zorzal, Keiji Yamanaka e ao professor Dr. André Araújo.

Também agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

Finalmente, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

“Ninguém nasce feito, é experimentando-nos no mundo que nós nos fazemos.”

(Paulo Freire)

PUBLICAÇÕES OBTIDAS

Associados à presente tese estão os seguintes artigos científicos publicados em periódicos e livros:

PROENCA, A. P.; MIRANDA NETO, M. M.; DOMINGUES, R. G.; BORGES, L. R.; CARDOSO, A.; NOTARGIACOMO, P. Influence Degree Analysis of the Emphases of Education and Training in Virtual Environments dimensional Learning. **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, n. 5, p. 974-980, 2017.

PROENCA, A. P., MIRANDA NETO, M.; LAMOUNIER, E.; CARDOSO, A.; NOTARGIACOMO, P. Systematic Review on Cognitive Engineering Applied to Critical Systems for Proposition of Evaluation Heuristics for Virtual Reality Systems. **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, n. 10, p. 2024-2029, 2017.

PROENCA, A. P., LAMOUNIER, E.; CARDOSO, A.; AQUINO, R.; NOTARGIACOMO, P. Usabilidade no contexto de Ambientes Virtuais para Educação ou treinamento. In : Kawamoto, L.S; Correa, A. G. D.; Martins, V.F. **I Jornada latino-americana de atualização em informática**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2018.

RESUMO

O conjunto de soluções tecnológicas inovadoras, juntamente com os avanços dos meios de comunicação e informação, levaram a estudos centrados no campo da computação gráfica e principalmente ao desenvolvimento de interfaces que permitem a interação direta do usuário de forma mais natural. Isso possibilitou o desenvolvimento e uso de sistemas de Realidade Virtual (RV), e sua utilização encontra-se em diversas áreas do conhecimento, principalmente nas áreas voltadas à educação e ao treinamento. Este estudo tem como objetivo implementar um Modelo de *Affordances* educacionais para Ambientes de Aprendizagem Tridimensionais. Neste contexto as *Affordances* podem ser entendidas como as possibilidades perceptíveis de ação no ambiente para o usuário. No contexto de ensino-aprendizagem, as concepções de *Affordance* educacional foram compreendidas como um conjunto de orientações dos elementos de interação presentes nos ambientes educacionais que possibilitam o melhor desenvolvimento de uma tarefa de aprendizagem. Para a estruturação do modelo foram seguidos os procedimentos metodológicos do *Design Science Research*, que busca o conhecimento por meio da construção de artefatos. Esta metodologia fundamentou a estruturação de um modelo que integra estudos a respeito de usabilidades específicas para ambientes com ênfase em educação e treinamento, teorias pedagógicas, perfis cognitivos dos usuários, bem como as teorias da carga cognitiva e as *Affordances* Educacionais relacionadas a ambientes suportados pela tecnologia de RV. A partir disso, foi criado um sistema que implementa o Modelo de *Affordance* para Ambientes de Aprendizagem Virtuais Tridimensionais (S_MAAVA3D) que possui um sistema de banco de dados que reflete as relações que o modelo propõe resultando em tarefas adequadas para tais ambientes. Além disso, o MAAVA3D obteve métricas que o corroboraram intermédio de uma prova de conceito, baseada em suas propostas para intervenções pedagógicas em ambientes virtuais tridimensionais baseados na tecnologia de RV.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Heurística de Usabilidade. *Affordances* Educacionais. Teoria da Carga Cognitiva. Ambientes Virtuais de Aprendizagem. Educação. Treinamento.

ABSTRACT

The set of innovative technological solutions, together with the advances in media and information, have led to studies focused on the field of computer graphics and mainly to the development of interfaces which allow direct user interaction in a more natural way. This made possible the development and use of Virtual Reality (VR) systems and their use can be found in several areas of knowledge, especially in education and training. This study aims to implement a Model of Educational *Affordances* for Three-Dimensional Learning Environments. In this context, *Affordances* can be understood as the perceptible possibilities of action in the environment for the user. In the pedagogical area, the concept of Educational *Affordance* is understood as a set of orientations of interactive elements present in the educational environments that allows the best development in a learning task. For the structuring of the model, we followed the methodological procedures of *Design Science Research* that seeks knowledge through the construction of artifacts. These were the basis for structuring a model that integrates studies about specific usability for environments with emphasis on education and training, pedagogical theories, users' cognitive profiles, as well as cognitive load theories and Educational *Affordances* related to environments supported by VR technology. Thereafter, has been created for implementing the *Affordance* Model for Three-Dimensional Virtual Learning Environments (S_MAAVA3D) having a database system that reflects the relationships that the model proposes, resulting in tasks suitable for such environments. In addition, MAAVA3D has been corroborated by its obtained metrics, through a proof of concept, based on its proposals for pedagogical interventions in three-dimensional virtual environments based on VR technology.

Keywords: Virtual Reality. Usability Heuristics. Educational Affordance. Cognitive Load Theory. Virtual Learning Environments. Education. Training.

LISTA DE SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ACM	<i>Association for Computing Machinery</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
AVA3D	Ambiente Virtual de Aprendizagem Tridimensional
AVEd	Ambientes Virtuais voltados à Educação
AVTr	Ambientes Virtuais voltados ao Treinamento
DSR	<i>Design Science Research</i>
HTML	<i>Hyper Text Markup Language</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
MAAVA3D	Modelo de <i>Affordance</i> para Ambientes de Aprendizagem Virtuais Tridimensionais
SE	Subestações de Energia Elétrica
S_MAAVA3D	Sistema do Modelo de <i>Affordance</i> para AVA3D
PC	<i>Personal Computer</i>
RV	Realidade Virtual
RA	Realidade Aumentada
TCC	Teoria da Carga Cognitiva
UML	<i>Unified Modeling Language</i> (Linguagem de Modelagem Unificada)
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro
WoS	<i>Web of Science</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	<i>Head-mounted</i> de exibição tridimensional	25
Figura 02	Interface do sistema de pré-visualização da molécula 3D	25
Figura 03	Características que diferenciam educação e treinamento	29
Figura 04	Tela de Seleção dos Equipamentos de Proteção Coletiva	32
Figura 05	Uma ilustração do cenário com usuário em três formas de posicionamento e restrições	36
Figura 06	Interface e Ícones de ação –Ncolors	37
Figura 07	Uso de pistas e sinais para focar a atenção em conteúdos visuais importantes.....	38
Figura 08	Modelo de balanceamento das cargas cognitivas	39
Figura 09	Tipos de inteligência de Gardner, habilidades e possíveis tipos de avaliação	44
Figura 10	Abordagens pedagógicas	47
Figura 11	Elementos e estilos de aprendizagem e tipos de estudantes segundo Kolb (1984).....	50
Figura 12	Campos estudados para compor o Modelo de Affordance	89
Figura 13	Metodologia de design da análise de affordance proposta por Bower (2008).....	92
Figura 14	Estrutura do MAAVA3D e design da análise de Affordance.....	94
Figura 15	Imagem do Menu Geral do S_MAAV3D.....	99
Figura 16	Menu de Cadastro	100
Figura 17	Exemplo de Cadastro de perfil do usuário: tipos de Inteligência do S_MAAVA3D.	100
Figura 18	Menu Relacionamento do Usuário e Ex. de Características do Sistema	101
Figura 19	Sugestão de Tarefas de acordo com o sistema cadastrado.....	102
Figura 20	Sugestão de Tarefas de acordo com as <i>affordances</i>	102
Figura 21	Diagrama de Casos de Uso	103
Figura 22	Processo de Avaliação.	105
Figura 23	Planejamento das etapas para a aplicação do MAAVA3D em um AVA3D.....	108

Figura 24	Exemplo de tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D	110
Figura 25	Aluno interagindo com a máquina de ensinar aritmética – proposta por Skinner (1954)	135
Figura 26	Tipos de memória segundo Miller (1956)	148
Figura 27	Representação virtual de uma Subestação Elétrica, (b) Leitura de dados em tempo real(b) e (c) Usuário com Óculos de RV	167
Figura 28	Esquema de funcionamento RV-CEMIG	168
Quadro 01	Técnicas de interação	27
Quadro 02	Categorias de características, adaptado de Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008b)	34
Quadro 03	Processos cognitivos e implicações para o design –Adaptado de Preece et al. (2005)	40
Quadro 04	Síntese do potencial uso da RV e os estilos de aprendizagem de Kolb	51
Quadro 05	Classificação dos Conteúdos de Ensino segundo Zabala (1998), classificação das Tarefas de Aprendizagem para AVA3D	55
Quadro 06	Comparação das 10 heurísticas de Nielsen (1994) em relação às heurísticas de usabilidade para AVA3D com ênfase em educação e treinamento e recomendações de TCG.	79
Quadro 07	Classificação dos artefatos	83
Quadro 08	Affordances funcionais para AVA3D, categorizadas por tipo e grau de interação	91
Quadro 09	Tarefas procedimentais para AVA3D.....	96
Quadro 10	Níveis de conhecimento	107
Quadro 11	Conceitos da avaliação relacionados com as Categorias da Taxonomia de Bloom por ordem de complexidade.	108
Quadro 12	Características levantadas do RV_CEMIG.....	109
Quadro 13	Informações sobre a instituição e dos alunos.....	111
Quadro 14	Tarefas sugeridas para o nível <i>Aquisição do Conhecimento</i>	117
Quadro 15	Tarefas sugeridas para o nível <i>Operacionalização do Conhecimento</i>	118
Quadro 16	Tarefas sugeridas para o nível <i>Resolução de Problemas</i>	120
Quadro 17	Consolidação dos resultados <i>Affordances Educacionais</i> e RV base científicas	153

Quadro 18	Consolidação dos resultados heurísticas de usabilidade, AVEd , AVTr.....	154
Quadro 19	Consolidação dos resultados TCG E AVA3D nas quatro bases científicas.....	155
Gráfico 01	Nível de experiência dos Alunos da UFTM com o uso de RV.....	113
Gráfico 02	Média do nível de conhecimento dos alunos antes e depois da realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D.....	114
Gráfico 03	Diferença da média aritmética de todos os níveis de conhecimento antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D.....	115
Gráfico 04	Diferença da média aritmética dos níveis de aquisição do conhecimento antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D.....	117
Gráfico 05	Diferença da Média aritmética dos níveis de operacionalização do conhecimento antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D.....	119
Gráfico 06	Diferença da Média aritmética dos níveis <i>Resolução de Problemas</i> , antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D.....	121
Gráfico 07	Frequência de respostas por nível de conhecimento, antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D.....	122

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contexto do tema da pesquisa	16
1.2	Motivação	19
1.3	Hipóteses	21
1.4	Objetivos	22
1.4.1	Objetivo geral	22
1.4.2	Objetivo secundário	22
1.4.3	Objetivos específicos	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA / REVISÕES SISTEMÁTICAS	24
2.1	Realidade virtual	24
2.1.1	Realidade virtual em educação e treinamento	28
2.1.1.1	<i>Características de AVEd e AVTr</i>	29
2.2	Cognição, abordagens e modelos pedagógicos para AVs 3D	35
2.2.1	Cognição	35
2.2.2	Teorias da Carga Cognitiva e RV	37
2.2.3	Revisão Sistemática Sobre TCC e AVA3D	42
2.2.3.1	<i>Resultado da Revisão Sistemática: TCC e AVA3D</i>	42
2.2.4	Cognição e Inteligência	43
2.2.5	Abordagens pedagógicas apropriadas para AVA3D	46
2.2.6	Modelos pedagógicos	48
2.2.6.1	<i>Modelo de aprendizagem experiencial de Kolb</i>	48
2.2.5.2	<i>Modelo ARCS de Keller</i>	51
2.3	Tarefas Educacionais para AVA3D e Taxonomia de Bloom	52
2.3.1	Classificação das Tarefas	54
2.4	Affordances educacionais para AVA3D	56
2.4.1	Conceitos básicos de Affordance	56
2.4.2	Resultados da Revisão Sistemática sobre affordances	59
2.4.3	Tipos de affordance para AVA3D	63
2.4.3.1	<i>Affordance para Conhecimento Espacial (AF1)</i>	63
2.4.3.2	<i>Affordance para Aprendizagem Experiencial (AF2)</i>	65
2.4.3.3	<i>Affordance de Personalização (AF3)</i>	66
2.4.3.4	<i>Affordance Aprendizagem Contextualizada (AF4)</i>	67
2.4.3.5	<i>Affordance Social (AF5)</i>	68
2.4.3.6	<i>Affordance Temporal (AF6)</i>	69
2.4.3.7	<i>Affordance Encontrabilidade (ou findability) da Informação (AF7)</i>	70
2.4.3.8	<i>Affordance Semiótica(AF8)</i>	71
2.5	Heurísticas de usabilidade para AVA3D	71
2.5.1	Conceitos iniciais sobre Heurísticas de Usabilidade	72

2.5.2	Revisão sistemática de Ênfases de Educação e Treinamento em Ambientes Virtuais Tridimensionais de Aprendizagem	73
2.5.2.1	<i>Resultado da Revisão Sistemática - Exemplos de AVEd e AVTr</i>	74
2.5.3	Classificação das heurísticas quanto a ênfase	78
2.5.3.1	<i>Classificação das heurísticas quanto a ênfase e a TCC</i>	79
3	METODOLOGIA	81
3.1	Tipo de pesquisa	81
3.2	Design Science Research	83
3.3	Etapas de desenvolvimento - Ciclo de Design Science Research	83
3.3.1	<i>Etapa 1: Conscientização do problema</i>	83
3.3.2	<i>Etapa 2: Sugestão de possíveis soluções</i>	84
3.3.3	<i>Etapa 3: Desenvolvimento</i>	85
3.3.4	<i>Conclusão</i>	86
4	MODELO MAAVA3D – Modelo de Affordance para Ambientes de Aprendizagem Virtuais Tridimensionais	87
4.1	Conceitos sobre o Modelo	87
4.2	Implementação do Modelo - MAAVA3D	88
4.3	Análise de tarefas segundo Bower (2008)	90
4.4	Análise de affordances - MAAVA3D	93
4.4.1	<i>Informações requeridas pelo modelo</i>	94
4.4.2	<i>Determinar as affordance de tarefa</i>	95
4.4.3	<i>Determinar as Relações entre as Affordances de tarefas e as demais entradas do MAAVA3D</i>	95
4.4.4	<i>Apreciação dos Recursos para suportar as tarefas</i>	96
4.4.5	<i>Implementação das tarefas para AVA3D</i>	96
5	S_ MAAVA3D - Arquitetura e Desenvolvimento do sistema	98
5.1	Sistemas de implementação para o MAAVA3D	98
5.1.1	<i>Cadastro do S_ MAAVA3D</i>	99
5.1.2	<i>Relacionamento do S_ MAAVA3D</i>	100
5.1.3	<i>Sugestão de Tarefas do S_ MAAVA3D</i>	101
5.2	Casos de Uso do S_ MAAVA3D	102
5.2.1	<i>Diagrama de Casos de Uso do S_ MAAVA3D</i>	103
5.2.2	<i>Descrição dos Casos de Uso do S_ MAAVA3D</i>	104
6	PROVA DE CONCEITO	105
6.1	Processo de Avaliação do MAAVA3D	105
6.2	Definição da Avaliação do MAAVA3D	106
6.2.1	<i>Metas e objetivos para a Avaliação do MAAVA3D</i>	106
6.2.2	<i>Definição do AVA3D</i>	106
6.2.3	<i>Amostra do perfil de usuários a serem avaliados</i>	107
6.2.4	<i>Instrumento de medição</i>	107

6.3	Planejamento do Contexto da Avaliação do MAAVA3D	108
6.4	Operação.....	111
6.5	Análise dos dados	112
6.6	Análise dos resultados.....	113
6.6.1	<i>Verificação do nível de aprendizagem dos alunos em um AVA3D, seguindo as tarefas sugeridas pelo MAAVA3D e sua instânciação.....</i>	113
6.6.2	<i>Analisar a aplicabilidade e utilidade do MAAVA3D e sua instânciação sob o ponto de vista do professor</i>	122
6.7	Conclusão da Avaliação do MAAVA3D	123
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	124
	REFERÊNCIAS	127
	APÊNDICE A – Abordagens pedagógicas para AVA3D.....	135
	APÊNDICE B – Heurísticas para ambientes virtuais Tridimensionais de aprendizagem com ênfase em Educação e Treinamento	143
	APÊNDICE C – Processos da Cognição Humana	148
	APÊNDICE D – Diretrizes da TCC para AVA	150
	APÊNDICE E – Planejamento E Condução Da Revisão Sistemática.....	151
	APÊNDICE F – Tabela Relacionando Aspectos Motivacionais e <i>Affordance</i>	157
	APÊNDICE G – Taxonomia Domínio Cognitivo, Afetivo e Psicomotor	158
	APÊNDICE H – Tabela comparativa entre diferentes abordagens pedagógicas	159
	APÊNDICE I – Tabela Relacionando Diferentes Constructos e <i>Affordance</i>	160
	APÊNDICE J – Exemplo De Aplicação De Análise Sinérgica Das <i>Affordances</i>	161
	APÊNDICE K – Descrição Do Rvcemig.....	167
	APÊNDICE L – Descrição dos Casos de Uso.....	170
	APÊNDICE M – Avaliação Pré-Sessão	179
	APÊNDICE N – Avaliação Pós-Sessão	180
	ANEXO A – Plano De Ensino	181

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a contextualização e a delimitação do tema, bem como o problema de pesquisa e os objetivos geral e específicos do mesmo, além de dispor as hipóteses como possibilidades que guiam o trabalho.

1.1 Contexto do tema da pesquisa

O conjunto de soluções tecnológicas inovadoras, juntamente com os avanços dos meios de comunicação e informação, levaram a estudos centrados no campo da computação gráfica e principalmente ao desenvolvimento de interfaces que permitem a interação direta do usuário de forma mais natural. Isso possibilitou o desenvolvimento e uso de sistemas de Realidade Virtual (RV), e sua utilização encontra-se em diversas áreas do conhecimento, principalmente nas áreas voltadas à educação e treinamento.

Esta tecnologia incorporada ao conteúdo instrucional oferece resultados importantes na aprendizagem. Segundo Richards e Kelaiah (2012) quando um sistema de RV recebe conteúdo instrucional ele se torna um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Neste tipo de ambiente são estruturados processos de interação educacional, ou seja, em que o estudante assume uma postura ativa e de ator neste espaço, independentemente deste ser apresentado em 3D ou não (DILLERBOURG; SCHNEIDER; SYNTETA, 2002).

Com isso, os Ambientes Virtuais de Aprendizagem Tridimensionais (AVA3D) podem estimular o usuário e potencializar sua aprendizagem, pois apresentam em suas estruturas características de envolvimento do usuário essenciais nesse processo. Por meio do recurso de imersão a RV pode estabelecer múltiplas interações com o usuário, de forma a estimular seus sentidos nas formas visuais, auditivas e táteis, criando o envolvimento e experiências tão necessárias no processo de aprendizagem. Dentre outras características, essas interações podem ocorrer também por meio de ferramentas de bate-papo para que os usuários se comuniquem uns

com os outros ou por meio de avatares que servem como representações visuais dos usuários (DICKY, 2005).

Logo, o usuário controla parte de suas atividades nestes ambientes, sendo estes virtuais ou não, por meio da captação de informação pelo seu sistema sensorial, psíquico e cognitivo além de fatores que não estão diretamente relacionados aos sentidos, como questões culturais, afetivas e de memória. Tal captação é determinada pelas intenções e capacidades do usuário e também pela informação disponível no ambiente.

As informações detectadas nos AVA3D, suportados pela tecnologia de RV, estabelecem possibilidades operacionais mais agradáveis, naturais e de maior proximidade com o usuário. Kirner e Kirner (2011) apontam que isso se deve ao uso das mãos nestes ambientes virtuais. No entanto, para que o usuário consiga interagir com o mundo virtual é necessário o uso de dispositivos especiais multissensoriais, como luvas com rastreadores (CARVALHO JR.; SOUZA; MACHADO, 2009), dispositivos com reação de tato e força (SILVA JR, 2012), mouses 3D (MACHADO et al., 2011), óculos estereoscópicos (BARILLI; EBECKEN; CUNHA, 2011), fones de ouvido e sons espaciais (HAGUENAUER et al., 2008), etc.

Todas essas características dos AVA3D podem proporcionar ainda uma maior interação quando o usuário, por meio de sua percepção, identifica propriedades e elementos desses ambientes e reconhece sua funcionalidade sem a necessidade de que haja pausas e interrupções durante a interação para explicações a respeito do funcionamento da interface. Coelho (2008) aponta que todo sistema deve oferecer a sua funcionalidade, de forma que o usuário alvo seja capaz de controlar sem constrangimento suas capacidades e habilidades.

Segundo Mayhew (1992), qualquer decisão que diga respeito ao design de interface que especifica a sua funcionalidade deve ser baseada no conhecimento do usuário. Ou seja, no entendimento das forças e fraquezas do sistema humano de processamento da informação, assim como nas habilidades, nos perfis cognitivos do grupo usuário intencionado.

A partir disso, o desenvolvimento de diretrizes para o uso de interface pode centrar-se no usuário (*User Centered Design, UCD*), de tal forma que este não precise se adaptar ao sistema apresentado. Para isso é feita uma análise prévia das tarefas realizadas pelos usuários, seguida de uma aferição de como é utilizado o sistema e, finalmente, o design para projeto, modificação e testes, focando na usabilidade do resultado.

Neste contexto é necessário discutir o conceito de usabilidade. Este foi estabelecido na década de 80, sendo que em 1991 surge uma norma ISO/IEC 9126 específica para tratar desta questão, que foi consolidada na ISO 9241-11:1998. Esta norma define usabilidade e explica como identificar a informação necessária a ser considerada na especificação ou avaliação de

usabilidade de um dispositivo de interação. Assim, esta norma traz uma abordagem de medidas de desempenho da interface orientada tanto ao produto quanto na satisfação do usuário em um contexto específico de uso.

Nesta pesquisa, a avaliação de usabilidade tem sua abordagem e conteúdo específico voltados para AVA3D com ênfase em Educação ou Treinamento. E, segundo Silva Filho et al. (2008), as medidas de desempenho e análise de usabilidade destes sistemas servem de ferramenta para avaliação, correção e melhoria da interação entre alunos, máquina e aplicativo.

Neste processo, para facilitar as avaliações de usabilidade e melhorar a interação do sistema com o usuário pode-se propor uma lista de heurísticas (princípios de usabilidade), com o objetivo de identificar quais princípios estão ou não sendo seguidos.

A partir do entendimento destes princípios, se identificaram as heurísticas de usabilidade como um método de inspeção do sistema dado por meio de diretrizes para se manter o projeto consistente com as necessidades de interface do usuário. Estas, segundo Nielsen (1994), consistem em um exame de um sistema feito por um especialista em usabilidade ou em fatores humanos. Segundo o autor, sua eficiência depende da capacidade dos avaliadores de reconhecerem problemas de usabilidade.

Desta maneira, a pesquisa iniciou-se com a investigação dos problemas de usabilidade identificados para AVA3D. E a partir disso, foram relacionados outros temas, incluindo estudos sobre o usuário, que resultaram na proposta de um Modelo de *Affordance* para Ambiente Virtuais de Aprendizagem Tridimensionais – MAAVA3D e sua implementação. O modelo resultou em um conjunto de tarefas apropriadas que combinam as tecnologias de RV, as *affordances educacionais*, modelos cognitivos e de aprendizagem e as heurísticas de usabilidade.

Na presente pesquisa são denominados usuários os indivíduos que interagem no AVA3D e que receberão as tarefas sugeridas de acordo com o perfil cognitivo, a motivação e o tipo de inteligência. E como professor ou facilitador o usuário do S_MAAVA3D, que receberá a sugestão de tarefas e a aplicará em uma intervenção pedagógica com ênfase em educação e/ou treinamento.

Para o desenvolvimento do MAAVA3D e da sugestão de tarefas, houve a necessidade de embasamento na literatura científica que estruturasse o arcabouço teórico da pesquisa. Inicialmente foi realizada uma compilação de pesquisas sobre heurísticas de usabilidades para AVA3D com ênfase em educação e/ou treinamento, por meio das seguintes bases de dados científicas digitais: IEEE, ACM, Web of Science (WoS) e Scopus.

Concomitantemente a esta revisão sistemática foram realizadas outras duas revisões sistemáticas: sobre *Affordances* e sobre a Teoria da Carga Cognitiva, ambas a respeito de ambientes interativos tridimensionais. Todas as revisões foram empreendidas nas mesmas bases de dados já citadas. Essas revisões foram necessárias, primeiramente pois não havia o cruzamento das *strings* sobre heurísticas de usabilidades, para AVA3D com ênfase em educação e/ou treinamento, *affordances* educacionais e sobre a Teoria da Carga Cognitiva. Estas revisões serviram para identificar a usabilidade não somente técnica, dada por meio das heurísticas de usabilidade, mas também como forma de identificar a usabilidade pedagógica considerando os elementos presentes nestes ambientes que são facilitadores na aprendizagem.

A partir disso, o presente documento apresenta o conceito de *affordances* que, segundo Trindade (2016), são as possibilidades de ação do sujeito em um determinado ambiente. Ou seja, segundo Gibson (1977) as informações disponíveis no ambiente para o usuário oferecem uma ligação direta de sua percepção com o mundo e contribui para uma interação dinâmica sobre ele. A pesquisa também levanta o conceito de heurísticas de usabilidades como diretrizes para se manter o projeto consistente com as necessidades de interface do usuário de forma a diminuir a carga cognitiva do mesmo. Além disso, foi desenvolvido um sistema chamado de S_MAAVA3D de forma a automatizar as sugestões das tarefas propostas pelo MAAVA3D.

Este sistema proposto foi implementado no Microsoft Access e destina-se a oferecer um mecanismo que possa auxiliar professores, designers instrucionais e mesmo programadores que necessitem avaliar quais características associadas aos AVA3D que promovem tarefas adequadas a um determinado perfil de usuário no contexto em que ele está inserido, dado os perfis cognitivos do usuário, os modelos de aprendizagem e as heurísticas de usabilidade levantadas. A partir desta perspectiva, o S_MAAVA3D poderá ser utilizado para avaliação de um ambiente virtual tridimensional, ou mesmo para sua concepção.

1.2 Motivação

Sistemas de Realidade Virtual constituem-se de ambientes computacionais tridimensionais interativos e dentre as vantagens de seu uso na educação, destacam-se ludicidade, motivação, além de facilitar a compreensão ou fixação de determinados conceitos.

Dias, Dos Santos Machado e De Moraes (2009) assinalam outras vantagens e razões para se utilizar a RV no ensino, são elas: o aprendizado experimental e ativo, maior potencial de visualização e representação, aprendizado em contextos variados, adaptabilidade às características e necessidades do aluno, a instintividade, por meio de experiências próximas do

real, o desenvolvimento da colaboração, o estímulo à criatividade, a aquisição e melhoria de habilidades computacionais e melhor suporte à avaliação. Essas propriedades oportunizam o aprendizado significativo, agenciando o desenvolvimento de competências e habilidades do usuário necessárias para a consolidação do conhecimento, contribuindo também substancialmente para campo da educação, pois podem dinamizar o processo de ensinar e aprender.

Além disso, a tecnologia de RV tem sido utilizada como importante ferramenta de auxílio no processo pedagógico, e pode proporcionar conteúdos atrativos tanto para situações para com fins educacionais quanto para treinamento. Entender e avaliar os impactos deste modelo tecnológico é um importante instrumento para profissionais da educação que desejam selecionar e dominar as ferramentas que mais se adequam a sua necessidade. Utilizando para isso metodologias de avaliação de usabilidade.

Ainda que haja a aplicabilidade de RV com fins educacionais e, segundo as revisões sistemáticas realizadas na atual pesquisa, permanecia a ausência de pesquisas e estudos que avaliassem estes sistemas por meio das diretrizes de usabilidade associadas aos perfis cognitivos do usuário e modelos de aprendizagem.

A partir das leituras, fichamentos e resenhas realizadas a respeito de usabilidade e questões cognitivas dos usuários surgiram questionamentos a respeito da interação humano-computador para AVA3D, e mais especificamente sobre o problema que permeia toda a pesquisa: como propor orientações adequadas para atividades de aprendizagem em um AVA3D, a determinados perfis ou grupos de usuários? Com isso, o intuito foi desenvolver a estruturação de um modelo que integre teorias sobre usabilidade, teorias da carga cognitiva, modelos de aprendizagem e perfis cognitivos do usuário, de forma a auxiliar o professor, ou facilitador em uma intervenção pedagógica.

Assim, a proposta para o MAAVA3D é apoiar uma intervenção educativa por meio da possibilidade de filtrar informações por relevância ao conteúdo educativo, e adaptá-lo ao funcionamento cognitivo do usuário usando uma variedade de ferramentas e técnicas de RV.

Por isso, é importante o levantamento dos conceitos pertinentes ao processo de aprendizagem utilizados nos sistemas de RV. Já que estes sistemas de AVA3D propõem estilos de interação distintos aos estilos de interação das interfaces de usuário padrão, evidenciando uma dinâmica que envolvem concentração e atenção, que são processos responsáveis pela imersão e fundamentais na resolução de tarefas. Esses aspectos levam a compreender que o sistema proposto poderá auxiliar especialmente como uma ferramenta de verificação das necessidades, habilidades e recursos durante a conceituação, projeto, desenvolvimento,

implementação e avaliação de tecnologia, gerando também um relatório final com as tarefas que podem apoiar uma intervenção pedagógica em um AVA3D.

Neste sentido, a originalidade desta pesquisa está no desenvolvimento de um modelo e sua implementação, por meio de um sistema, que se apoia nas relações dadas pelo Modelo e seu conjunto de dados, como por exemplo, as orientações dadas pelas *affordances*, as teorias da carga cognitiva e as diretrizes de usabilidade para Ambientes Tridimensionais de Aprendizagem. Baseado nestas relações, o sistema gera um relatório com tarefas específicas que podem ser utilizadas por diversos profissionais envolvidos na área de educação e treinamento como ferramentas para realizar análises de necessidades educacionais nos ambientes considerados, e tomar decisões mais informadas sobre quais abordagens educacionais e atividades didáticas usar de acordo com o perfil do aluno.

1.3 Hipótese

O presente trabalho visa contribuir na avaliação de aspectos relacionados com a usabilidade de interfaces de AVA3D a fim de detectar problemas relacionados aos aspectos da interface de usuário que podem ocasionar problemas na aprendizagem, no próprio uso eficiente do sistema ou no grau de satisfação do usuário. Partindo desse panorama a hipótese fundamental que motivou este trabalho é a seguinte:

H-1: A partir das relações estabelecidas pelo MAAVA3D, é possível realizar intervenções pedagógicas mais apropriadas com as necessidades de aprendizagem por meio de tarefas educacionais que mais se adequem a determinados perfis ou grupos de usuários.

Após estabelecida a hipótese, as definições claras dos objetivos indicam que decisões tomar quanto aos aspectos dos materiais e métodos que serão utilizados na pesquisa, e os procedimentos para chegar aos resultados pretendidos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo para educação mediada por Realidade Virtual baseada em heurísticas de usabilidade, teorias da carga cognitiva, modelos de aprendizagem e perfis cognitivos do usuário.

1.4.2 Objetivo secundário

Para apoiar o usuário, foi proposto um sistema computacional implementado segundo as regras definidas pelo MAAVA3D, denominado de Sistema de Modelo de *Affordances* para Ambientes Virtuais Tridimensionais (S_MAAVA3D). O sistema implementado permite o fluxo de informação entre as possibilidades dos recursos pré-existentes do sistema avaliado (AVA3D), onde será realizada a intervenção pedagógica, com as necessidades das tarefas adequadas identificadas pelo modelo.

1.4.3 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral proposto para resolução do problema de pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Propor uma estrutura com diretrizes aplicáveis aos ambientes de aprendizagem tridimensional a partir das heurísticas de usabilidade apropriadas para esses sistemas, a fim de evidenciar os elementos que permitem mensurar uma aplicação com ênfase na educação e / ou treinamento.
- Propor comparações das heurísticas de usabilidade com as teorias cognitivas, de forma a evidenciar o fato de que os usuários devem adquirir conhecimento de forma acessível, com maior segurança, e familiaridade com o sistema.

Partindo das contextualizações apontadas e dos objetivos assinalados, neste primeiro capítulo, a presente investigação estruturou-se pelos procedimentos metodológicos do *Design Science Research* (DSR). Segundo Bax (2015) é um método de geração de conhecimento pela construção de artefatos. A pesquisa assim, apresenta-se com uma abordagem qualitativa com

caráter exploratório. Estas abordagens serão melhor observadas no Capítulo 3 sobre Metodologia.

A proposta para a presente Tese está delineada em 7 capítulos. Neste primeiro capítulo, apresentou-se a contextualização da pesquisa, motivação, hipótese e objetivos. O segundo capítulo, fornece a fundamentação teórica e as Revisões Sistemáticas que relacionam os AVA3D à usabilidade, aos perfis cognitivos do usuário e os tipos de abordagens pedagógicas próprias para tais ambientes. O terceiro capítulo, como já referido, aborda questões sobre Metodologia. O quarto capítulo, traz informações sobre o MAAVA3D e descreve suas principais funcionalidades. O quinto, apresenta a implementação do modelo o S_MAAVA3D. No sexto capítulo são descritos os resultados da pesquisa, com análise e interpretação dos dados obtidos pela Prova de Conceito realizada. O sétimo capítulo expõe as considerações finais e aponta questões para futuras pesquisas. O presente trabalho finaliza-se com as Referências Bibliográficas, Apêndices e Anexos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA / REVISÕES SISTEMÁTICAS

Este capítulo subdivido em seções, abordará definições pertinentes a compreensão da proposta da pesquisa, ou seja, os conceitos embasados pelas referências bibliográficas, apresentando definições sobre Realidade Virtual, Abordagem Cognitiva e pedagógicas próprias para AVA3D, *Affordance* e Heurísticas de Usabilidade. Também apresenta a taxonomia de Bloom, uma estrutura hierárquica dos objetivos educacionais, que possibilitou a estruturação das tarefas sugeridas pelo modelo MAAVA3D.

2.1 Realidade virtual

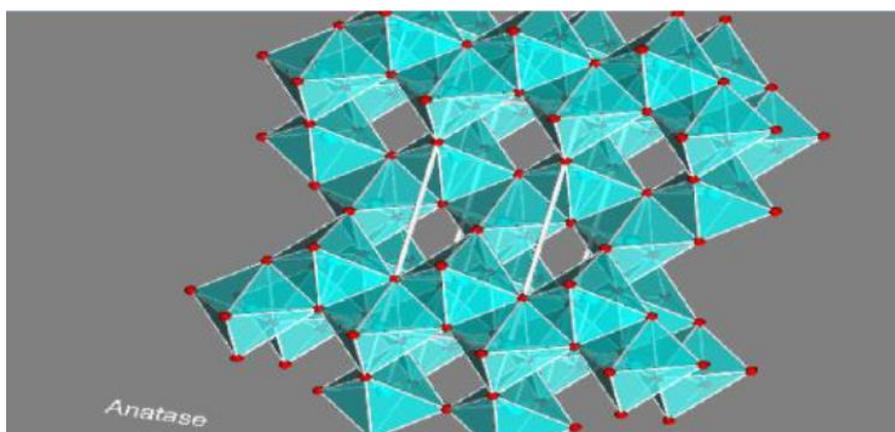
Segundo Tori, Kirner e Siscoutto (2006) a Realidade Virtual (RV), muito antes da sua denominação definitiva, surgiu de um conjunto de tecnologias inovadoras com a proposta de oferecer uma interação mais "natural" com os usuários de computador. Eles afirmam ainda que, na década de 60, Ivan Sutherland, após criar o *Sketchpad*, sistema que estabeleceu as bases do que hoje se conhece como computação gráfica, passou a trabalhar no que chamou de "Ultimate Display" e produziu, no final da referida década, o primeiro capacete de Realidade Virtual (Figura 01), precursor de uma série de pesquisas e desenvolvimentos que hoje possibilitam aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento, principalmente na área da educação.

Figura 01 - *Head-mounted* de exibição tridimensional

Fonte: <<http://www.medienkunstnetz.de/artist/sutherland/biography/>>. Acesso em: 30/03/2017

Essa tecnologia pode estimular o usuário e potencializar sua aprendizagem, pois apresenta em suas estruturas características de envolvimento do usuário, essenciais nesses processos. Por exemplo, em algumas características da RV como a imersão e o *feedback* simultâneo na apresentação visual, auditivo e tátil dos conteúdos. Como também é possível estabelecê-la como uma catalisadora para o ato de aprendizagem, propiciando uma abordagem diferenciada, pois possibilita o emprego de interações que seriam impossíveis no mundo físico, um exemplo disso é o trabalho de Dias (2011) que apresenta (Figura 02) um sistema de visualização imersivo e interativo de moléculas 3D.

Figura 02- Interface do sistema de pré-visualização da molécula 3D



Fonte: Dias (2011, p.04)

Estas características de envolvimento do usuário são atributos próprios dos sistemas baseados na tecnologia de RV, dentre elas: a possibilidade da intervenção efetiva do sujeito em tempo real e, dentre seus processos, a possibilidade de envolvimento do indivíduo num

ambiente multissensorial formando no observador o sentimento de imersão, presença e estabelecendo interações mais naturais e diretas.

Murray e Daher (2003) apontam que o Ambiente Virtual Tridimensionais interativo inclui estratégias de envolvimento do usuário sensorialmente, cognitivamente e emocionalmente a partir de estímulos externos que fazem com que ele acione o ambiente vivenciado. Essas estratégias tecnológicas objetivam a sensação de imersão total no universo ficcional, que pode levar ao sentimento de presença completa do usuário dentro do espaço virtual imersivo que é visivelmente desconectado do espaço físico exterior.

Observa-se que na imersão as informações sensoriais dadas pelos dispositivos tecnológicos – tais como visuais, áudio, *feedback* hápticos – darão ao cérebro a impressão de que o usuário está em outro lugar. Teoricamente na imersão perfeita, o usuário teria no ambiente de RV as mesmas informações sensoriais do mundo real, não podendo distinguir entre virtual e real. Já as características de envolvimento do usuário - emocional, social e cognitiva, dentro do ambiente sintético, indica o quanto ele se sente envolvido com a experiência de RV, essas propriedades caracterizam o sentimento de presença.

Baren e Ijsselsteijn (2004) referem-se a presença como uma sensação de "estar lá" em um ambiente tecnologicamente mediado e mais formalmente como a ilusão perceptiva de não mediação. Segundo os autores, o usuário de um ambiente artificial não precisa reconhecer completamente o papel da tecnologia em sua experiência e, assim, se sente e se comporta neste ambiente como se fosse 'real'. Em outras palavras, eles propõem uma definição ampla como uma ilusão de não mediação sentida pelo usuário de um sistema.

Algumas percepções do usuário podem intensificar o sentido de presença, nos ambientes interativos: o senso de espaço, o envolvimento, a atenção, a distração, o controle e a manipulação (autonomia), o realismo, a naturalidade, a percepção do tempo, a consciência de respostas comportamentais, o sentido de interação social, a protopercepção, a relevância pessoal, a excitação e os efeitos negativos. Esses paradigmas podem contribuir para uma operacionalização precisa da presença.

A presença caracteriza-se por uma experiência mais natural e envolvente do usuário no ambiente sintético, ou seja, se a narrativa é persuasiva e absorve mais seus sentidos, se o ambiente propicia interações sociais com outras pessoas e seus avatares. Tal abordagem torna a interação mais legítima porque a interação faz uso da capacidade computacional para atualização/reação do ambiente (*feedback*) conforme as ações do usuário (BOWMAN et al., 2004).

Giannetti (2006) propõe que a interação com base na interface humano-computador institui uma mudança qualitativa das formas de comunicação pela ênfase na participação intuitiva mediante a visualização e a percepção sensorial da informação digital e pela geração de efeitos de imersão. Estes constituem características das interfaces com RV e facilitam também os processos de aprendizagem em AVA3D.

O uso de interfaces computacionais em AVA3D estabelece uma relação de interação e proximidade maior com o usuário, pois este, muitas vezes, é solicitado a participar sensorialmente e fisicamente em um ambiente que o envolve cognitivamente estabelecendo uma interação.

Kirner e Siscouto (2007) apontam que em ambientes virtuais, a interação mais simples é a navegação, pois somente um passeio exploratório resulta na visualização de novos pontos de vista do ambiente virtual. Para os autores, as interações, propriamente ditas, com alterações no ambiente virtual, ocorrem quando o usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, explora, manipula e aciona ou altera os objetos virtuais, usando seus sentidos, incluindo os movimentos tridimensionais de translação e rotação naturais do corpo humano.

Bowman et al. (2004) apontam que as técnicas de interação (Quadro 01) para RV foram classificadas em quatro categorias principais, de acordo com a tarefa realizada pelo usuário: técnicas para seleção e manipulação, para controle do sistema, para navegação e de entrada simbólica.

Quadro 01 - Técnicas de interação

TECNICAS DE INTERAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
SELEÇÃO	Especificar um ou mais objetos a partir de um conjunto de objetos, para uma determinada tarefa. Consultar um objeto, tornar o objeto ativo e definir a manipulação a ser realizada.
MANIPULAÇÃO	Posicionar, movimentar e rotacionar objetos em três dimensões. As possibilidades de mudanças de cor, texturas não se classificam como manipulação, mas são exemplos de ações de controle.
CONTROLE DO SISTEMA	São as técnicas de acessar a funcionalidade do sistema. Modificam o estado do sistema ou o modo de interação utilizado pelo mesmo. As técnicas de interação para controle do sistema são Menus Gráficos, Comandos de Voz, Comandos de Gestos e Ferramentas.
NAVEGAÇÃO	São as técnicas usadas para a exploração do mundo virtual. O usuário, ao navegar pelo ambiente virtual, pode locomover-se ou procurar um caminho específico.
ENTRADA SIMBÓLICA	Consiste na entrada de texto e números, usada para dar nomes a arquivos ou objetos, especificar quantidade ou para a comunicação entre usuários. São as baseadas em Teclado, em Caneta, em Gestos e na Fala.

Fonte: Bowman et al. (2004).

Desta forma, as interações em AVA3D correspondem a capacidade do sistema de detectar e responder as ações do usuário pelas alterações imediatas no ambiente. E, a possibilidade de interação do usuário estabelece uma melhor sensação de imersão e presença, ou seja, de estar realmente no universo virtual.

Desta forma, nesta pesquisa, pode-se compreender o AVA3D como um sistema que utiliza uma interface virtual tridimensional interativa incorporada com conteúdo instrucional com possibilidades de personalização e comunicação entre os usuários. Por sua vez, estes podem ser divididos em: Ambientes Virtuais voltados à Educação (AVEd) e Ambientes Virtuais voltados ao Treinamento (AVTr).

2.1.1 Realidade virtual em educação e treinamento

Ambientes Virtuais de Aprendizagem suportados com a tecnologia de RV podem ser estruturados como processos educacionais, apresentando-se como um formato de recursos instrucionais estimulando o usuário, pela interação, imersão e do senso de presença, a melhorar a experiência de aprendizagem. E a distinção e diferentes denominações de cada ênfase se faz necessária para orientar sobre a constituição dos objetivos de cada aplicação.

Os ambientes com ênfase em educação são denominados de AVEd, e devem possibilitar aprender, fazer análises e refletir sobre o foco do estudo. Nestes ambientes, segundo Silva, Miranda e Hounsell (2007), os aspectos relacionados à temporização e reflexo não são comumente valorizados.

Borges-Andrade (2002) abordam o conceito de treinamento como a identificação e superação de lacunas pertinentes ao desempenho de colaboradores no âmbito organizacional, bem como à preparação destes para funções diferenciadas ou ainda para adaptação decorrendo da inserção de novas tecnologias no cotidiano de trabalho. Assim, o treinamento visa preparar o trabalhador para a atividade profissional, constituindo um processo instrucional de curto prazo que utiliza procedimentos sistêmicos e organizados, para o qual se aprende técnicas para um propósito bem definido.

Os Ambientes Virtuais em Treinamento (AVTr) como em Banerjee (1999) e Ferracani et al. (2014) que descrevem treinamentos para montagem de peças industriais e experimentos em medicina respectivamente devem possibilitar um aprender específico com tempo determinado, com o objetivo de desenvolver habilidades para determinada tarefa. Silva, Miranda e Hounsell (2007) destacam, dentre as habilidades cognitivas desenvolvidas, as questões de memória, sequência e posicionamento.

2.1.1.1 Características de AVEd e AVTr

Foram identificados por Hounsell, Silva e Miranda (2008a) alguns grupos de características que melhor diferenciam as ênfases educação e treinamento, podendo assim encaminhar a concepção de novos ambientes para o melhor aproveitamento da tecnologia de RV. A Figura 03 mostra tais grupos: Conteúdo; Modelo Pedagógico; Modelo de Comunicação, e; Avaliação. O grupo Conteúdo caracteriza “o quê” o Ambiente Virtual 3D está apresentando ao aprendiz. Os grupos Modelo Pedagógico e Modelo de Comunicação enfatizam “o como” e “o quando” são tratadas as questões pedagógicas e de comunicação, respectivamente. O grupo Avaliação trata “o porquê” o ambiente existe como ferramenta de aprendizagem.

Figura 03 - Características que diferenciam educação e treinamento



Fonte: Hounsell et al. (2008a, p. 647).

Contudo, Hounsell, Silva e Miranda (2008a) apontam que a compreensão e verificação destes grupos propostos pelos autores depende de um estudo teórico que possibilite a análise detalhada e manutenção (ou não) de cada característica presente na arquitetura estabelecida. Como isso não foi explorado no artigo original, buscou-se na literatura subsídios para uma diferenciação clara de cada característica para verificar sua pertinência na distinção de ambientes destinados à educação de ambientes voltados ao treinamento.

Desta forma, a seguir é feito um detalhamento de todos os grupos de características propostos pelos autores:

A. Conteúdo:

Para Seo e Kim (2002), na característica foco, o uso de abstrações e compreensão de valores são aspectos importantes ao se tratar das ênfases voltadas à educação. Por outro lado, Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) abordam que o uso de instruções e operações para a

obtenção de habilidades são elementos focalizados pelas ênfases voltadas ao treinamento. Quanto à forma, Jin e Yano (1997) apontam que os conteúdos se apresentam para o aprendiz nas ênfases voltadas ao treinamento normalmente segundo o formato “learn by watching” (o aprendizado é adquirido por meio de observação) ou “learn by doing” (o aprendizado é adquirido pela execução de procedimento/práticas). Já em relação às ênfases voltadas à educação, Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) apontam que são regidas por processos mentais, por meio da aplicação de técnicas como “learn by comparing” (aprender por meio de definições/comparações) e “learn by thinking” (aprender pelas reflexões com teorias e conceitos).

Em relação ao conhecimento, Pasqualotti e Freitas (2000) nota que os conteúdos formais e curriculares estão relacionados às ênfases voltadas à educação, e os conteúdos relativos às experiências industriais e operacionais são abordados pelas as ênfases voltadas ao treinamento.

B. Modelo Pedagógico

No Apêndice A, está descrito detalhadamente quais abordagens pedagógicas são pertinentes a AVA3D sejam em Educação ou Treinamento. Porém, para a conceituação das ênfases no que se refere ao objetivo pedagógico, Kirner et al. (2001) observam que o entendimento e a percepção de valores e visões são evidenciados nas ênfases voltadas à educação, e a aquisição de habilidades, segundo Souza et al. (2006) específicas e destreza para a capacitação técnica são objetivos nas ênfases voltadas ao treinamento.

A consolidação da aprendizagem em ênfases voltadas à educação é alcançada com reflexões e tomada de decisões, normalmente associadas ao construtivismo ou sócio-interacionismo presentes no ítem 2.2.5 desta pesquisa. Já nas ênfases voltadas ao treinamento o foco está direcionado às ações e aos procedimentos técnicos, estes, associados com abordagens instrucionistas e behavioristas presentes também no ítem 2.2.5.

Pasqualotti e Freitas (2000) apontam que quanto aos procedimentos pedagógicos, são empregados procedimentos não exaustivos (variados) considerando explicações e visualizações nas ênfases voltadas à educação. Ou seja, em AVEd é necessário propor ambientes em que o usuário interaja a partir de um conjunto sequencial das ações variadas, como a visualização de exemplos práticos, propostas com exercícios resolvidos e mesmo narrações sobre o conteúdo proposto e que não lhes tragam fadiga. Por outro lado, Li, Khoo e Tor (2003) observam que as ênfases voltadas ao treinamento utilizam procedimentos repetitivos, dotados de informações/dados repassados por comandos e ordens.

C. Modelo de Comunicação

O processo de comunicação (*feedback*) é a capacidade do sistema de prover uma reação para cada ação do usuário, com a finalidade de manter a orientação do usuário e a interação com o sistema. Smith e Mosier (1986), autores que criaram um relatório contendo 944 diretrizes de usabilidade, que serviu como base para as heurísticas de Nielsen, assinalam que a mensagem de *feedback* pode indicar os estados da execução em andamento, a necessidade de correções diante uma mensagem de erro, ou ainda ser uma reação específica para cada aplicação. Percebe-se que as ênfases voltadas a educação levam a um *feedback* mais abrangente e discursivo, e as ênfases voltadas ao treinamento, segundo Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a), utilizam um *feedback* específico e direto como, por exemplo, pontuação, status de treinamento, etc.

Em relação à colaboração, Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) assinalam que é esperado que as ênfases voltadas a educação estabeleçam ambientes multiusuário, proporcionando mais interações entre os aprendizes, criando assim situações de aprendizagem. As ênfases voltadas ao treinamento geralmente são monousuário, pois a aquisição dos objetivos de treinamento (normalmente habilidades físicas e motoras) devem ser adquiridas pela disciplina do próprio indivíduo.

Com relação à navegação, foi observado que na maioria das ênfases voltadas a educação o usuário explora livremente o ambiente, levando a uma comunicação irrestrita sob o ponto de vista de sua movimentação. O sistema, segundo Smith e Mosier (1986), permite que os usuários se movam continuamente ao longo de um mapa em qualquer direção desejada, sem encontrar quaisquer fronteiras impostas pela elaboração de exibição predefinidas. Para os autores, nas ênfases voltadas ao treinamento existem passos pré-estabelecidos (direcionamento e orientação) consideradas a designação de direção, em que a entrada de dados dos usuários é direcional em um sistema. Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) ressaltam que nestes ambientes o aprendiz deve respeitar a sequência dos passos.

O comportamento dos objetos é um elemento fundamental no modelo de comunicação dos ambientes virtuais 3D voltados à aprendizagem. Nas ênfases voltadas à educação, segundo Smith e Mosier (1986), este comportamento pode ser apenas aproximado ao real em diversas situações, mas contempla uma ampla gama de situações, sendo o sistema caracterizado por se adequar às necessidades do usuário e fornecer apenas os dados necessários para as tarefas deste. Já nas ênfases voltadas ao treinamento, Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) ressaltam a prioridade atribuída a um comportamento específico de alguns objetos, em busca da fidelidade e a representação realista do complexo.

Em relação ao grafismo – bem como aos dados formatados para mostrar relações espaciais, temporais ou outros – Smith e Mosier (1986) colocam que a simbologia gráfica deve ser familiar para o usuário, ou caso isto não ocorra, pode-se considerar uma permissão para o usuário solicitar exibição suplementar ou definição de um símbolo. Foi observado que as ênfases voltadas à educação normalmente utilizam objetos caricatos, em que não é necessário que os aprendizes visualizem o objeto de estudo com fidedignidade para que possam entendê-lo. Para Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a), nas ênfases voltadas ao treinamento, é importante para o que os objetos sejam representados com realismo, instituindo a relevância dos detalhes para a aquisição de habilidades específicas. Conforme se pode visualizar (Figura 04) no exemplo, do sistema de RV com ênfase em treinamento aplicado na aprendizagem de normas de segurança em manutenção de redes elétricas urbanas disponíveis na norma NR 10.

Figura 04 - Tela de Seleção dos Equipamentos de Proteção Coletiva



Fonte: Moraes (2013, p. 2).

Em relação à percepção do conteúdo, as ênfases voltadas à educação fazem com que a comunicação se torne mais significativa e envolvente, explorando diversos sentidos. Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) compreendem que nas ênfases voltadas ao treinamento existe a tendência de concentrar esforços em um conjunto mínimo de sentidos, porém numa representação mais fidedigna.

Porém, num caminho distinto desta teoria, segundo Bower (2008) e Dalgarno (2010), em AVA3D é importante observar que tanto os recursos de design e de aparência da interface quanto as questões das múltiplas interações sensoriais estão relacionadas com a satisfação do usuário e capacidade de atenção. Pois segundo os autores quanto maior a fidelidade representacional juntamente com os tipos de interatividade disponíveis no ambiente levará a um alto grau de imersão consequentemente, um forte sentido de presença.

Em relação à cadência da comunicação foi observado que as ênfases voltadas à educação permitem aos usuários determinar o ritmo da sua entrada de dados, ao invés de ter o tempo

controlado por processamento ou eventos externos. Assim, Smith e Mosier (1986), observam que o andamento da atividade fluirá dependendo das necessidades momentâneas de um usuário, da atenção e tempo disponível, dado que permitem o controle do andamento da comunicação, pois visam à eficiência. As ênfases voltadas ao treinamento apresentam os eventos e situações simuladas no tempo como elas realmente acontecem, sem que o usuário possa congelar ou interromper sua apresentação. Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) completam que isto acaba por enfatizar a eficácia na realização das tarefas, pois as decisões devem ocorrer no tempo previsto.

Quanto à dificuldade computacional, um dos fatores determinantes para a satisfação do usuário e aceitação de um sistema de computador é o grau em que o usuário se sente no controle de uma sessão interativa. Smith e Mosier (1986) observam que por meio deste os usuários são susceptíveis a sentimentos como frustração e intimidação, o que pode afetar a produtividade. Nas ênfases voltadas à educação, Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a) concluem que esta tem sido a modelagem do aprendizado, pois os modelos são simplificados, e em ênfases voltadas ao treinamento a dificuldade computacional reside fundamentalmente na modelagem do fenômeno alvo.

D. Avaliação

Em relação à estratégia de avaliação percebe-se que as ênfases voltadas à educação privilegiam uma avaliação contínua do aprendiz ou, nível a nível, focando principalmente, nos processos mentais. Nas ênfases voltadas ao treinamento se faz uso de uma avaliação final, que segundo Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a), principalmente relacionam-se a processos manuais, ou seja, se a tarefa foi executada com sucesso ou não.

Quanto ao resultado da avaliação, Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008b) apontam que nas ênfases voltadas à educação se busca a certeza no entendimento dos conceitos pelos aprendizes, e nas ênfases voltadas ao treinamento se buscam resultados mais concretos, principalmente relacionados ao condicionamento (ação).

Todos os grupos de características descritas anteriormente podem ser observadas, resumidamente, no Quadro 02.

Quadro 02 - Categorias de características, adaptado de Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008b)

Grupo	Característica	Tendência dos AVEd	Tendência dos AVTr
Conteúdo	Foco	Valores/Abstrações/Visões	Instruções/Operações
	Forma	Teoria/Conceito	Prática/Procedimento
		Definições/Comparações	Instrução/Sequências
	Conhecimento	Formal	Experiência
Curricular		Técnico	
Modelo Pedagógico	Objetivo	Percepção	Destreza
		Processo/Formação	Capacitação
		Construção do conhecimento	Habilidade/Comportamento
	Aprendizagem	Reflexão/Tomada de decisão	Ação/Técnicas
		Construcionismo/Sócio-Interacionismo	Instrucionismo/Behaviorismo
	Procedimento	Explicação	Comandos/Ordens
		Visualização	Informação/Dado
Variado		Repetitivo	
Comunicação	Feedback	Abrangente/Discursivo	Específico/Direto
	Colaboração	Multiusuário	Monousuário
	Navegação	Liberdade/Exploração	Direcionamento/Orientação
	Comportamento	Geral/Aproximado	Específico/Fidedigno
	Grafismos	Caricato	Realista
	Percepção	Sentidos Variados	Sentido Específico
	Cadência	Eficiência/Controlada	Eficácia/Real
	Dificuldade	Modelagem do Aprendizado	Modelagem do Fenômeno
Avaliação	Estratégia	Contínua	Final
		Processos Mentais	Processos Manuais
	Resultado	Entendimento	Condicionamento

Fonte: Quadro original de Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008b), alterado para agrupar características complementares nos aspectos de forma, objetivo e de navegação.

No Apêndice B desta pesquisa, para complementar a enfoque estabelecido por Hounsell, Silva e Kenczinsk (2008a), e com o objetivo de configurar um cenário que possibilite mensurar a ênfase educacional da ênfase de treinamento, propõe-se uma classificação das heurísticas de usabilidade quanto a sua ênfase, voltada aos ambientes tridimensionais para aprendizagem.

2.2 Cognição, abordagens e modelos pedagógicos para AVA3D

Os conceitos sobre cognição, abordagens e modelos pedagógicos para AVA3D oferecem importantes contribuições para a presente pesquisa, pois, permeiam o processo de ensino e aprendizagem ofertadas pelas diversas interações possíveis com a tecnologia de RV e estão diretamente relacionados com o entendimento dos objetivos educacionais que constituirão parte do MAAVA3D.

2.2.1 Cognição

Cognição é o ato ou processo da aquisição do conhecimento. Consiste em um processo pelo qual o ser humano interage pelo do seu sistema sensorio-motor – que funciona percebendo o ambiente de acordo com a sua memória, sua cultura, ou seja, são os modos fundamentais que uma pessoa percebe e age fisicamente no ambiente ou com outros interlocutores, sem perder a sua identidade existencial.

Neste sentido, Santos e Tarouco (2007) advertem que a cognição começa com a captação dos sentidos e, logo em seguida, ocorre a percepção. É, portanto, um processo de conhecimento (Ver Apêndice C) que tem como material a informação do meio em que se vive e o que já está registrado na memória do ser humano. Morris e Maisto (2004) observam que este processo de codificação, armazenamento e recuperação de informações é chamado de *modelo de processamento de informação da memória*, onde registram-se os “dados” como um computador em depósitos temporários chamados de registros sensoriais.

A partir disso, os processos de interação nos sistemas de RV, imersão e envolvimento de um usuário em um mundo artificial pode simular condições reais ou criar condições de um novo mundo. Esta interação torna-se mais envolvente quando há o acionamento das diversas funções cognitivas, dentre elas os processos codificados de ver, ouvir, falar, e as diversas interações do usuário no ambiente virtual.

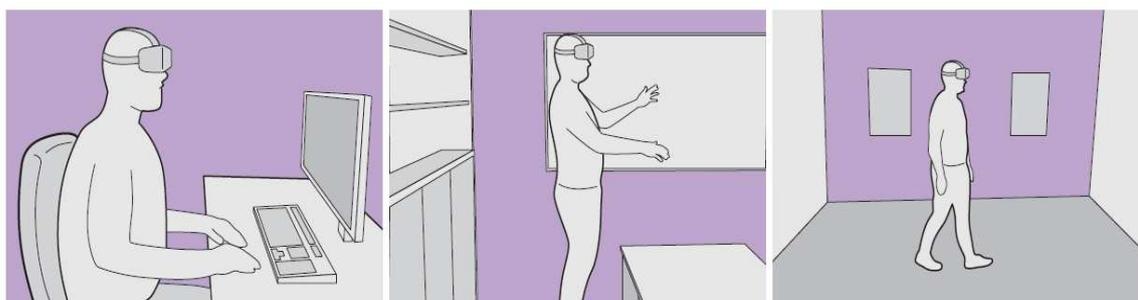
Um conceito importante, nesta pesquisa, sobre cognição e memória é proposta por Geary (2008). O autor propõe a existência de dois tipos diferentes de conhecimentos/habilidades. O conhecimento/habilidade biologicamente primário e o conhecimento Biologicamente Secundário. Ainda segundo o mesmo autor, o Conhecimento Biologicamente Primário é aquele que não se aprende inconscientemente porque nós evoluímos para adquirir esse conhecimento de forma fácil e automática, como por exemplo, ao aprender a língua materna, ao reconhecer faces, na comunicação com os outros e no uso de gestos e

manipulação de objetos. Já na aquisição de conhecimento secundário demanda esforço e dedicação cognitiva, como por exemplo, em atividades de aprendizagem como ler e escrever.

Sweller (2008) aponta que a distinção entre conhecimento biologicamente primário e biologicamente secundário, explicando porque os usuários podem adquirir informação facilmente e inconscientemente e porque estão fortemente motivados a adquirir essa informação enquanto que outra informação pode ser adquirida somente com um considerável esforço consciente. Para o autor, quando a tarefa exige o conhecimento biologicamente secundário o ser humano não tem nem a motivação nem a habilidade geneticamente inspirada para assimilar a informação automaticamente. Porém, Paas (2012) aponta que pode ser possível estimular habilidades gerais e primárias para facilitar a aquisição das habilidades secundárias com o teor das Teorias da Carga Cognitiva em contextos de aprendizagem. Observa-se que estas teorias podem ser aplicadas a contextos de AVA3D com ênfase em educação e treinamento.

Nestes ambientes, a manipulação de objetos virtuais é uma de suas características definidoras. E, englobam a capacidade de resposta às ações de seus usuários, dentre as quais se destacam as formas de controle, permitindo ao usuário modificar as formas de seleção ou os ângulos de visualização (Figura 05). Isso leva o usuário a possibilidade de adquirir um determinado conhecimento considerando as habilidades primárias como a capacidade gestual, da manipulação de objetos ou mesmo pela exploração do espaço.

Figura.05 - Uma ilustração do cenário com usuário em três formas de posicionamento e restrições



Fonte: Bellgardt (2017, p. 1).

Segundo Lee (2017) “Aprender fazendo” não é uma nova abordagem, porém os avanços tecnológicos ampliaram a facilidade com que tais pedagogias de produção podem ser adotadas, bem como sua propagação em todos os níveis do sistema educacional, incluindo em ambientes virtuais baseados em tecnologia de RV.

O trabalho desenvolvido por Bellgardt (2017), aponta a importância de entender o impacto da interação na exploração de cenários virtuais 3D para desenvolver com sucesso a RV

voltada às aplicações de trabalho para uso diário. O autor propõe para a avaliação de interações em três cenários com diferentes restrições, como pode ser visualizado na Figura 05.

Assim, segundo Paas (2010) pode ser possível estimular habilidades gerais e primárias para facilitar a aquisição das habilidades secundárias como a teoria da Teoria da Carga Cognitiva em contextos de aprendizagem e que podem ser aplicadas as tecnologias de RV.

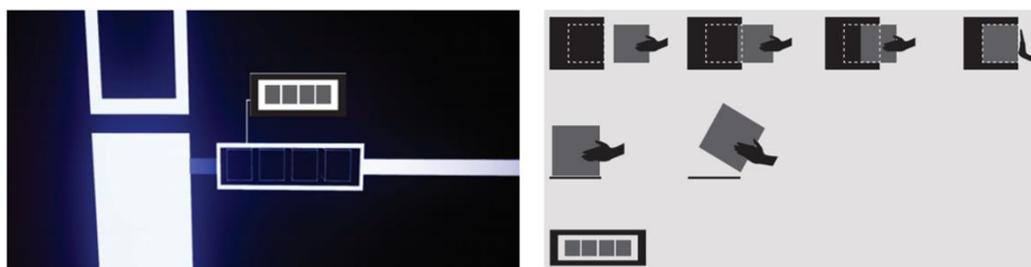
2.2.2 Teorias da Carga Cognitiva e RV

A partir disso, Sweller (2006) agrupa um conjunto de diretrizes para a elaboração de materiais didáticos que ajuda a projetar ambientes instrucionais que mesclam texto, som, imagens fixas e animadas, ou mesmo os que utilizam dispositivos multissensoriais, como no caso da RV. O autor propõe um conjunto de 29 diretrizes (Apêndice D) que resultam, segundo o autor, em um ambiente de aprendizagem eficiente e que conseqüentemente promovem um aumento na capacidade do processo de cognição humana.

Estes princípios propostos por Sweller (2006) buscam minimizar as sobrecargas cognitivas, potencializando o processo cognitivo de aprendizagem, portanto constituem princípios defendidos por esta teoria e que podem ter sua aplicação no processo ensino-aprendizagem em AVA3D.

Uma das diretrizes proposta por Sweller é o uso de diagramas para facilitar o desempenho em tarefas que requeiram manipulações espaciais. Pode-se observar um exemplo da aplicação desta diretriz (Figura 06), no ambiente de RV chamado NColors (SALUSTIANO, 2017). Este sistema é um AVA3D com ênfase em educação com interações baseadas em estratégias de jogos para a aprendizagem da cor luz. Salustiano (2017), propõe uma interface mais compreensível por meio de ícones que apresentam graficamente a forma de interagir com o sistema.

Figura 06 - Interface e Ícones de ação - NColors



Fonte: Salustiano (2017, p. 40).

Sweller (1988) aponta que o controle instrucional da carga excessivamente alta imposta por tarefas complexas fornece o foco da Teoria da Carga Cognitiva. O autor propõe que, a

forma, o sequenciamento e a apresentação das informações devem estar alinhadas com o processo cognitivo humano e devem ser compatíveis com a capacidade de manipulação do sistema cognitivo do usuário. Assim, a aprendizagem ocorre de forma mais significativa se o processo e o volume de informação estiverem em consonância com a capacidade de compreensão humana. Segundo Ausubel (2003), a aprendizagem significativa pode ser entendida como o processo pelo qual a nova informação adquirida pelo indivíduo relaciona com a sua estrutura de conhecimento pré-existente.

Algumas das diretrizes de Sweller que contribuem para um aprendizado mais significativo e ao mesmo tempo que minimizam a sobrecarga cognitiva em Ambientes Virtuais de Aprendizagem estão presentes em seus estudos (AYRES; SWELLER, 2005; CHANDLER; SWELLER, 1991; SWELLER, 1983; SWELLER, 2003; SWELLER, 2006) e relaciona-se, por exemplo, como o já citado uso de diagramas em tarefas que requeiram manipulações ou relações espaciais; uso pistas e sinais para focar a atenção em conteúdos visuais e textuais importantes; redução do conteúdo ao essencial; controle sobre o ritmo e gerenciamento da Carga Cognitiva quando o ritmo tiver de ser controlado pelo sistema instrucional.

Observa-se por exemplo, o uso de pistas e sinais (Figura 07) na proposta de Freitag (2017). O autor utiliza desta diretriz como meio de orientar, informar, conduzir e guiar os usuários, melhorando assim as questões de interação e usabilidade com sistema.

Figura 07 - Uso pistas e sinais para focar a atenção em conteúdos visuais importantes



Fonte: Freitag (2017, p.02).

Freitag (2017) mostra em sua proposta que o ajuste manual da velocidade de deslocamento para cobrir distâncias médias ou grandes em ambientes virtuais pode aumentar a carga cognitiva, e o deslocamento manual em altas velocidades pode levar o usuário a desorientação e vertigem. O autor propõe uma abordagem para passar rapidamente regiões onde o ambiente não sofre alteração significativa, usando sugestões automatizadas baseadas no cálculo da visibilidade comum. Em seus estudos, o autor demonstra que o método proposto

pode reduzir a ciber segurança do usuário quando comparado com o controle de velocidade manual.

Paas (2012) aponta que o uso de gestos e manipulação de objetos são habilidades primárias que não precisam ser explicitamente ensinadas, mas podem ser usadas para adquirir as habilidades secundárias associadas ao conteúdo instrucional. Park et al. (2016), propõem que ao aprender tarefas processuais-manipulativas apresentadas por uma animação em 3D, participantes que recebem uma exibição visual com a trajetória antecipada apresentaram condições de aprendizagem aprimorada e melhor desempenho (menor carga cognitiva, maior pontuação de precisão e menos tempo na tarefa).

Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998) propuseram uma classificação para os diferentes tipos de carga cognitiva presentes no processo de aprendizagem, sendo que são definidos três tipos diferentes de carga cognitiva: Carga Cognitiva Intrínseca que é imposta pela complexidade do conteúdo do material de ensino; Carga cognitiva externa ao conteúdo (Irrelevante) que desperdiça recursos mentais que poderiam ser usados para auxiliar na aprendizagem; e a Carga cognitiva natural (Relevante) que é imposta pelas atividades de ensino que beneficiam o objetivo da aprendizagem, caracterizada pelo trabalho imposto pelas atividades de ensino. Portanto, é necessário balancear estas cargas para que se atinja um nível adequado de eficiência no processo de aprendizagem. Mayer (2001) propôs um modelo para balancear a carga cognitiva de acordo com a Figura 08.

Figura 08 - Modelo de balanceamento das cargas cognitivas



Fonte: Adaptado de Mayer (2001).

A abordagem e relações da Teoria da Carga Cognitiva (TCC) com os AVA3D contidas nesta pesquisa referem-se a Carga Cognitiva Externa. Segundo Santos (2007), a carga cognitiva externa pode ser minimizada pelo projetista do sistema, observando os princípios da carga cognitiva, em que uma interface complexa ou não-convencional que usa diferentes objetos, ferramentas de navegação, e padrões de layout terá geralmente uma carga cognitiva elevada porque cada componente necessitará ser percebido e interpretado pelo usuário.

Assim, na concepção de um AVA3D há a necessidade de escolher estratégias cognitivas adequadas que possam impactar diretamente na redução da quantidade de energia direcionada à interação com o sistema, liberando assim a capacidade cognitiva do usuário para o processamento do que está sendo ensinado.

Segundo Preece (2005), é necessária a compreensão dos processos associados à cognição com os procedimentos de concepção das interfaces, de forma a preparar projetos eficientes para que de fato a aprendizagem dos usuários seja efetiva. Assim, o designer ou desenvolvedor do AVA3D deve considerar princípios e diretrizes adequadas a cada situação acerca do domínio do problema, dos usuários e das suas atividades. Preece (2005) apresenta estratégias (Quadro 03) para o design de interação para AVA de acordo com os tipos de processos cognitivos e suas descrições que, uma vez adotadas podem aumentar os processos de cognição humana nestes ambientes.

Quadro 03 - Processos cognitivos e implicações para o design – Adaptado de Preece et al. (2005)

Processos Cognitivos	Descrição	Implicações de Design	Implicações de Design em AVs 3D
Atenção	Processo de selecionar dentre a variedade de possibilidades disponíveis.	Visibilidade da informação. Informações necessárias na interface. Usar imagens e gráficos.	Facilitar a visibilidade da informação de forma a manter os usuários cientes de suas atividades e interações com outros objetos e usuários.
Percepção	Informações (visuais, auditivas, táteis, etc.), captadas pelos aparelhos perceptivos humanos.	Ícones reconhecíveis. Sons e textos legíveis.	Mapear a percepção normal do usuário e a mudança do ponto de vista pelo movimento do corpo, deve ser processado sem demora de forma natural.
Memória	Recordação para agir adequadamente.	Reconhecimento de funcionalidades sem esforço.	Opções de interação visíveis. Facilitar os acessos no espaço virtual por meio de índices de referência ou mini mapas, de modo que os usuários possam ver o todo.
Aprendizagem	Facilidade de manusear o sistema	Interfaces com ações intuitivas. Restringir opções para guiar a seleção de ações de forma mais adequadas.	Desenvolver novos ícones 3D para representar conceitos mais reconhecidos e memoráveis.

Fonte: Adaptado de Preece et al. (2005).

Outro aspecto importante, relaciona-se com a seleção e avaliação da forma apropriada de combinar os diversos tipos de mídia disponibilizados pela tecnologia que fazem parte dos AVA3D. Como visto anteriormente, a interação do usuário com a tecnologia RV procura simular um ambiente mais real e imersivo em que o usuário adquire o conhecimento pela utilização dos seus sentidos, de tal forma que estes elementos potencializam e contribuem para uma aprendizagem mais significativa.

Desta forma, a solução tecnológica em RV deve suportar este objetivo, observando quais recursos devem ser utilizados para a transmissão dos conteúdos nestes ambientes de

acordo com o processo cognitivo humano. Ou seja, os recursos devem ser definidos para que a informações possam ser processadas de forma eficiente sem sobrecarregar a capacidade mental dos usuários.

A compreensão dos conceitos básicos da teoria da carga cognitiva e sua aplicação em AVA3D pode possibilitar que as informações fornecidas por estes ambientes não sejam apenas entendidas pelos usuários, mas que também sejam retidas e aplicadas no seu dia-a-dia. Para isso é necessário observar a quantidade de informação incluída e a estrutura em que o conhecimento é construído e entregue.

Observa-se que a carga cognitiva é um fator presente na interação humano-computador, principalmente em AVA3D pois nestes ambientes há objetos, sinais, cores, sons que devem ser interpretados e conseqüentemente ocupa alguma energia mental do usuário. Desta forma, o uso de diretrizes próprias para estes ambientes indica quais recursos que melhor se adequem ao domínio a que o sistema se apresenta. E que contribuam para minimizar a carga cognitiva externa e facilite o processamento do conhecimento que está sendo ensinado.

Desta forma, a TCC se dedica a promover um conjunto de princípios que direcionam a construção de interfaces para ambiente de aprendizagem eficiente gerando um aumento na capacidade do processo de cognição humana. Segundo Santos e Tarouco (2007), estas diretrizes têm como objetivo tornar a interação humana com a tecnologia mais alinhada ao processo cognitivo.

Com isso, a RV corresponde a um campo interdisciplinar que depende para o seu desenvolvimento, de diversos domínios científicos e técnicos, sendo que várias disciplinas contribuíram, incluindo as ciências cognitivas, para a compreensão da interação do usuário nesses ambientes sintéticos interativos.

Desta forma, entre outras possibilidades, a Cognição relaciona-se com os diversos tipos específicos de processos de aquisição do conhecimento incluindo a resolução de problemas e a inteligência. Para Gardner, Chen e Moran (2009) a inteligência é descrita como a capacidade de resolver problemas ou de elaborar produtos que sejam valorizados em um ou mais ambientes culturais ou comunitários.

Pois estes ambientes, por meio da configuração de sua interface e levando em consideração os modelos de aprendizagem, podem possibilitar o desenvolvimento das capacidades do usuário em todas as inteligências. Como podem também, por uma interface mal projetada e com a utilização de seus recursos digitais de forma incorreta aumentar tanto a carga cognitiva quanto o esforço mental do usuário exigido na realização de uma determinada tarefa.

2.2.3 Revisão Sistemática sobre TCC e AVA3D

A presente reflexão visa contribuir na avaliação de aspectos relacionados com a usabilidade em AVA3D a fim de detectar problemas relacionados aos aspectos da interface. Para isso se faz uso de um conjunto de orientações de elementos facilitadores na aprendizagem de forma a propor uma interação consistente com as necessidades do usuário de forma a diminuir a carga cognitiva do mesmo.

Para a elaboração da Revisão Sistemática (RS) sobre Teorias da Carga Cognitiva aplicada a ambientes de aprendizagem virtual tridimensional (AVA3D) foi preciso realizar um estudo teórico para o estabelecimento dos conceitos fundamentais, detalhados nos itens anteriormente, bem como responder à questão de pesquisa: “Existem trabalhos que estudam ou propõem diretrizes de usabilidade para AVA3D com ênfase em educação ou treinamento que se apoiem na TCC?”

Contudo não houve cruzamento de *strings* que relacionassem, nas bases pesquisadas (IEEE, ACM, WoS e Scopus), heurísticas de usabilidade e Teoria da Carga Cognitiva. No Apêndice E desta pesquisa estão os procedimentos realizados para a execução das revisões sistemáticas. No final do capítulo 02 está a tabela que correlacionam as heurísticas de usabilidade para ambientes com ênfase em educação e treinamento e a Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Neste item são apresentados os procedimentos para a realização da RS e a compilação dos resultados dos trabalhos relacionados a TCC para AVA3D.

2.2.3.1 Resultado da Revisão Sistemática: TCC e AVA3D

A pesquisa desenvolvida por Park et al. (2016) propõe que ao aprender tarefas processuais-manipulativas, como, por exemplo, a montagem mecânica de um motor virtual apresentadas por uma animação em 3D, participantes que recebem uma exibição visual com a trajetória antecipada mostraram condições de aprendizagem aprimorada e melhor desempenho (menor carga cognitiva, maior pontuação de precisão e menos tempo na tarefa). Já Sawicka (2008) propõe uma análise pela perspectiva da TCC, sugerindo que aprender sobre problemas complexos poderia ser melhorado pelo aprimoramento das descrições com elementos de simulação que facilitariam a exploração interativa da dinâmica do problema. A autora explora se as apresentações dinâmicas podem facilitar a sua compreensão de projetos dinâmicos e discute os fundamentos teóricos desta abordagem, apresentando uma implementação e resultados experimentais preliminares.

E Achuthan (2015) apresenta um esboço dos modos de representação do conhecimento para laboratórios virtuais, sendo que os resultados deste trabalho mostram como a combinação de representações físicas e sensoriais em laboratórios virtuais desempenha um papel fundamental na compreensão geral do conteúdo. Achuthan (2015) propõe ainda que, o processamento de informações pelos modos visuais, auditivos, pictóricos e interativos oferece caminhos únicos para a cognição. Em seus estudos, Chen (2008) relata uma pesquisa quase experimental que investiga os efeitos de orientar a exploração de AVA3D. Os resultados deste estudo mostram que a inclusão de guias auxiliares de navegação (rastreadores e direcionais) podem orientar a exploração pelo AVA3D e fornecem efeitos de aprendizado significativos quando comparados com o uso destes ambientes quando não fornecem esses auxílios. Seery (2012) descreve um método efetivo para melhorar a carga cognitiva causada por novas terminologias e conceitos em apresentações. O autor aponta que projetar recursos próprios digitais para introduzir alguns conceitos básicos para uma apresentação pode ajudar os alunos a identificar estes conceitos em uma apresentação com muita terminologia nova. O autor assinala que esses recursos eletrônicos podem ser facilmente incorporados ao ambiente de aprendizagem virtual para que os alunos possam acessar recursos, completar o questionário e receber *feedback* do professor. O mesmo autor aponta a importância da incorporação destes recursos no AVA3D, pois identificar conceitos básicos de forma estruturada antes de cada palestra e fornecer feedback sobre a compreensão dos alunos sobre estes AVA3D, pois dá aos alunos a oportunidade de assumir o controle de sua própria aprendizagem, tanto antes quanto depois de uma apresentação.

2.2.4 Cognição e Inteligência

Gardner, Chen e Moran (2009) compreendem que a inteligência é uma propriedade biológica do cérebro humano e que é expressa pela diversidade de perfis intelectuais. Os autores delineiam uma teoria a respeito das inteligências múltiplas e ampliam os parâmetros para definir, integrar e compreender a diversidade das capacidades humanas, apontando ainda que o ser humano possui certas capacidades essenciais em cada uma das inteligências, sendo que, geralmente, uma inteligência se sobressai em relação a outra. Porém, as inteligências também podem ser combinadas, desenvolvidas ou mesmo enfraquecidas se, por exemplo, na instrução formal houver uma ênfase maior em capacidades em detrimento de outras em que o indivíduo tiver maior habilidade.

Gardner observa que em sua teoria o entendimento e desenvolvimento do perfil cognitivo de cada indivíduo aponta para a importância de reconhecer e estimular as variedades de inteligências humanas e promover as suas combinações. Pode-se, então, incluir estas questões em AVA3D, pois estes sistemas propõem novas formas de ensinar, aprender, avaliar e expandir as capacidades humanas. O autor classifica os seguintes tipos de inteligência mostradas na Figura 09.

Figura 09 - Tipos de inteligência de Gardner, habilidades.



Fonte: Adaptação de Gardner et al. (2009).

Gardner, Chen e Moran (2009) descrevem oito tipos de inteligência posicionando-as com o mesmo valor. Os autores propõem que as inteligências estão localizadas em diferentes áreas do cérebro e podem trabalhar tanto isoladas quanto juntas. Gardner (2009) assinala ainda uma vertente funcional da inteligência, apontando a importância de reconhecer e estimular as variedades de inteligências humanas e promover as suas combinações.

Gardner, Chen e Moran (2009) propõem na Teoria das Inteligências Múltiplas apoio à aprendizagem, pois abordam a importância de estratégias de ensino adequadas e adaptadas aos diferentes tipos de perfis, considerando os talentos, as capacidades e particularidades de cada ser humano, e que este deve ser estimulado a aplicar o conhecimento adquirido em situações práticas.

Neste contexto, Amorim (2015) propõe o desenvolvimento de um Laboratório Virtual de Aprendizagem onde as tarefas propostas foram desenvolvidas com base na teoria de Inteligências Múltiplas compatibilizadas com informações do usuário e com as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). O mesmo autor relata, ainda, que são estudadas apenas sete, pois as inteligências existencial e naturalista não se evidenciam possibilidades de serem associadas às tecnologias de informação e comunicação. Assim, propõe que cada inteligência está associada à execução de uma ou mais atividades, da seguinte forma:

- Inteligência linguística é estimulada pela participação do aluno em fóruns, chats e pela leitura e interpretação das avaliações a serem realizadas pelas atividades relacionadas a perguntas de múltipla escolha.
- A inteligência lógico-matemática é estimulada pela construção de circuitos representados dentro do ambiente virtual.
- A inteligência musical é estimulada pelo uso de vídeos, chat de voz e outras formas de sons que podem ser importadas para o ambiente de acordo com a necessidade de cada tarefa.
- As inteligências visual-espacial e a corporal-cinestésica são estimuladas também por meio da realização de atividades que envolvam a criação de objetos no ambiente virtual, uma vez que para a execução dessas atividades o aluno deve ter uma percepção visual para dimensionar e posicionar os objetos. Outro fator que auxilia na estimulação dessa inteligência é o fato do usuário ter que se locomover dentro do ambiente, o que pode ser feito de três formas: andando, correndo ou voando.
- As inteligências interpessoal e intrapessoal são estimuladas de maneira conjunta e são estimuladas por atividades que devem ser realizadas em grupo disponibilizadas em ambientes virtuais de aprendizagem.

Na presente pesquisa, observa-se a aplicação da teoria da Múltiplas Inteligências de Gardner ajudando no desenvolvimento de estratégias de ensino para ambientes suportados pela tecnologia de Realidade Virtual. Em um AVA3D, considerando a configuração de sua interface e os modelos de aprendizagem, se pode possibilitar o desenvolvimento das capacidades do usuário em todas as inteligências. Como podem também, por uma interface mal projetada e com a utilização de seus recursos digitais de forma incorreta aumentar o esforço mental do usuário, quando exigido na realização de uma determinada tarefa pedagógica.

Sobre a Teoria da Carga Cognitiva, Paas, Van Gog e Sweller (2010) observam que existem razões científicas e práticas pelas quais resistiu e se tornou influente. Os autores observam que pesquisas usando experimentos controlados, indicando que os procedimentos instrucionais relativamente orientados suportados pelos teóricos da carga cognitiva são mais

eficazes (pelo menos para os alunos principiantes) do que os procedimentos instrucionais relativamente não guiados usados pelos defensores das abordagens pedagógicas contextualizadas.

Porém, segundo Festas (2015) a ideia da contextualização do conhecimento, do ensino e da aprendizagem ocupa relevância no atual panorama educativo. Segundo a autora, a ideia de que o conhecimento é contextualizado e que decorre das situações específicas em que é aprendido/apropriado tem também origem em algumas teorias da aprendizagem, por exemplo, a construtivista.

Observa-se que nos AVA3D são utilizadas abordagens pedagógicas com instrução guiada trazendo benefícios à aprendizagem, como também esses ambientes se utilizam abordagens em que a descoberta, a interação social e caminhos diferenciados não guiados, se acompanhada de orientações, podem mostrar-se eficazes na aprendizagem.

O entendimento das diferentes abordagens pedagógicas, permite um melhor conhecimento dos processos educacionais nos AVA3D. Pois, essa tecnologia possibilita uma aprendizagem mais significativa quando são alinhados a seus dispositivos multissensoriais as ferramentas de comunicação. A partir disso, estes sistemas passam a funcionar como poderoso recurso pedagógico pautada na possibilidade de um diálogo entre diferentes concepções de educação.

2.2.5 Abordagens pedagógicas apropriadas para AVA3D

A elaboração de um AVA3D implica na exploração de diversas estratégias e abordagens pedagógicas. Porém a verificação de quais destes aspectos pedagógicos se adaptam melhor a estes sistemas expõe conjecturas peculiares, que surgem relacionados à pedagogia e a tecnologia de Realidade Virtual. Surgem questionamentos como quais abordagens pedagógicas trazem elementos facilitadores no processo ensino-aprendizagem nestes ambientes, e que propiciam a aplicação do conhecimento, de forma a integrar a aprendizagem, ao domínio estudado ou mesmo a novas situações e contextos. Da mesma forma, se buscam estratégias para diminuir os chamados efeitos indesejáveis destas tecnologias, que podem acarretar à sensação de saturação causada pelo volume de informação, ou a exaustão mental pela repetição de táticas de apresentação de conteúdo. Por isso, dependendo do contexto que esse recurso será empregado, é possível definir qual a melhor orientação teórica para o seu desenvolvimento.

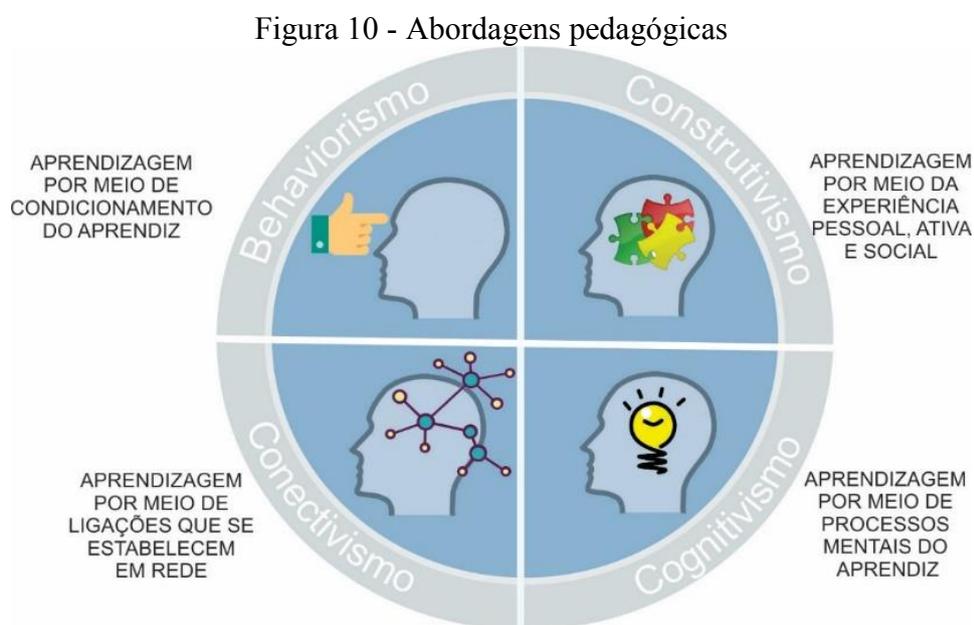
Dias, Dos Santos Machado e De Moraes (2009) apontam a RV como uma área da educação com potencial de modificar e melhorar a experiência de aprendizado, pois por meio

dela é possível ampliar os sentidos e as capacidades do usuário em intensidade, no tempo e no espaço. Isso permite ao aluno observar e interagir com o objeto de estudo em ambientes tridimensionais desde mundos microscópicos a galáxias e estações espaciais.

Desta forma, para a elaboração de AVA3D há a necessidade de se considerar quais abordagens pedagógicas podem proporcionar uma maior oportunidade de promover a motivação e o sucesso na aprendizagem de conteúdo.

Neste contexto é importante considerar os diferentes estilos de aprendizagem, propondo ambientes que proporcionem melhores condições para a aquisição e construção do conhecimento, possibilitando desenvolver atividades interativas utilizando o aparelho sensório-motor, que é a essência do ser humano em seu dia-a-dia.

A partir disso, realizou-se uma investigação a respeito de quais abordagens e estratégias pedagógicas são subjacentes à aprendizagem formal e à tecnologia. As perspectivas analisadas e discutidas (Figura 10) se dividem em quatro categorias: Behaviorismo, Cognitivismo, Construtivismo e Conectivismo. Mais informações sobre estas abordagens pedagógicas se encontram no Apêndice A.



Fonte: A autora.

Desta forma, a apreciação dos diferentes estilos de aprendizagem para AVA3D permite criar estratégias adequadas de interação que podem alavancar o potencial que esta tecnologia pode oferecer por suas características únicas. A busca por um modelo de aprendizagem deve estar fortemente embasada em pressupostos teóricos pedagógicos com o objetivo que ela possa ser realmente útil no contexto educacional.

2.2.6 Modelos pedagógicos

Segundo Passerino et al. (2007), na educação o conceito de modelo foi erroneamente considerado sinônimo de teorias de aprendizagem como as desenvolvidas por Piaget(1970), Vygotsky(1988) e Gardner(2009). A mesma autora aponta que embora um modelo pedagógico possa ser embasado numa ou mais teorias de aprendizagem, um modelo pode não ter propriamente sua epistemologia embasada nos mesmos paradigmas ou teorias mencionadas.

No presente estudo, o conceito de modelos é dado como estratégias de aprendizagem projetadas para realizar maior interação do usuário com o sistema, ou seja, identificando elementos facilitadores na aprendizagem, e possibilitando, desta forma, a efetivação das ações do usuário na execução de determinadas tarefas no Ambiente Virtual de Aprendizagem Tridimensional (AVA3D).

Portanto, no presente estudo, podem ser identificadas possibilidades educacionais alinhadas às características de várias pedagogias. Por meio deste processo, se pode propor estratégias pedagógicas fortemente ancoradas no alinhamento das experiências de aprendizagem para estes ambientes. Sob esta perspectiva, pode se identifica quais recursos precisam ser alavancadas ou minimizadas para proporcionar oportunidades apropriadas para o contexto de aprendizagem.

Neste contexto, as teorias a respeito da aprendizagem experiencial e motivacional apresentada pelos Modelos de Kolb (1984) e Keller (1987), respectivamente, possibilitam estratégias pedagógicas potencialmente apropriadas que podem alavancar as *affordances* educacionais contidas neste estudo.

2.2.5.1 Modelo de aprendizagem experiencial de Kolb

No modelo de aprendizagem experiencial, formulado por David Kolb (1984), se atribui valor aos conhecimentos de caráter experiencial. Ou seja, os processos de aprendizagem tornam-se mais significativos e eficazes por experiências diretas envolvendo emoções e sentimentos, permitindo a aquisição de conhecimento e aplicação de aprendizagem no contexto real.

A partir dessa perspectiva, a experiência é fundamental para o desenvolvimento, fazendo parte de um processo ininterrupto de aprendizagem, presente permanentemente ao

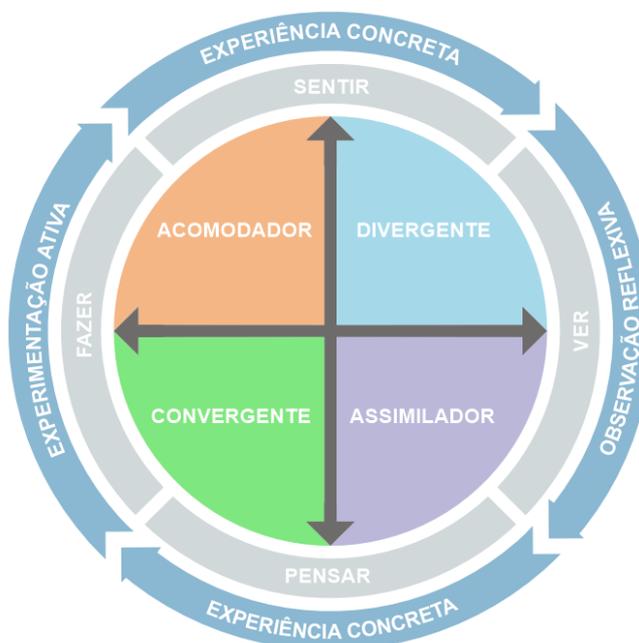
longo da vida do indivíduo. De acordo com o autor, as experiências de aprendizagem levam ao desenvolvimento porque se dirigem a uma meta, um propósito específico de aprendizado. Ou seja, o desenvolvimento só existe na medida em que podem ser refletidos junto a conhecimentos de caráter teórico. Portanto, para o autor associar conhecimento estruturado e conhecimento experiencial é a base para construir uma aprendizagem ativa.

A teoria de aprendizagem de Kolb (1984) salienta quatro distintos estilos de aprendizagem (ou preferências), os quais são baseados em um círculo de aprendizagem de quatro estágios.

Assim, como visto na teoria de inteligência múltiplas de Gardner, Chen e Moran (2009), na proposta de Kolb (1984), as pessoas naturalmente são diferentes e apresentam estilo singular de aprendizagem. Segundo o autor, o reconhecimento dos diversos estilos de aprendizagem pode ajudar as pessoas a melhor aprender um conteúdo, pois conscientiza sobre o seu processo cognitivo, fazendo com que aprendam melhor. Entretanto, o mesmo autor observa ainda que mesmo comumente estudantes preferam um estilo em detrimento dos outros, no processo de aprendizagem, as atividades e o material devem ser desenvolvidos de forma a aproveitar as habilidades de cada estágio do ciclo de aprendizagem experiencial e levar os alunos por todo o processo em sequência. Ou seja, o autor propõe um movimento cíclico passando pelos quatro estilos de aprendizagem.

O processo de aprendizagem, descrito por Kolb (1984), tem como base um ciclo contínuo de quatro estágios: Experiência Concreta - agir, quando se tem uma experiência concreta; Observação Reflexiva - refletir, quando se analisa e pondera; Conceitualização Abstrata - conceituar, ou seja, quando se compara as teorias da análise; e a Experimentação Ativa - Planejamento e experimentação do que se aprendeu.

Figura 11 - Elementos e estilos de aprendizagem e tipos de estudantes segundo Kolb (1984)



Fonte: Adaptado de Kolb (1984).

A partir deste processo, e com a combinação de duas destas dimensões Kolb (1984) propõem quatro estilos de aprendizagem (Figura 11): Divergente (EC e OR), Assimilador (OR e CA), Convergente (CA e EA) e Acomodador (EA e EC). São características destes estilos de aprendizagem:

Divergente: cujo o ponto mais relevante é a imaginação, que confronta as situações por múltiplas perspectivas. Neste estilo de aprendizagem os estudantes propõem alternativas para solução de problemas (Da Paz, 2014). Para a autora essas características convergem com as especificidades em AVA3D, que apresenta elevado potencial de interação e visualização.

Assimilador: que se baseia na criação de modelos teóricos e cujo raciocínio indutivo é a sua ferramenta de trabalho; neste estilo de aprendizagem os estudantes aprendem de forma abstrata (ler livros, fazer críticas, fazer anotações, etc.) não focando no uso prático de teorias aprendidas. Segundo Da Paz (2014), acredita-se que o uso da RV teria pouco impacto positivo baseando-se nas preferências de aprendizagem que diferenciam este estilo dos demais.

Convergente: cujo ponto mais relevante é a aplicação prática das ideias e resolução de problemas. Neste estilo de aprendizagem os estudantes utilizam raciocínio dedutivo. Recebem este nome porque trabalham melhor em situações em que há uma só solução a uma pergunta ou problema. Segundo Da Paz (2014), propõe-se que estudantes com esse estilo de aprendizagem primeiramente possam ter uma noção prévia do conteúdo a ser aprendido e, depois prossiga

para a experimentação, na RV. A autora observa que AVA3D devam ser implantados parcialmente, junto com aulas mais teóricas.

Acomodador: cujo ponto central é a execução. Neste estilo de aprendizagem, o estudante prefere experiências práticas ao invés de uma abordagem teórica. Nesse estilo o estudante prefere fazer aplicação imediata de novas experiências, gosta de resolver problemas por meio de indução, aprende por tentativa e erro e, faz descobertas sem que haja ajuda de professores. Dentre todos os estilos preconizados por esta teoria, são os que mais poderiam se beneficiar com a utilização da tecnologia de Realidade Virtual (Da Paz, 2014).

A partir da associação entre o potencial uso da RV e os estilos de aprendizagem que podem ser potencialmente abrangidos com a aplicação dos recursos de RV em ambientes virtuais de aprendizagem, Da paz (2014) propõe um Quadro 04 com uma síntese do potencial uso da RV e os estilos de aprendizagem de Kolb. A mesma autora pondera que a tecnologia de RV apresenta diferente potencial de uso para cada um dos estilos estudados, mas pode ser potencialmente utilizada em todos.

Quadro 04 - Síntese do potencial uso da RV e os estilos de aprendizagem de Kolb

Estilo	Potencial uso da RV
Divergente	Alto
Assimilador	Baixo
Convergente	Médio
Acomodador	Alto

Fonte: Da Paz (2014, p.2).

A distinção dos estilos de aprendizagem expõe as diversas formas do ser humano de assimilar e processar informações. Essas características representam o perfil que cada um possui com relação à motivação. Kolb (1984) propõe a aprendizagem baseada na motivação interna (condução dentro do aluno) e motivação externa (liderada pelo professor e desempenho) dos alunos. Enquanto Keller (1987) propõe a utilização de um modelo de motivação externa: este modelo é chamado ARCS: Atenção, Relevância, confiança, Satisfação.

2.2.5.2 *Modelo ARCS de Keller*

O Modelo ARCS de Motivação foi desenvolvido como estratégia para compreender as influências sobre a motivação no processo de aprendizagem. Segundo Mustaro (2011), Keller (1987), caracterizou quatro aspectos fundamentais da motivação e as ações/artifícios/condições pertinentes. A autora as especifica da seguinte forma:

- Interesse, relacionado ao estímulo e manutenção da curiosidade do estudante ao longo do processo de aprendizagem, o que envolve basicamente eventos inesperados ou inconsistentes que possam configurar lacunas entre o conhecimento existente e o desejado.
- Relevância, que diz respeito a como uma determinada aprendizagem pode satisfazer as necessidades individuais dos estudantes ou mesmo possibilitar que estes alcancem metas pessoais.
- Expectativa, pertinente à autopercepção do estudante em relação ao controle que este possui sobre seu sucesso numa atividade de cunho educacional.
- Satisfação, que une as motivações intrínsecas dos estudantes às recompensas extrínsecas que estes possam receber.

A partir destes elementos, a compreensão de Keller (1987) configura um modelo em que os conceitos descrevem as circunstâncias motivacionais que requerem estratégias educacionais específicas (MUSTARO, 2011). Neste sentido, segundo a autora, o trabalho de Keller (Apêndice F) pode estabelecer tanto “potenciais obstáculos” à aprendizagem, que exigem o desenvolvimento de soluções, como condições que podem ser melhoradas a partir da adoção de estratégias educacionais, em que serão também classificados as *affordances* levantadas nesta pesquisa.

A proposta de integrar AVA3D no processo de ensino-aprendizagem promove a execução de atividades que muitas vezes não seriam possíveis em um ambiente 2D. Além disso, os estudantes nestes ambientes se beneficiam aumentando os aspectos motivacionais descritos no Modelo ARCS de forma a aprimorar suas habilidades técnicas, a socializar e produzir conhecimento por tarefas com contexto educativo mais ativo e concreto.

2.3 Tarefas educacionais para AVA3D e Taxonomia de Bloom

Nesta pesquisa, compreender os processos de cognição humana, a motivação e os estilos de aprendizagem relacionados a AVA3D foi um importante passo para propor tarefas educacionais adequadas para tais ambientes, pois as teorias educacionais afirmam que os indivíduos possuem preferências de ensino pelas quais as informações são absorvidas e entendidas mais facilmente.

Ressalta-se que as atividades educacionais oferecidas nestes ambientes são frequentemente orientadas a ações, e estas devem ser adequadas para um determinado contexto e perfil pedagógico. Desta forma, um importante passo para a análise de quais tarefas são adequadas para AVA3D é por meio da identificação e declaração dos objetivos pedagógicos, ligados ao desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor do usuário. Um importante instrumento que promove esse processo é a taxonomia proposta por Bloom et al. (1956), que tem como objetivo ajudar no planejamento, organização e controle dos objetivos de aprendizagem. Ressalta-se dois benefícios de se utilizar a taxonomia no contexto educacional que serão utilizados na presente pesquisa e serão implementados no Sistema.

O primeiro é de utilizar a taxonomia como Instrumento dos Educadores, de avaliar se os objetivos educacionais propostos estão resultando no processo de aprendizagem esperado, de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas de seus alunos. Assim, serão propostas tarefas de aprendizagem da mais simples a mais complexas de acordo com a hierarquia dos domínios propostos por Bloom e, para ascender a uma nova categoria é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior. O segundo benefício é que as tarefas propostas pelo S_MAAVA3D possam estimular o desempenho dos alunos, pela observação que para ascender a uma nova categoria de tarefa. É preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades e competências específicas adquiridas nos níveis anteriores. Ressalta-se o uso da Taxonomia de Bloom no processo de Validação do modelo - MAAVA3D e sua implementação dada pelo S_MAAVA3D - descrita no Capítulo 5 desta pesquisa.

Bloom et al. (1956) propõem uma estrutura da aquisição de conhecimento como importante processo na aprendizagem. São divididas em três domínios o Cognitivo, o Afetivo e o Psicomotor. Dentro de cada domínio as categorias são hierarquizadas por complexidade e dependência, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores para serem aprimoradas.

Forehand (2010) aponta que em 2001, Dr. Lorin Anderson, um antigo aluno de Bloom, e seus colegas publicaram uma versão atualizada da Taxonomia de Bloom no Domínio Cognitivo que considera uma gama de fatores que afetam o ensino e a aprendizagem. Segundo a autora essa taxonomia revisada tenta corrigir alguns problemas da taxonomia original. Nesta pesquisa aplicou-se a Taxonomia de Bloom revisada, a qual considera a possibilidade de intercalar as categorias (lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar) do processo cognitivo, quando necessário. A mesma autora ainda destaca que os estudos de Bloom se concentram no Domínio Cognitivos. Para o desenvolvimento do domínio afetivo, que trata dos

interesses, atitudes e sentimentos do aluno, a autora aponta Krathwohl (1964) e Harrow (1972), que desenvolveu estudos na área do domínio psicomotor, que lidam com uma grande variedade de habilidades motoras (Apêndice G).

A presente pesquisa se apoia na Taxonomia de Bloom nos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor, pois entende-se que no processo de aprendizagem em AVA3D o aluno envolve-se em uma dinâmica além dos conteúdos para a aquisição de conhecimento, abrangendo sua capacidade: cognitiva, motora, afetiva, de relação interpessoal e de inserção social.

2.6.1 Classificação das Tarefas

Para entendimento e elaboração das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D, propõem-se uma disposição das tarefas de aprendizagem apoiadas na classificação de conteúdos de ensino proposto por Zabala (1998). O autor cita quatro tipos de conteúdo de aprendizagens: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais. Nesta pesquisa (Quadro 05) relacionam-se os tipos de conteúdo de Zabala com Tarefas de Aprendizagem AVA3D, em que domínio pertence a taxonomia de Bloom, podendo assim fazer a distinção para qual ambiente o tipo de tarefa é pertinente, portanto para ambientes virtuais com ênfase em educação ou treinamento.

1. Conteúdos Factuais - compreendem o conhecimento de fatos, acontecimentos, situações, dados e fenômenos concretos e singulares. São conteúdos com estratégias de aprendizagem simples pelas atividades de cópia, repetição verbal, memorização e associações, por conta disso, caem no esquecimento com mais facilidade.

2. Conteúdos Conceituais - diz respeito a atividades cognoscitivas do aluno para realmente conhecer conceitos e princípios. Envolve atividades experimentos que promovam elevada atividade mental e que suponham desafio (elaboração e construção pessoal do conceito). Pode-se constatar o que foi aprendido quando o aluno é capaz de utilizá-los para interpretar, compreender ou expor um fenômeno ou situação.

3. Conteúdos Procedimentais - diz respeito às atividades baseadas em ações (desenhar, ler mapas ou gráficos, medir). As estratégias de aprendizagem dos conteúdos consistem na execução compreensiva e nas repetições contextualizadas e significativas e não mecânicas. Realizar-se a partir da apresentação de um modelo apresentado, sendo seguida da aplicação destas ações ou atividades em contextos similares e/ou diferenciados. Pode-se constatar o que

foi aprendido quando o aluno é capaz de realizar as ações, exercitação múltipla e reflexões; possui uma aprendizagem diferenciada. •Ex.: escrever, ler, desenhar, calcular, traduzir, saltar.

4. Conteúdos Atitudinais – O termo conteúdos atitudinais engloba valores, normas e atitudes. Pode-se desenvolver os conteúdos atitudinais em momentos de socialização de perguntas e respostas das atividades. Podendo realiza-se a partir da interiorização dos princípios e emissão de um juízo. Por meio de atuações/ações de cooperação, auxílio e participação.

Quadro 5 - Classificação dos Conteúdos de Ensino segundo Zabala (1998), classificação das Tarefas de Aprendizagem para AVA3D

Conteúdos de Ensino	Tarefas de Aprendizagem AVA3D	Domínio Taxonomia de Bloom	Ênfase
Factuais	Memorização e associações	Cognitivo	Treinamento/Educação
Conceituais	Experimentos	Cognitivo e Psicomotor	Treinamento/Educação
Procedimentais	Desafios e Experiências Práticas	Cognitivo e Psicomotor	Treinamento/Educação
Atitudinais	Experiências e socialização	Cognitivo, afetivo e Psicomotor	Educacionais

Fonte: A autora.

Conforme visto anteriormente a cognição humana apresenta-se como uma capacidade humana de absorver conhecimento e depende da estrutura dos processos de memória e de uma série de fatores para que o novo conhecimento seja estabelecido. Observa-se que AVA3D são ambientes voltados a ações que conduzem a procedimentos práticos e que ao se relacionarem com experiências de socialização e afetivas podem possibilitar uma aprendizagem mais efetiva.

Para isso, são propostas tarefas cognitivas e psicomotoras baseadas nas diversas teorias pedagógicas apropriadas para estes ambientes de forma a permitir ao usuário a interação necessária, respeitando os processos de assimilação de acordo com cada perfil cognitivo de forma que o usuário possa tomar decisões, participar, experimentar e experienciar o conhecimento.

Da mesma forma são propostas tarefas de socialização que estimulem o diálogo e que gerem a participação ativa de seus membros, ou mesmo a proposta de desenvolver ferramentas que promovam o acompanhamento e visualização do desempenho do próprio usuário fundamentais nos processos de metacognição e para auxiliar a construção do conhecimento. Ressalta-se que as tarefas propostas pelo MAAVA3D são de um nível de abstração maior, servindo, portanto, como uma orientação para o professor elaborar ações específicas conforme o que ele deseja ensinar. Ou seja, devem ser adaptadas ao domínio específico a que o AVA3D pertence.

2.4 *Affordances* educacionais para AVA3D

Neste item são abordados os conceitos básicos sobre *affordance* e apresentados os resultados da revisão sistemática sobre *Affordances* para AVA3D com ênfase em educação e treinamento. A partir disso, se propõe um conjunto de oito *affordances* como elementos facilitadores na aprendizagem: a de Conhecimento Espacial, de Aprendizagem experiencial e *affordance* contextualizada, de Personalização, a Social, a *affordance* temporal, a da encontrabilidade (*findability*) da informação e pôr fim a semiótica. Ressalta-se que a *Affordance* é o elemento de ligação entre os conceitos fundamentais para a estruturação do MAAVA 3D.

2.4.1 *Conceitos básicos de affordance*

Affordance é um termo proveniente do inglês, sem tradução para o português. Seu sentido descende do verbo em inglês *to Afford*, que pode significar proporcionar, dar, dispor, etc., dependendo do contexto, e do adjetivo “affordable” que significa acessível. O substantivo *Affordance* tem sua definição ancorada na possibilidade de uma ação em um objeto ou ambiente. O termo foi apresentado pela primeira vez por James Jerome Gibson, psicólogo do campo da percepção visual, descrevendo a relação do homem com o ambiente e mostrando como a percepção visual e a cognição trabalham juntas formando inferências sobre possibilidades de ações contidas em objetos dispersos no ambiente (HOCHBERG; GIBSON, 1994).

O psicólogo James J. Gibson (1977) propôs que as informações disponíveis para o usuário oferecem uma ligação direta entre percepção/ação e contribui para um a interação dinâmica com o meio. Desta forma, a maneira de perceber o mundo é orientada e designada para as ações sobre ele. Por exemplo, no ambiente humano, um piso possibilita locomoção, um copo proporciona beber água e assim por diante. Porém, o fato de um objeto ser usado com uma função, não significa que não há possibilidade de ser usado de outras maneiras. Por exemplo, uma cadeira possibilita sentar-se, porém pode ser usada como escada para trocar uma lâmpada, ou talvez, possa ser percebida como uma mesa por uma criança.

Assim, as interações podem ser determinadas conforme as características do indivíduo (altura, peso, postura, etc.) e também suas capacidades físicas, como força e produção de movimento. É igualmente um fato do ambiente e um fato do comportamento. É físico e psíquico, mas tampouco. Gibson (2014) propõem desta forma que uma *affordance* aponta para ambos os lados, para o ambiente e para o observador. Segundo o mesmo autor, as *affordances*

existem como oportunidades sejam utilizadas ou não. Neste sentido, quando o usuário percebe as *affordances*, percebe a si mesmo, ou seja, ao vislumbrar as possibilidades de ação dentro de um determinado ambiente, distingue suas próprias capacidades físicas e intelectuais.

Portanto, a conduta do indivíduo perante uma *affordance* dependerá da interação dele com o ambiente, de conhecimentos prévios e do poder de dedução dentre outras características. Ao afirmar que a percepção é a captação de *affordances* e que estes podem ser diretamente percebidos articula que durante o ato perceptivo, não são as qualidades ou as propriedades do ambiente que são captadas, mas as possibilidades de ação. O autor ressalta o termo *affordance* como forma de tornar clara a utilidade dos elementos e aponta que são possibilidades de ação no ambiente em relação às capacidades de ação de um indivíduo.

Donald Norman (1999), guiado pelo trabalho de Gibson (1977), adaptou o conceito de *affordance* com os princípios inspirados pela ciência cognitiva. Porém, as aplicações destes conceitos para Norman são diferentes de seu precursor, pois enfatiza a *affordance* como uma maneira de melhorar a usabilidade dos objetos do cotidiano e interfaces, incluindo ambientes digitais de aprendizagem.

Norman propõe que a aparência física de objetos deve sugerir possíveis ações para o usuário como forma de os deixar mais explícitos e facilmente percebidos pelos usuários. Com isso, a finalidade do autor seria a de aproveitar a experiência prévia do usuário ao manipular objetos físicos e deduzir suas funcionalidades, e trazer essa dinâmica para o âmbito das interfaces digitais a fim de contribuir para uma usabilidade adequada. Norman (1999) exemplifica que se no mundo físico uma pessoa reconhece que um botão pode ser pressionado pelo seu formato e características físicas, então se desejar, numa interface, mostrar ao usuário que algo é clicável, deve-se deixar claro pelas características que indicam que aquilo é clicável – o que pode ser feito pelo uso de sombras, relevo, volume e outros efeitos visuais.

Assim, um objeto em que a interface se comporte de forma consistente com as expectativas do usuário pode propiciar uma maior interação. Desta forma, como nos objetos do cotidiano, em um AVA3D, cada um dos elementos deve aparentar o seu comportamento. O usuário deve ser capaz de prever como um elemento na interface vai se comportar, apenas olhando para ele. Se no ambiente há um interruptor, ao acioná-lo o usuário deverá receber as repostas que este objeto oferece, ou seja, o acionamento da luz.

Assim, também no desenvolvimento de AVA3D, deve-se levar em conta princípios de design e usabilidade, de forma que os usuários sejam capazes de detectar mais facilmente uma oportunidade disponível no ambiente projetado e usá-lo com consistência para o que ele oferece. Ou seja, o ambiente deve disponibilizar sugestões ou pistas sobre como usar as

propriedades do objeto de forma a tornar a interação mais intuitiva. A usabilidade aplicada a estes ambientes torna visível a sua utilidade, ou seja, as possibilidades de ação do indivíduo, neste caso, caracterizando uma situação de *affordance*.

Segundo Rocha (2014) a aplicação do conceito de Norman nos projetos de interfaces ganhou uma repercussão proporcional às incorreções em seus termos por outros autores da área. O autor menciona o texto "Princípios Universais do Design" de Lidwell et al. (2010, p. 22), que sugerem a *affordance* como uma propriedade do objeto em si, sem qualquer relação com o usuário: "As rodas circulares são mais bem adaptadas do que as quadradas na hora de girar; logo, dizemos que as circulares têm mais recursos para rolar, ou seja, mais *affordance* (adequação)". Nesse caso, a circularidade da roda independe de qualquer participação do usuário, do mesmo modo que a reflexibilidade do espelho. Rocha (2014) aponta que essa conceituação errônea ressalta exclusivamente as propriedades do objeto e não as relações de ação que se estabelecem com o usuário.

Isso levou Norman (1999) a elucidar o emprego do conceito, enfocando a relação com o objeto, e criando uma categoria específica chamada de "*affordances* percebidas" que, segundo o autor, são como pistas para as possíveis ações de um objeto e distingue-se das "*affordances* reais", pois estas referem-se às características físicas dos objetos e como elas indicam o que pode ser feito. No entanto, a proposta de Norman é que se um elemento possui ações implícitas a ele, o designer deve deixar essas ações visíveis para o usuário. Ele deve fazer com que a *affordance* seja percebida e é aí que entra a diferença entre *affordance* real e *affordance* percebida.

Assim, o termo *affordance* cunhado por Gibson (1977 e 2014), apreende uma relação única e espontânea entre o indivíduo e o meio ambiente e existe por si só, independentemente de ser percebida ou não. Porém o termo para Norman (1999), torna-se um pouco diferente desta concepção. O autor assinala que *affordance* são indícios presentes no objeto que, pela percepção imediata indicam pistas de sua função e uso. Ele exemplifica ao colocar que uma porta mal desenhada é uma porta "enigmática" pois não sabe-se se deve-se puxar ou empurrar. Estes conceitos podem ser transpostos para ambientes de Realidade Virtual, pois em tais ambiente há a necessidade de simulação de comportamento físico de objetos que o compõe. Assim, por exemplo, em uma interação o usuário, por meio de dispositivos especiais multissensoriais, seja capaz de detectar uma colisão com uma porta fechada.

Desta forma, para Norman (1999), uma, um *affordance* consiste em uma faceta da concepção de um objeto e que sugere, a partir das informações especificadas, como este deve ser usado. O conceito de "*affordance* percebida" propõe a distinção de características que os

designers manipulam para tornar o ambiente mais facilmente perceptível. Desta forma, são percebidas as ações que podem ser realizadas e sinalizam ao usuário como elas podem ser realizadas. Norman expandiu o termo como uma ferramenta conceitual para discutir o projeto de sistemas interativos, incluindo os ambientes de aprendizagem.

Como visto, a distinção entre Gibson (1977 e 2014) e Norman (1999) na definição de *affordances* determina se o termo abrange usabilidade ou apenas utilidade. Nas referências e características apontadas por Gibson a respeito do objeto em relação ao usuário, trata de uma questão de utilidade. Enquanto para Norman a ênfase destas relações encontra-se na facilidade com que as pessoas lidam com o objeto a fim de realizar uma determinada tarefa, ou seja, a sua usabilidade e não apenas seu valor utilitário.

Seguindo essa mudança, definições diferentes para *affordance* têm surgido, como aponta Dalgarno (2010), sendo que se tornou um termo popular em círculos educacionais, principalmente a utilização de seu conceito na concepção de ambientes de aprendizagem.

A partir da organização das informações levantadas pela Revisão Sistemática sobre as *affordances* educacionais para AVA3D, foram feitas associações baseadas na percepção dos pesquisadores entre as possíveis potencialidades/características do AVA3D, os diferentes estilos de aprendizagem dos indivíduos e as heurísticas de usabilidades para tais ambientes. Essas associações estão contidas nos Apêndices H, I e F desta pesquisa.

O planejamento e a condução da Revisão Sistemática são apresentados no Apêndice E da presente pesquisa e os resultados são apresentados na seção. O objetivo foi identificar estudos relacionados as principais *affordances* educacionais para AVA3D.

2.4.2 Resultados da Revisão Sistemática sobre Affordances

A concepção de *affordance*, nesta pesquisa, adquiriu um significado que se relaciona com “a busca de expressar as propriedades de um ambiente de aprendizagem que em interação com um indivíduo aumenta o potencial de aprendizagem” (KIRSCHNER, 2002, p. 14). Ou seja, para o autor, o termo *affordances* em um contexto educacional expressa características de um artefato que determinam se e como um comportamento de aprendizagem particular poderia ser promulgada dentro de um determinado contexto.

Dalgarno e Lee (2010) ainda estabelece que as *affordances* educacionais podem ser definidas como as relações entre as propriedades de uma intervenção educativa e as características do aluno ou grupo de aprendizagem que permitem que determinados tipos de comportamento aprendizagem sejam promulgadas.

A respeito destas relações, Girvan e Savage (2012) apontam que as possibilidades de ação podem variar de acordo com as características e desenvolvimento do aluno ou grupo de aprendizagem, e observa que para fins educacionais, a combinação das possibilidades de ação de uma tecnologia que dão origem às *affordances* educacionais percebidas pelos usuários.

Essas características variam também conforme o modo de aprendizagem individual, e conectando-as a características dos AVA3D (interativa, ilustrativa e informativa) ajudam o indivíduo a descobrir, explorar e construir o seu próprio conhecimento conforme as suas preferências de aprendizagem (BRAGA, 2001).

Desta forma, a seguir está um resumo dos artigos que relacionam as propriedades do ambiente que em interação com o usuário facilitam tarefas na aprendizagem tanto nas ênfases de treinamento quanto em educação.

Yang, Li e Huang (2014) propõem um modelo de *affordance* que facilite o design da interface visual para configurações de desktop em experiência virtual para ambientes de aprendizagem tridimensionais. Os autores aplicam a um experimento virtual de física desenvolvido pela Universidade de Jilin, localizada na China, como um exemplo para ilustrar as abordagens conceituais da pesquisa e investiga o projeto de interface visual em uma plataforma de aprendizagem virtual.

Ainda segundo os mesmos autores, a *affordance* fornece um método de medida possível para a interface visual em ambientes virtuais por exibir organização da informação, arranjo e apresentação não só em uma esquemática função, mas também permitem aos alunos saber onde exatamente eles podem clicar, arrastar e operar nos sistemas de aprendizagem. Mais importante ainda, a *affordance* vê o comportamento operacional dos usuários, a cognição emocional e a experiência de aprendizagem como uma parte central de todo o processo de design, o que poderia chegar a um consenso com o melhor estado de aprendizagem dos indivíduos.

Shun et al. (2015), abordam primeiramente a estrutura subjacente que se baseia na ideia de *Intelligent Tutoring Systems* (ITS) e instituem um modelo de emoção simplificado para avaliar a eficácia do *feedback* atraente para a personalidade de aprendizagem do usuário usando um sistema dinâmico interno *feedback* tipo *loop*. Segundo os autores, a estrutura proposta de agente de personalidade complementar (CPA) se concentra na previsão e avaliação da personalidade de aprendizagem do usuário, derivando informações da interação do usuário, combinando-as com traços de personalidade de aprendizagem (dependentes ou independentes) e regulam o feedback de aprendizagem.

Shun et al. (2015) concluem que um dos principais obstáculos que impedem a aprendizagem eficaz é o desenvolvimento de emoções negativas, como a ansiedade quando

confrontados com tarefas além de sua capacidade de aprendizagem. Em situações contrárias, alguns alunos são independentes, possuem auto eficácia suficiente e preferem desafios. Ao avaliar e combinar *feedback* construído para complementar as personalidades de aprendizagem, um ambiente virtual de aprendizagem pode melhor modificar tarefas, lembretes e conselhos para atender uma variedade de alunos com diferentes perfis de aprendizagem.

Rajaei (2011) aponta que apesar dos vastos avanços tecnológicos, há desafios significativos que sugerem uma pesquisa mais aprofundada para garantir que os ambientes virtuais de aprendizagem sejam tão adequados ou mesmo melhor, por exemplo, do que já existe na sala de aula física. O autor observa, que na sala de aula física há comunicações bidirecionais entre os instrutores e os alunos, e que esta comunicação se estabelece muitas vezes pelos contatos oculares entre o instrutor e o aluno. Essa ação permite que participações ativas dos alunos sejam encorajadas, ampliando a capacidade de comunicação e o sentimento de presença.

A partir disso, Rajaei (2011) observa que o uso de avatares passivos, ou seja, que não apresentam informações sobre o estado emocional do usuário ou expressões faciais, pode dificultar o processo de aprendizagem, pela dureza nas interações. Observa ainda que a pessoa por trás de um avatar passivo é complexo de ser identificada e distinguida entre estranhos e usuários familiares.

O autor ainda levanta em sua pesquisa uma série de soluções para ambientes virtuais de aprendizagem existentes. Para isso, o autor examina vários sistemas existentes e compara suas características. Os critérios para comparar os casos selecionados incluem:

- Escalabilidade: a capacidade de um ambiente virtual para um elevado número de usuários.
- Representação: como o usuário é representado no Ambiente, seja por um avatar ou vídeo.
- Expressões faciais: mede se o usuário pode mostrar suas expressões faciais enquanto interagem com os outros.
- Consciência social: mostra se o usuário pode se comunicar e interagir facilmente com outros usuários no Ambiente, e pode ter algumas relações sociais.
- Arquitetura Tecnológica: ilustra a tecnologia Arquitetura baseada no ambiente como: Grid, *Peer-to-Peer*, Cliente-Servidor ou Multi-Servidores.
- Comunicação síncrona: tipos de comunicação utilizados, tais como: chat, vídeo ou áudio.
- Interface do usuário: tipo de interação do usuário, seja por meio de uma tela, teclado, mouse, joystick, óculos de proteção, Luvas, caneta de luz, câmera web ou logon.

- Disponibilidade: explica se o ambiente virtual está disponível para uso público, ou é limitado para Institutos e laboratórios.
- Compatibilidade: esclarece se o ambiente pode ser usado no PC, MAC ou Microsoft Xbox, ou requer Hardware especial.
- Acessibilidade: mede se o sistema é Commodity e barato, tais exigindo PC, Webcam e uma conexão com a Internet, ou em contraste requer equipamentos especiais caros.
- Público-alvo: especifica os usuários segmentados e Público, p. Soldados, estudantes, crianças ou médicos.
- Área de aplicação: mostra a área de aplicação e o Público do meio ambiente, tais como: militar, Educação, indústria ou saúde.

Já Bower (2006) propõe um estudo sobre estratégias pedagógicas de uma sala de aula virtual para facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Primeiramente ele faz um levantamento a respeito de qual pedagogia é apropriada para mundos virtuais e escolhe uma plataforma que se adequasse ao resultado desta pesquisa. Após a escolha da plataforma na pesquisa foram levantadas questões relevantes para facilitar a aprendizagem como: Domínio específico, Práticas pedagógicas trabalho em grupo e desenvolvimento de competências dos estudantes.

Para Bower (2006) as competências em AVA3D incluem a capacidade do aluno de fazer *logon* e ajustar a sua configuração de acordo com a sua largura de banda, usar o chat de texto, usar as ferramentas de quadro branco, transmitir sua voz / webcam, fazer download de arquivos e upload de arquivos, compartilhar sua tela e controle remoto da tela de outros.

Bower (2006) observa que apresentar todas as funcionalidades do ambiente na primeira aula pode prejudicar o aprendizado do conteúdo real do curso, aumentando a sobrecarga cognitiva sobre os alunos. Assim, ele propõe uma abordagem gradual e natural para o desenvolvimento de competências em sala de aula virtual. O autor observa ainda que se deve evitar atividades que exigem que os alunos utilizem altos níveis de competência na sala de aula virtual, devendo incorporar níveis passivos de envolvimento do aluno (receber informação, *Downloading*, e comunicações da ordem mais baixa tais como ferramentas de bate-papo textuais).

Gross (2005) observa que sua pesquisa sugere que a correta realização de recursos pode ser percebida transversalmente, em particular o cruzamento entre o sistema visual e outros sistemas sensoriais. Isso representa um problema para o Ambiente Virtual e o design, porque,

embora a estimulação de proprioceptores e interceptores seja necessária para a realização de algumas distorções, existem poucos meios confiáveis e econômicos de fornecer esses sinais.

2.4.3 Tipos de *affordance* para AVA3D

Como base para a identificação de *affordances* em AVA3D foi utilizada a obra de Dalgarno e Lee (2010) em que foram identificadas as primeiras cinco *affordances* educacionais; no trabalho de Bower (2008) e Conn (1995) foi identificada a *affordance* temporal como elemento facilitador na aprendizagem; e em Trindade (2016) foi identificada a *affordance* como artifício para facilitar a busca (*findability*) da informação.

2.4.3.1 *Affordance* para Conhecimento Espacial (AF1)

Ambientes virtuais têm o potencial de proporcionar ao usuário a impressão de não somente estar dentro do ambiente artificial, mas também o de “estar habilitado, com a capacidade de navegar no mesmo, interagindo com seus objetos de maneira intuitiva e natural” (CARDOSO et al., 2007). Essa capacidade de interação e navegação neste ambiente computacional tridimensional proporciona um senso melhorado da percepção espacial, realismo e um maior senso de presença em comparação a ambientes não-tridimensionais.

A *Affordance* para o Conhecimento Espacial relaciona-se com as ações corporal-cinestésicas e de propriocepção nos AVA3D, e inclui a habilidade de reconhecer a própria localização espacial do corpo, sua posição e orientação, a força exercida pelos músculos e a posição de cada parte do corpo em relação aos demais objetos, sem utilizar a visão.

A respeito da percepção espacial, Aumont (1993) lembra que a ideia do espaço está vinculada ao corpo e a seu deslocamento. O conceito de espaço é, pois, de origem tátil, visual e cinética, entendida aqui como uma linguagem do corpo, incluindo gestos, movimentos do corpo, expressões faciais, movimentos oculares e postura. Assim, a percepção do espaço ou ambiente requer a percepção sensível, e a linguagem do corpo, a experiência do corpo é explorada ao se explorar o espaço.

Sérgio Basbaum (2005) acrescenta que a cultura digital contemporânea parece estar retomando modelos sinestésicos de percepção, ou seja, pessoas que expostas a um estímulo relacionado a uma determinada modalidade sensorial experimentam uma sensação em uma modalidade diversa, o que se dá pelas relações subjetivas que se estabelecem entre uma

percepção e outra pertencente a um sentido diferente, por exemplo, um som que evoca uma imagem, um aroma que evoca uma cor.

Dias, Dos Santos Machado e De Moraes (2009) apontam que a RV pode ser de significativa utilidade nesse processo educacional, como por exemplo, pela visualização tridimensional que, adequadamente aplicada pode oferecer uma percepção bem mais clara da disposição dos elementos no espaço em relação aos meios convencionais.

Herrero e Antônio (2003) tratam de modelos 3D, enfocando o modelo sinestésico de percepção auditiva semelhante à humana para agentes virtuais inteligentes incorporados em um ambiente virtual interativo em 3D. Com isso, eles queriam averiguar se seria possível relacionar o modelo espacial de interação com o objetivo de analisar os fatores que tornam o modelo perceptivo-auditivo mais realista com o intuito de tornar os agentes do sistema mais conscientes de seu retorno. Portanto, a contribuição do estudo é pertinente ao conjunto de ferramentas para dotar os agentes virtuais interativos de percepção auditiva análoga a humana, a partir das informações relacionadas com a posição física de objetos no ambiente sintético 3D.

Dalgarno e Lee (2010) observam que essa capacidade humana de se mover livremente em torno de AVA3D, visualizá-lo a partir de qualquer posição e manipular objetos dentro dele tem o potencial de auxiliar também no desenvolvimento do conhecimento espacial do ambiente real. Assim, os autores propõem que o AVA3D pode ser usado para facilitar as tarefas de aprendizagem que levam ao desenvolvimento de uma maior representação do conhecimento espacial do domínio explorado.

De França Ferreira (2004) aponta que tais ambientes criam mecanismos simulados nos quais o usuário pode interagir, portando graficamente informação que de outra forma não seria perceptível para ele. Ao variar o grau de informação visual e cinética que é apresentada ao usuário se poderá elucidar os processos cognitivos subjacentes à execução de tarefas complexas. Assim, as habilidades espaciais dos usuários dentro do sistema permitem a ação efetiva com os objetos no ambiente ao mesmo tempo que resultam na construção e aquisição de conhecimento a partir da experiência.

Desta forma, o mapeamento espacial do ambiente fornece uma representação detalhada de superfícies reais do ambiente permitindo que os desenvolvedores criem uma experiência convincente. Em ambientes tridimensionais interativos, os dispositivos de captura para este tipo de mapeamento geralmente utilizam feixes de luz infravermelho para detectar as superfícies do ambiente ao seu entorno, como por exemplo o Kinect e o HoloLens, ambos da Microsoft. Outra forma de fazer o mapeamento espacial é por câmeras de profundidade como a RealSense da

Intel e a Zed da StereoLabs que usam lentes binoculares e sensores de alta resolução para medir a distância entre a própria câmera e os objetos ao seu redor.

2.4.3.2 *Affordance para Aprendizagem Experiencial (AF2)*

Em aplicações que utilizam a tecnologia de Realidade Virtual para melhorar o processo de aprendizagem é possível desenvolver atividades autênticas, por visualização e interação com os objetos virtuais. Essa interação pode ocorrer na execução de tarefas que seria impraticável realizar no mundo real, por exemplo, devido a sua periculosidade ou por ser muito dispendiosa. Estas propriedades tornam a tecnologia de Realidade Virtual, como uma fonte cognitiva de informações e proporciona uma aprendizagem baseada na aquisição do conhecimento obtido pelos sentidos, da experiência.

A segunda *Affordance* proposta por Dalgarno e Lee (2010) podem ser denominada de *Affordance para Aprendizagem Experiencial (AAE)*. Assim, segundo os autores, nesses ambientes os elementos virtuais precisam enviar estímulos para o usuário de modo que ele os perceba utilizando o maior número possível de sentidos. Estabelecendo ao usuário, sensações reais de pertencer ou interagir com elementos que só existem virtualmente; por razão da interação ser dinâmica, e também pela variedade de formas de comunicação, seja pela linguagem textual, oral, gráfica ou gestual.

A *Affordance para Aprendizagem Experiencial* pode ser reconhecida em ambientes virtuais para treinamento e instrução de pilotos onde o desenvolvedor do sistema projeta uma cabine imitando uma aeronave real, com todos os controles necessários para que o usuário se sinta imerso no ambiente de instrução de voo. Assim, nestes equipamentos são simulados os efeitos sonoros, as sinalizações luminosas e visuais que envolvem o usuário em suas percepções e estímulos abarcando seus sentidos. Segundo Boril et al. (2016) os perfis de voo em uma aeronave real não se comparam a capacidade do simulador para treinar pilotos para reconhecimento e recuperação em situações inesperadas.

2.4.3.3 *Affordance - Personalização (AF3)*

A proposta para uma aprendizagem personalizada é da adaptação dos ambientes de aprendizagem para atender às necessidades, aspirações e perfil do usuário, muitas vezes por meio de estratégias pedagógicas que melhor se adaptem ao seu perfil cognitivo.

Santos e Tarouco (2007) observam que estudantes com maior nível de conhecimento sobre um determinado assunto e com grau maior de orientação espacial possuem maiores condições de organizar e processar seu próprio conhecimento ao interagir com o assunto. Este exemplo ilustra a importância tanto de se adaptar o ritmo do ensino ao ritmo de aprendizagem do aluno quanto adaptar o ensino ao nível inicial de expertise do aluno.

Nesta pesquisa, a personalização do ambiente encontra-se sob duas vertentes. Uma em que considera as formas distintas de aprender e processar informação, e desta forma propor tarefas adequadas a cada situação educacional; como também, na individualização do usuário pela personalização do avatar.

Dalgarno e Lee (2010) propõem a *affordance* da personalização do usuário que pode ser usada para facilitar as tarefas de aprendizagem que levam ao aumento da motivação intrínseca e engajamento nas atividades propostas. Segundo eles, os ambientes tridimensionais oferecem transparência na representação do conhecimento, o que permite que os alunos abordem conceitos como experiências de "primeira pessoa", em contraste com a maioria dos casos em que a informação é codificada e representada como experiências de terceira pessoa.

Essa experiência de "primeira pessoa" muitas vezes é dada por avatares. Dalgarno e Lee (2010) sugerem que em ambientes 3D, mesmo usuários geograficamente dispersos podem explorar um ambiente simultaneamente, cada um representado por um personagem substituto ou avatar visível.

Além disso, Rajaei e Aldhalaan (2011) apontam que apesar dos vastos avanços tecnológicos, há desafios significativos que sugerem uma pesquisa mais aprofundada para garantir que os ambientes virtuais de aprendizagem apresentem a mesma qualidade ou sejam ainda melhores, por exemplo, do que já existe na sala de aula física. Os autores observam que na sala de aula física há comunicações bidirecionais entre os instrutores e os alunos, e que esta comunicação se estabelece muitas vezes pelos contatos oculares entre o instrutor e o aluno. Essa ação permite que participações ativas dos alunos sejam encorajadas, ampliando a capacidade de comunicação e o sentimento de presença.

A partir disso, Rajaei e Aldhalaan (2011) observam que o uso de avatares passivos, ou seja, que não apresentam informações sobre o estado emocional do usuário ou expressões faciais, pode dificultar o processo de aprendizagem, pela dureza nas interações. Observam ainda que, a pessoa por trás de um avatar passivo é difícil de ser identificada e distinguida entre estranhos e usuários familiares.

Com isso, Rajaei e Aldhalaan (2011) propõem que personalizar o avatar pelo mapeamento do rosto do usuário é um dos componentes necessários para melhorar as interações

e senso de presença em AVA3D. Os autores propõem que isso pode ser feito por meio, de vídeos síncronos de seus usuários flutuando sobre suas cabeças, girando a imagem quando o avatar girar ou mover-se de forma a revelar as emoções do usuário.

Ressaltando que, graças a personalização e as propriedades únicas de AVA3D, o usuário tem acesso a um novo tipo de experiência impactante, pois há mais facilidade de memorização de aspectos quando se presencia (experiência sensorial) do que quando apenas se assiste (experiência audiovisual).

2.3.3.4 *Affordance Aprendizagem Contextualizada (AF4)*

Contextualização é a ação de vincular o conhecimento à sua origem e à sua aplicação. Desta forma, na aprendizagem contextualizada é importante definir o tratamento a ser dado ao conteúdo e, depois, tomar as decisões didáticas e metodológicas necessárias para que o ambiente de aprendizagem contextualizada seja significativa.

Dalgarno e Lee (2010) propõem que em AVA3D pode ser utilizado para facilitar tarefas de aprendizagem que conduzam a uma melhor transferência de conhecimentos e competências para situações reais pela contextualização da aprendizagem.

Desta forma, argumentam que haverá uma aplicação mais real se os conhecimentos e habilidades adquiridas no ambiente de aprendizagem forem modelados no contexto em que o conhecimento é esperado para ser aplicado. Dalgarno e Lee (2010) ressaltam que especificamente, como as tecnologias 3D podem fornecer níveis de realismo visual, sensorial e interatividade consistentes com o mundo real, as ideias aprendidas dentro de uma AVA3D devem ser mais facilmente lembradas e aplicadas dentro do ambiente real correspondente.

Pode-se elucidar a *affordance* contextualizada no trabalho de Dias et al. (2011). Os autores propõem um sistema AVed (ver capítulo 2) de visualização imersivo e interativo de moléculas 3D. O sistema é baseado em uma estrutura de multiprojeção, a MiniCAVE, a qual é baseada em aglomerados gráficos e, como interface de interação com o ambiente virtual utiliza um controle não convencional, o Kinect.

Em AVtr (ver capítulo 2) na área da saúde, Nunes e Costa (2008), ressaltam que para que o usuário perceba a aplicação de forma contextualizada e crie a sensação de presença é fundamental que se estabeleçam alguns pré-requisitos:

- Qualidade dos objetos tridimensionais – os objetos que compõem o mundo virtual devem ser similares aos objetos reais em relação a cores, volumes, texturas, atividades e comportamentos.

- Correlação espacial entre objetos físicos e virtuais – as proporções de tamanho e localização de objetos no mundo virtual devem ser observadas a fim de que representem com propriedade o mundo real.
- Controle realista da interação – as ações nos AVA3D devem considerar o comportamento físico dos objetos e pessoas.
- Uso simultâneo de diversos dispositivos – a demanda de tempo de processamento e a definição dos limites de influência de cada dispositivo são pontos estratégicos que devem ser planejados tecnicamente.
- Aspectos ergonômicos – a modelagem de objetos e a inclusão de dispositivos não convencionais devem considerar a usabilidade da aplicação.

2.4.3.5 *Affordance Social (AF5)*

Bower (2008) aponta que as *Affordances* Sociais são aspectos do ambiente de aprendizagem que fornecem elementos facilitadores de interações sociais contextuais, dadas pelas diversas ferramentas de comunicação sendo elas síncronas ou assíncronas. Dalgarno e Lee (2010) discutem a possibilidade de combinar as propriedades destes ambientes com as capacidades das ferramentas de comunicação mediadas por computador para promover a aprendizagem mais colaborativa.

Segundo os mesmos autores, estes ambientes permitem que os alunos se envolvam simultaneamente em tarefas compartilhadas. Por exemplo, multiusuários operando sobre os mesmos objetos virtuais e produzindo artefatos, ou desenvolvendo tarefas em conjunto. Os autores observam ainda que estas práticas podem abrir caminho para experiências ricas e verdadeiramente colaborativas que promovam a interdependência positiva dentro de um grupo de aprendizagem.

Assim, nestes ambientes a colaboração é necessária e pode ser enriquecida quando baseada dentro de uma comunidade de aprendizagem, que promova a compreensão individual dos conteúdos e a participação dos alunos expondo seus pontos de vista.

Um exemplo desta *affordance* é o já citado Second Life. Trata-se de um ambiente virtual online que ao contrário dos jogos, não emprega um conjunto de regras e objetivos a serem cumpridos, tendo seu foco voltado para as relações sociais entre os usuários. Autores como Harris et al. (2009) apresentam discussões sobre as implicações para as teorias da interação social virtual, bem como o uso do Second Life como uma plataforma de pesquisa em ciências sociais.

2.4.3.6 *Affordance Temporal (AF6)*

Filippo (2007) expõe que uma das formas de classificar ambientes colaborativos baseados na tecnologia de Realidade Virtual é a partir da noção de tempo. A autora observa que o eixo do tempo indica se os participantes interagem de maneira síncrona ou assíncrona. Desta forma, segundo ela, quando os interlocutores precisam estar simultaneamente conectados ao ambiente para que a colaboração se efetive, o sistema é considerado síncrono. Quando esta simultaneidade não for necessária, o sistema é considerado assíncrono.

Filippo (2007) ainda observa que tais sistemas ainda apresentam uma série de desafios em seu desenvolvimento. Principalmente desafios são relacionados ao uso de recursos de rede, ao processamento gráfico em tempo real e à sincronização de visão em aplicações multiusuários, devido a necessidade de renderizar várias vezes a mesma cena do ponto de vista de cada usuário.

Assim, observa-se que o tempo de resposta é um fator importante nestes ambientes. Conn (1995) identifica a *Affordance Temporal* como elemento facilitador na aprendizagem; com isso o autor propõe que quando os atrasos não são compreendidos, podem causar comportamento disfuncional.

Bower (2008) observa que a *Affordance Temporal* ainda indica a possibilidade de acesso a qualquer momento em qualquer lugar (acessibilidade), a habilidade para ser gravado ("Capacidade de gravação") e reproduzidos ("capacidade de reprodução"), de forma síncrona e assíncrona.

Em aplicações com controle interativo, o tempo de resposta não devem ser inferiores a 0,1 segundos. Os usuários devem estar cientes de atividades potenciais no mundo e interações com outros objetos e usuários. Desta forma em Ambientes de treinamento o feedback deve ser realista, o efeito das ações deve ser imediatamente visível e em conformidade com as leis físicas e expectativas de percepção do usuário. Já em ambientes voltados a educação o *feedback* deve ser adequado ao ritmo do usuário sobre o que está acontecendo no momento.

2.3.3.7 *Affordance Encontrabilidade (ou findability) da Informação (AF7)*

Findability é uma palavra de origem inglesa, refere-se a algo que pode ser encontrado pelo usuário. É um termo utilizado, assim como a sua tradução *Encontrabilidade*, por equipes de desenvolvimento de páginas da Web para medir a capacidade de encontrar determinados palavras chaves ou produtos.

Para Vecchiato e Vidotti (2014), a encontrabilidade da informação é um elemento que se situa entre as funcionalidades de um ambiente informacional tradicional, digital ou híbrido e as características dos sujeitos. Acrescenta a isso que é a possibilidade aos sujeitos de buscar as informações adequadas às suas necessidades em uma determinada situação de busca.

Trindade (2016) identifica a *affordance* como elementos facilitadores para a encontrabilidade da informação. Segundo a autora, as *affordances* sugerem possibilidades de ação do sujeito em um determinado ambiente. Em um ambiente informacional, a encontrabilidade (ou *findability*) se torna potencial quando o sujeito consegue se orientar neste ambiente e descobrir e/ou localizar um objeto ou recurso informacional, percebendo neste ambiente possibilidades de ação e/ou características que o auxiliem efetivamente a encontrar a informação.

Para facilitar a busca das informações em AVA3D os diálogos não devem conter informação irrelevantes. Os ícones 3D devem representar conceitos que são mais reconhecíveis e memoráveis para os usuários. Estes ambientes não devem conter objetos ou ações que raramente são necessários. Os painéis de controle devem ser organizados e não sobrecarregados de informação. O usuário deve agir como se estivesse no mundo real, por isso a interação deve ser o mais natural possível. Em ambientes para treinamento a interface deve ser a mais fiel ao original.

Bower (2008) aponta a capacidade de destacar aspectos de recursos e direcionar especificamente a atenção para componentes específicos como uma habilidade de focalizar (*highlight*) um componente específico.

Um exemplo da encontrabilidade da informação para AVA3D é a ferramenta denominada de Zoom Go To. Esta é uma ferramenta de dupla função. Pois permite ao usuário a visualização e busca de informações de objetos tridimensionais. Ao encontrar o objeto a ferramenta o destaca por meio de *highlight* o diferenciando dos demais objetos. É uma ferramenta desenvolvida para um sistema de RV em treinamento para Subestações de energia elétrica desenvolvido pelo grupo de GRVA da Universidade Federal de Uberlândia.

2.4.3.8 *Affordance Semiótica (AF8)*

Bower (2008) aponta a *Affordance Semiótica* como Estética. Pois segundo o autor esta se relaciona com os recursos de design e a aparência de interface, o que ocasiona maior satisfação do usuário e capacidade de atenção. Já Dalgarno (2010) a nomeia como *Affordance*

da Fidelidade Representacional e aponta também ser esta *affordance* fundamental para um alto grau de imersão conseqüentemente, um forte sentido de presença.

Na presente pesquisa entende-se que as possibilidades de ação percebidas por características multissensoriais (visuais, táteis, auditivas, etc.) e do comportamento dos objetos presentes no ambiente virtual denomina-se de *Affordance Semiótica*. *Semiótica* abrange o estudo da interpretação de sinais, ou seja, dos sistemas de significação, compreendendo assim, a conceituação dos objetos para além do sentido de sua representação visual ou de sua apreciação estética.

A partir disso, nesta pesquisa, a *Affordance Semiótica* relaciona-se para além das qualidades visuais dos objetos tridimensionais, que devem ser similares aos objetos reais em relação a cores, volumes e texturas e engloba também as suas atividades e comportamentos no ambiente virtual.

Com isso, o uso de metáforas de interação consistentes com o mundo real e apropriadas as funcionalidades dos dispositivos de RV estão presentes nos processos comunicacionais do usuário com o sistema. Estes processos estão vinculados as diversas técnicas de interação nestes sistemas em relação aos dispositivos que estimulam a aparelhagem perceptiva humana (visão, audição, propriocepção, etc.).

Desta forma, um ambiente baseado na tecnologia de RV sem as devidas condições de usabilidade de sua interface pode representar obstáculo para o usuário, e implicará em dificuldades de interação, sobrecarregando seu sistema cognitivo e ocasionando muitas vezes problemas de aprendizagem.

2.5 Heurísticas de usabilidade para AVA3D

“A ação do sujeito nos ambientes baseados em Realidade Virtual é uma ação instrumentalizada. É necessário se ter métodos de avaliação não só da tecnologia envolvida (o artefato), mas também da qualidade da interação” (DE FRANÇA FERREIRA et al., 2004, p. 446). Desta forma, um ambiente sem as devidas condições de usabilidade de sua interface pode representar obstáculo para o usuário, e implicará em dificuldades de interação, sobrecarregando seu sistema cognitivo e ocasionando muitas vezes problemas de aprendizagem.

2.5.1 Conceitos iniciais sobre Heurísticas de Usabilidade

Para Nielsen (1994), a avaliação de projeto de interfaces tem por objetivo identificar, classificar e contar o número de problemas de usabilidade de um sistema computacional, esse método também denominado de avaliação heurística podem ser entendidas como forma de inspecionar uma interface por uma lista de diretrizes pré-estabelecidas, de forma a produzir recomendações de melhoria adequadas e proporcionar maior interação do usuário com o sistema.

Nielsen (1994) aborda dez princípios, são eles: visibilidade do status do sistema, compatibilidade do sistema com o mundo real, liberdade e controle do usuário, consistência e padronização, prevenção de erros, reconhecimento ao invés de memorização, flexibilidade e eficiência de uso, estética e design minimalista, identificação e resolução de erros, ajuda e documentação. Essa lista de diretrizes pré-estabelecidas propõe recomendações de melhoria adequadas de forma a proporcionar maior interação do usuário com o sistema.

Desta forma, as ações dos usuários nos ambientes tridimensionais necessitam “ocorrer em tempo real, sejam as mais naturais, intuitivas, interativas possíveis e exista a sensação de imersão seja física, seja mental, através de estimulação dos canais sensoriais” (PIMENTEL; DIAS; SANTOS, 2008, p. 01). Essas concepções de envolvimento podem compor também a base para ambientes tridimensionais de aprendizagem, já que é fundamental no processo de instrução o comprometimento e envolvimento do aluno com a atividade que está sendo desempenhada. Estes objetivos são conjugados na busca pela qualidade da interação usuário-computador e dados pelo grau de usabilidade da interface. As mesmas autoras propõem que as aplicações de técnicas da engenharia de usabilidade trazem benefícios visíveis, tanto no aspecto de eficiência e eficácia da interface, como também se expressam em processos de desenvolvimento de software mais produtivos, confiáveis e com maior satisfação dos usuários.

Para Nielsen (1994), a usabilidade se aplica a todos os aspectos do sistema com os quais a pessoa pode interagir e deve ser sempre medida relativamente a determinados usuários executando determinadas tarefas. Para o autor, a usabilidade é um processo, e é composta por diferentes variáveis, logo não existe uma única solução ou regra aplicável. No entanto, as diretrizes podem auxiliar na análise e desenvolvimentos alternativos. Deste modo, para este autor, a usabilidade de um sistema pode ser medida quanto à facilidade de aprendizagem, eficiência, facilidade de memorização, segurança e satisfação dos usuários. Assim, as heurísticas de usabilidade estão associadas aos estudos de IHC - Interação Humano Computador.

Nas avaliações de usabilidade em ambientes de aprendizagem tridimensionais características referentes a adequação da interface ao sistema tridimensional proposto são usadas técnicas que objetivam encontrar padrões que melhor se adaptem as interfaces humano-computador. Este processo gera métricas e evidências necessárias para a tomada de decisão, por exemplo, quanto a aderência e adequação da tecnologia aplicada.

Nestas avaliações podem ser utilizados métodos baseados em inspeção, ou seja, heurísticas para orientação e verificação como critério para descobrir problemas de usabilidade como por exemplo os utilizados na ISO/IEC 9126. Esta norma ISO refere-se à usabilidade como a capacidade de uma aplicação ser compreendida, aprendida, utilizada e atrativa para o usuário, em condições específicas de utilização. Deste modo, a interface nos ambientes tridimensionais exige técnicas apropriadas de verificação que garantam melhor a interação com o sistema. Isto justifica-se por características específicas como a modelagem tridimensional, a necessidade de uma interação intuitiva em tempo real, sentido de presença e imersão, que direcionem estes testes para condições particulares de inspeção, tornando-os mais complexos de examinar e aumentando as orientações aplicáveis.

2.5.2 Revisão sistemática de Ênfases de Educação e Treinamento em Ambientes Virtuais Tridimensionais de Aprendizagem

O presente estudo combina teorias da psicologia cognitiva e questões referentes a usabilidade de interfaces para ambientes de aprendizagem virtual tridimensional (AVA3D) com ênfase na educação e treinamento e fornece um conjunto de diretrizes de design para melhorar a experiência do usuário nestes ambientes. Essas diretrizes de usabilidade foram baseadas nas relações propostas entre heurísticas de usabilidade e as diversas Teorias da Carga Cognitiva (TCC) propostas por Sweller (1988), Mayer (2001) e Preece (2005).

As heurísticas de usabilidade foram compiladas por uma revisão sistemática (Apêndice E) realizada para AVA3D com ênfase em educação e treinamento. Foram propostas uma classificação das heurísticas, pela apreciação de um grupo de propriedades encontradas em cada ênfase (Ver Quadro 02 no Capítulo 02).

A partir disso, os aspectos cognitivos foram associados às questões de interação e usabilidade de interface para AVA3D e estão presentes no Apêndice E desta pesquisa.

Desta forma aqui serão apresentados os resultados da RS e o quadro de diretrizes com Ênfases em Educação e Treinamento em Ambientes Virtuais Tridimensionais de Aprendizagem relacionados a TCC.

Para isso propõem-se um quadro com as diretrizes que serão apresentados no item **2.5.3.1** (Quadro 06) aplicáveis a ambientes tridimensionais de aprendizagem a partir das heurísticas de usabilidade adequadas para estes sistemas.

2.5.2.1 Resultados da Revisão Sistemática - Exemplos de AVEd e AVTr

Nos artigos selecionados – de acordo com critérios de seleção estabelecidos no item anterior, os ambientes interativos tridimensionais de aprendizagem surgem com várias configurações. Assim, o compilado de artigos possui ambientes tridimensionais com várias características tais como: ambientes para desenvolvimento de jogos, *serious games* e ambientes 3D online compartilhados como por exemplo, o *Second Life*.

Segundo Muñoz (2012) o artigo descreve o processo de desenvolvimento de um novo conjunto de heurísticas de usabilidade para aplicações em ambientes virtuais 3D. O autor propõe uma lista de verificação de usabilidade para usar ao aplicar heurísticas para ambientes virtuais de aprendizagem.

No trabalho desenvolvido por Medina-Flores (2015) a proposta de avaliação de usabilidade pelos especialistas de um sistema de gerenciamento de aprendizagem. O instrumento é projetado com base nos critérios gerais para a avaliação heurística proposta por Nielsen, bem como em padrões internacionais, guias e recomendações para a qualidade do software (ISO 9241 e ISO 9126).

Foi identificado no experimento de Banerjee (1999) um ambiente AVEt, ou seja, com características de ênfases em treinamento. Assim, quanto ao Conteúdo, o Sistema apresenta aplicações na execução de procedimento como foco de instruções de operações industriais. O objetivo pedagógico é a aquisição de habilidades específicas e capacitação técnica. Apresenta a efetivação das ações e procedimentos de cunho técnico por repetição, com uma abordagem pedagógica Behaviorista. No Modelo de comunicação as decisões do usuário acontecem com tempo programado apresentando elevada fidelidade do modelo, com restrições que o usuário deve fielmente seguir. A avaliação do sistema apenas expõe se o processo foi executado ou não, tendo como resultado o condicionamento.

Ferracani et al. (2014) expõe uma proposta de um ambiente virtual para treinamento de estudantes de medicina. Por meio de técnicas em 3D ambientes naturais, com supervisão de professores, e escolhas de cenas realísticas. Propõem um *serious game* para treinamento de ambientes de emergência com os seguintes objetivos: treinar comunicação entre os membros da equipe, habilidades pessoais e consciência situacional. Após fazer uma comparação do

sistema proposto com sistemas existentes, o autor apresenta as características do mesmo. O mundo virtual é reconfigurável e pode gerar várias situações diferentes, é possível acrescentar personagens para simular amigo do paciente, expectadores simples, membros da equipe médica, pacientes que necessitam de assistência. O sistema apresentado permite variar as condições do meio ambiente de forma a forçar a consciência ambiental para os estudantes. Utiliza temporizadores para avaliar o desempenho do jogador e indicar a necessidade de procedimentos diferentes. Ainda permite gerar registros digitais para posterior análise. O ambiente virtual é baseado em *Unity 3D*, sendo o reconhecimento de gestos possibilitado pelo *Kinect*. Os usuários recebem feedback por indicadores audiovisuais e textuais.

O estudo de Ferracani et al. (2014) apresenta-se como uma aplicação para treinamento, porém quando a gravação do procedimento é analisada a posteriori se torna uma aplicação para educação. Destaca como um sistema de interação natural, em que o feedback na forma de autoavaliação é mais relevante, neste sentido o software tem uma abordagem centrada no aluno, fazendo uso da tecnologia de aprendizagem. Segundo o estudo, atualmente a maior parte das simulações ocorre em laboratórios, assim essa tecnologia com uso de RV é mais realista e facilita o aprendizado em ambientes seguros. O sistema se mostra promissor, pois simula situações de emergência para treinamento, na qual a cena pode ser reconfigurável e assistida pelo professor. O procedimento pode ser gravado, para posterior análise, é possível vários usuários interagirem ao mesmo tempo, desenvolvendo habilidades entre os envolvidos, conhecimento dos procedimentos, ordem correta das ações.

Minocha e Hardy (2011), com base em investigações empíricas no *Second Life*, derivam heurística e diretrizes para o projeto de espaços de aprendizagem virtual em 3D para facilitar a navegação. Relatam o projeto NAVY (Navegação e Wayfinding). E propõem ainda uma lista de heurísticas derivadas de boas práticas e ajuda a navegação em ambientes tridimensionais por mapas, sinais, caminhos e pontos de referência. O estudo teve como resultado a compilação de 104 heurísticas e mais de 200 diretrizes para o desenho dos espaços em mundos virtuais de aprendizagem.

Pirker et al. (2013) estabelecem uma proposta de enfoque pedagógico para estabelecerem princípios de design para ambientes imersivos tridimensionais, e com base nesses princípios, uma implementação de um ambiente de mundo virtual para o estudo de Física. Este integra um modelo pedagógico TEAL (*Technology-Enabled Active Learning*) com o objetivo de discutir os princípios de design e problemas de mundos virtuais, avaliar como uma abordagem de ensino, tal como TEAL, pode ser integrada em um ambiente virtual, sustentar os requisitos de usabilidade definidos e avaliar os resultados de um primeiro caso no

domínio da eletrodinâmica. Um primeiro sistema foi construído, avaliado e testado por grupos de estudantes e especialistas de domínio com foco na usabilidade e ambições pedagógicas. A proposta metodológica foi desenvolvida em três partes: Primeiro, são introduzidos o processo de concepção e requisitos do modelo de TEAL em uma estrutura no mundo virtual. O processo de design concentrou-se em estar em conformidade com os princípios pedagógicos e heurísticas de usabilidade, especialmente definido para ambientes virtuais. Na segunda parte foi desenvolvido um primeiro protótipo em Open Wonderland. A terceira parte concentra-se na avaliação deste protótipo. Questionam como a tecnologia de mundos virtuais suporta o processo de aprendizagem e como a experiência do usuário ficaram alinhadas com as heurísticas concebidas. Dez diretrizes de usabilidade para mundos virtuais e *in-world* foram definidas com base nas heurísticas de Nielsen (1994). A avaliação mostra como a implementação de um sistema com ênfase em educação sendo projetada alinhada às diretrizes de usabilidade pode minimizar questões como a aceitação do usuário, motivando-os a gostar, querer e ter uma razão para usar o sistema.

Paliokas, Arapidis e Mpimpitsos (2011) propõem o desenvolvimento e avaliação de um jogo que prepara alunos do Ensino Fundamental para o uso real da linguagem LOGO, em projetos escolares e estender a filosofia LOGO além de duas dimensões. Os autores definem uma abordagem para o uso de um subconjunto da linguagem LOGO em um ambiente imersivo 3D, sendo que propõe também um método alternativo para a educação pré-programação – para a prática de comandos na linguagem LOGO e projeto de um *serious games* para abordar todos os itens acima, propondo, assim, uma avaliação de usabilidade do game. Primeiramente estudaram-se vários pacotes de softwares educacionais semelhantes com base na linguagem LOGO. A equipe de design cristalizou as exigências educacionais e tecnológicas básicas na fase inicial do desenvolvimento para a obtenção de um *serious games* em ambiente imersivo 3D com comando na linguagem LOGO. Em um segundo momento formulou-se um conjunto de critérios de avaliação para 'PlayLOGO 3D', relacionando a usabilidade, o jogo educativo e a respectiva eficácia. Para tratar destas questões, um conjunto de 40 heurísticas foram desenvolvidas. Neste momento da pesquisa a metodologia utilizada para avaliar a usabilidade foi a análise de peritos. Afirmam ainda que, testes com usuários e métodos de avaliação especializadas são igualmente precisas no caso de um especialista em usabilidade mais hábil e experiente. O teste inicial foi feito por um professor com interesses de pesquisa em educação e entretenimento.

Posteriormente, outro grupo de três professores participaram no processo de avaliação. Segundo os autores a implementação de um jogo com a linguagem LOGO parece ser a melhor

escolha para a finalidade de manter as características originais do videogame sem diminuir o seu alcance educacional, principalmente porque esta linguagem é amplamente utilizada nos primeiros estágios da escolaridade obrigatória na Grécia, país de origem do artigo. Assim, a maioria dos professores pode usá-lo (especialmente aqueles que não têm conhecimento em programação) e há uma notável experiência de ensino acumulada ao longo das últimas décadas.

Mohamed e Jaafar (2010) desenvolveram uma metodologia para heurísticas de usabilidade para avaliação de interface de jogos educativos. Estes se enquadram em tipos de games que consideram fortemente os critérios didáticos e pedagógicos associados aos conceitos que objetivam transmitir. Os autores incluem um conjunto de questões para diferentes tipos de avaliadores que são esperados para otimizar o uso de recursos em relação à ferramenta de avaliação online. Assim, levantam heurísticas compiladas a partir de vários estudos e inclui:

1. Questões de interface: características dos ambientes educativos que têm um efeito sobre a sua usabilidade. As questões de interface podem incluir os seguintes fatores: a consistência, interatividade, navegação, agradável de usar, design de tela.
2. Questões pedagógicas: características que facilitam a aprendizagem. As questões pedagógicas podem incluir: motivação, controle de alunos, meta clara e objetiva, valor acrescentado para a aprendizagem, *feedback* imediato, controle do player e desafio.
3. Questões de conteúdo: meta, objetivos, *feedback*, conteúdo claros e compreensíveis. Estrutura materiais envolventes.
4. Questões Multimídia: características dos jogos educativos que consistem em elementos multimídia e em manter um efeito sobre a sua usabilidade podem incluir: o uso de texto, animação, áudio, imagem e vídeo, apresentação multimídia de e adequação das multimídias usadas.
5. *Experiência do Usuário*: aborda as questões de satisfação em uma interação do usuário com o sistema.

2.5.3 Classificação das heurísticas quanto a ênfase

Tendo em vista que a avaliação heurística permite a elaboração de um relatório com uma lista de problemas de usabilidade que indicam quais princípios foram violados (ORTH, 2005), neste estudo, este procedimento, teve dupla finalidade. A primeira foi propor uma interface apropriada a ambientes de aprendizagem, por meio de uma lista de diretrizes

(Apêndice B). A segunda finalidade foi propor uma lista de heurísticas que evidenciem elementos que permitam mensurar uma aplicação dentro das ênfases de educação e/ou treinamento.

A análise e classificação das heurísticas para esses ambientes tridimensionais de Aprendizagem em AVEd e/ou AVTr foram realizadas a partir da sua identificação nos grupos de características abordadas na presente pesquisa no capítulo 2.

2.5.3.1 Classificação das heurísticas quanto a ênfase e a TCC

Tendo em vista que a avaliação heurística permite a elaboração de um relatório com uma lista de problemas de usabilidade que indicam quais princípios foram violados Nielsen (2000), este estudo teve como finalidade propor uma lista de heurísticas que evidenciem elementos que permitam mensurar uma aplicação dentro das ênfases de educação e/ou treinamento.

A análise e classificação das heurísticas para esses Ambientes Tridimensionais de Aprendizagem em AVEd e/ou AVTr foram realizadas a partir da sua identificação nos grupos de características conforme o Quadro 02 disposto no capítulo 02 desta pesquisa.

Das 174 métricas analisadas e obtidas através da revisão sistemática, 71 não foram utilizadas pelo estudo, essas 28 eram específicas para jogos e 43 foram reagrupadas porque apresentavam semelhanças. Assim, 103 métricas formam a lista de heurísticas de usabilidade (Apêndice B) para ambientes de aprendizagem em 3D, com 22 heurísticas específicas para AVEd e 12 heurísticas específicas para AVTr. As outras heurísticas aplicam-se a ambas as ênfases. Para o quadro comparativo (Quadro 06) com as heurísticas de Nielsen, selecionou-se 10 heurísticas para AVA3D com ênfase em Educação ou treinamento adotadas por relevância na pesquisa e pelas questões que relacionam-se aos princípios da Teoria da Carga Cognitiva.

Quadro 06 - Comparação das 10 heurísticas de Nielsen (1994) em relação às heurísticas de usabilidade para AVA3D com ênfase em educação e treinamento e recomendações de CLT

(H1) Feedback e visibilidade do status do sistema. Nielsen (1994)		
Treinamento	Educação	Princípios CLT
Feedback realista, o efeito das ações deve ser imediatamente visível e em conformidade com as leis físicas e expectativas de percepção do usuário.	Os usuários devem estar cientes de atividades potenciais no mundo e interações com outros objetos e usuários.	os <i>feedbacks</i> devem ser encaminhados ao estudante na mesma tela em que ele realizou determinada atividade
(H2) Compatibilidade do sistema com o mundo real.		
O design e uso das diferentes ferramentas no mundo virtual devem ser construídas o mais fiel ao modelo real.	Uma linguagem comum, familiar e de fácil compreensão para o usuário deve ser escolhida.	Inserir funcionalidades que possibilitem aos usuários reconhecer determinada funcionalidade sem esforços.
Interações visuais, auditivas ou mesmo táteis devem ser naturais. Mapear a percepção normal do usuário e a mudança do ponto de vista pelo movimento do corpo, deve ser processado sem demora. Permitindo ao usuário agir e explorar de uma maneira natural, sem restrições a ações físicas normais.		
• (H3) Controle do usuário e liberdade		
Os Usuários precisam tomar decisões com tempo programado. Suas ações quando em treinamento não podem ser reversíveis.	O sistema deve suportar diferentes estilos de interação. O contexto educativo deve ser fornecido, de modo que os usuários sejam capazes de gravar, desfazer e refazer as ações.	Dê aos usuários o controle sobre o ritmo e gerencie a Carga Cognitiva quando o ritmo tiver de ser controlado pelo sistema instrucional.
• (H4) Consistência e padrões.		
A consistência deve estar presente no uso das cores, escalas, sons 3D e forças táteis.		Elimine elementos visuais, texto e áudio estranhos ao conteúdo a ser aprendido
• (H5) Prevenção ao erro		
Metas, procedimentos e objetivos claros devem ser exibidos principalmente por um tutorial em que o usuário é guiado sobre como proceder na operação.	Itens de ajuda menores podem ser oferecido pela interface. Ou por explicações e visualizações. Os usuários não precisam usar um manual para interagir.	Criar interfaces que incentivem a exploração, além de restringir as opções de modo a guiar os usuários na seleção das ações mais adequadas.
H6) Reconhecimento ao invés de recordação:		
Ao realizar ações as opções de interação devem estar visíveis. Lugares dentro dos ambientes virtuais devem ser facilmente acessíveis por índices de referência ou mini-mapas, de modo que os usuários podem ver o todo.		Use pistas e sinais para focar atenção em conteúdos visuais e textuais importantes. Utilizar ícones que possibilitem ao usuário descobrir rapidamente seu significado, usar sons claros e usar textos legíveis (Preece 2005) Usar diagramas para otimizar o desempenho em tarefas que requeiram manipulações espaciais
(H7) Flexibilidade e eficiência de uso.		
Os ambientes possuem execução de comandos repetitivos com intuito de	Os ambientes devem ser capazes de serem configurados para diferentes	Considere a experiência do usuário. Elimine conteúdos

aquisição de habilidades específicas. Nos ambientes de treinamento os usuários devem seguir um mecanismo de progressão.	níveis de habilidade. Muitas vezes esta flexibilidade é fornecida com níveis de dificuldade variável.	redundantes para os alunos mais experientes. (Sweeler,1998)
Novos ícones 3D para representar conceitos mais reconhecidos e memoráveis devem ser desenvolvidos.		
(H8) Estética e design minimalista.		
O usuário deve atuar como se estivesse no mundo real, então a interação deveria ser o mais natural possível. A interface deve ser a mais fiel ao original.	O mundo virtual não deve conter objetos ou ações, que raramente são necessárias. Os painéis de controle devem ser organizados e não sobrecarregados.	Reduza o conteúdo para o essencial.
Minimize a quantidade de ícones multimídia na tela.		
(H9) Ajuda os usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros.		
As mensagens de erro devem fornecer ao usuário informações relevantes sobre o problema, incluindo as ações que levaram ao erro.	As mensagens de erro devem fornecer ao usuário informações relevantes sobre o problema e orientá-las, em linguagem simples, para a resolução.	Tornar a informação visível quando necessário, evite a entrada de grande quantidade de informações na interface e obtenha para inserir imagens, gráficos, etc.
(H10) Ajuda e documentação.		
As informações devem ser facilmente acessíveis no ambiente. Os pop-ups ou elementos flutuantes explicativos podem fornecer essas informações sobre objetos ou ações específicas.		Integre o texto explicativo ao lado dos elementos visuais correspondentes nas páginas e telas.

Fonte: A autora.

A partir dos fundamentos teóricos apresentados neste capítulo foi possível nortear a escolha de quais materiais e técnicas que pudessem auxiliar na investigação do problema apresentado pela tese. E, para o desenvolvimento deste processo, no próximo capítulo, são apresentadas o tipo de pesquisa adotadas, tendo em conta o método, a natureza da pesquisa, a maneira de abordá-la, os instrumentos de coleta de dados, de análise e interpretação dos resultados.

METODOLOGIA

Este capítulo dedica-se a apresentar o conjunto de procedimentos metodológicos necessários para a elaboração e desenvolvimento da presente pesquisa, que se baseia na busca do conhecimento científico por meio de um processo organizado e lógico de investigação, formulado de maneira metódica passível de ser validado e reproduzido.

3.1 Tipo de pesquisa

As diversas tipologias de pesquisa são preconizadas em virtude da multiplicidade de objetos considerados na ciência. Porém, observa-se a necessidade de classificar em quais tipologias a pesquisa se encontra, delineando-a de forma apropriada ao domínio a que pertence. E que, ao mesmo tempo, crie um norte que guie o pesquisador para a obtenção de respostas para o problema proposto.

Rodrigues (2007) aponta que as pesquisas científicas podem ser classificadas quanto a sua finalidade como básica (pura) ou aplicada. A básica objetiva gerar conhecimentos científicos para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Enquanto na pesquisa aplicada, como sugere o próprio nome, objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

Quanto a forma de abordagem há duas formas de classificação: qualitativa e quantitativa. Silveira (2009) assinala que a abordagem qualitativa visa conceber análises mais profundas em relação ao fenômeno que está sendo estudado, e caracteriza-se pela hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar e pela busca de resultados os mais fidedignos possíveis. Já na pesquisa quantitativa se centra na objetividade, raciocínio dedutivo e nas regras da lógica. Considera que tudo pode ser quantificável, e tende a traduzir em números as opiniões e informações para serem classificadas e analisadas, utilizando para isso técnicas estatísticas.

Já com base nos objetivos, a pesquisa científica pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa. Dos Santos(2009) esclarece que a pesquisa exploratória objetiva proporcionar maiores informações sobre o assunto que se vai investigar e facilitar a delimitação

do tema da pesquisa, por meio de levantamento bibliográfico ou entrevistas. Quanto a pesquisa descritiva, Rodrigues (2007) observa que, tem como principal característica a observação de fatos que são registrados, analisados, classificados e interpretados, sem interferência do pesquisador. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento. . Ainda sobre a investigação explicativa, Vergara (2005) aponta que, tem como principal objetivo tornar algo compreensível e justificar-lhe os motivos. Segundo o mesmo autor, tem por finalidade, portanto, elucidar os fatores que contribuem para a ocorrência de determinado fenômeno.

Dos Santos (2009) ressalta que o elemento mais importante para a identificação de um delineamento de pesquisa refere-se a maneira pela qual se conduz o estudo, ou seja, pelos procedimentos técnicos para obtenção de dados. O mesmo autor, aponta que a pesquisa pode ser classificada entre bibliográfica, experimental, documental, histórica, levantamento, estudo de caso, *expost-facto*, pesquisa-ação e observação não participante.

A presente pesquisa teve como ponto de partida as diversas revisões bibliográficas sistemáticas onde levantaram-se questões norteadoras iniciais mais explícitas para o pesquisador. Quanto aos procedimentos técnicos para a coleta de dados, utilizaram-se referências bibliográficas, entrevistas e questionários aplicados na pesquisa de campo, a *Design Science Research* (DSR), apresenta-se como um método capaz de comportar a condução da atual pesquisa com efetivo rigor científico. Pois auxilia o pesquisador nos processos de concepção de artefatos, abordando os procedimentos que contemplam a investigação do problema, as possíveis soluções, a implementação do sistema e a avaliação desta implementação.

Desta forma, a pesquisa é classificada como aplicada, pois entende-se que para a sua operacionalização há a aplicação dos conhecimentos científicos levantados na geração de dois artefatos, ou seja, o Modelo e sua instanciação S_MAAVA3D. Quanto a forma da abordagem do problema, pode ser classificada como qualitativa. Pois analisa questões sobre as *Affordances* Educacionais e as correlaciona com várias outras questões estruturantes do MAAVA3D como usabilidade, os tipos de inteligência, os perfis cognitivos do usuário e ambientes de aprendizagem suportados pela tecnologia de RV. Ainda, a atual investigação pode ser classificada como exploratória. Pois teve como ponto de partida as diversas revisões bibliográficas sistemáticas onde levantaram-se questões norteadoras iniciais mais explícitas para o pesquisador.

3.2 Design Science Research

Bax (2017) assinala que a *Design Science Research* envolve construir, investigar, validar e avaliar artefatos tais como: constructos, modelos, métodos e instâncias de sistema de informações (Quadro 07), a fim de resolver problemas de pesquisa considerando sua relevância e aplicabilidade à geração de novos conhecimentos.

Quadro 07 - Classificação dos artefatos

ARTEFATOS:TIPOS	DESCRIÇÃO
CONSTRUCTOS	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Eles constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções. Conceituações são extremamente importantes em ambas as ciências, natural e de design. Eles definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas. Eles podem ser extremamente valiosos para designers e pesquisadores.
MODELOS	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de design, modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Cientistas naturais muitas vezes usam o termo 'modelo' como sinônimo de 'teoria', ou 'modelos' como as teorias ainda incipientes. Na <i>Design Science</i> , no entanto, a preocupação é a utilidade de modelos, não a aderência de sua representação à Verdade. Não obstante, embora tenda a ser impreciso sobre detalhes, um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
MÉTODOS	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, nos quais as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe. Além disso, os métodos são, muitas vezes, utilizados para traduzir um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema. Os métodos são criações típicas das pesquisas em <i>Design Science</i> .
INSTANCIACÕES	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: Tradução de March e Smith (1995, p. 257-258).

Para March e Smith (1995), os artefatos podem ser desde um software, uma teoria, até descrições informais em linguagem natural. A partir disso, e dadas as áreas de conhecimento desta pesquisa, Realidade Virtual, Teoria da Carga Cognitiva, Usabilidade e *Affordances educacionais*, decidiu-se por utilizar a metodologia *Design Science Research*. Adotando os seguintes procedimentos metodológicos como um Ciclo de Design (adaptado de Ferreira 2016, p.28) de desenvolvimento para o sistema proposto. O detalhamento das etapas de desenvolvimento do estudo em questão, objetiva dar subsídios para sua melhor compreensão e entendimento.

3.3 Etapas de desenvolvimento - Ciclo de Design Science Research

3.3.1 Etapa 1: Conscientização do problema

Objetivo: Identificar os dados pertinentes ao tema e estabelecer os parâmetros sobre o problema a ser estudado. Reconhecer e compreender o problema que se pretende solucionar pelo levantamento e estudo dos principais temas envolvidos.

Procedimentos metodológicos para a Etapa 1

- a) Fundamentação Teórica – Pesquisa exploratórias com leituras interpretativas da base teórica;

Para o embasamento da pesquisa e fundamentação teóricas foram realizadas as seguintes etapas: identificar, selecionar e apresentar os estudos existentes a partir das fontes científicas da área. Tal proposta se pautou nas seguintes palavras-chave: Realidade Virtual, Ambientes de Aprendizagem Tridimensional, Heurísticas de usabilidade para Ambientes com ênfase em Educação ou Treinamento, Teoria da Carga Cognitiva, Perfis Cognitivos e tipos de inteligência.

- b) Planejamento e Condução de Revisões Sistemáticas (RS): Com base nas lacunas encontradas na literatura, em relação às questões relativas ao tema da presente pesquisa, houve a necessidade da estruturação de Revisões Sistemáticas. Isso possibilitou a estruturação do estudo e a definição de como será empreendida a busca, os passos requeridos e a forma de análise pertinente a pesquisa. Os procedimentos referentes as revisões sistemáticas estão contidas no Apêndice E;
- c) Realização de resumos, resenhas e fichamentos dos artigos levantados, para a compreensão e análise dos mesmos;
- d) Para o levantamento pertinentes aos conceitos abordados na pesquisa fez-se criterioso levantamento bibliográfico na literatura científica, a partir da compilação de trabalhos publicados em periódicos, livros especializados, e em bases científicas gerais a serem exploradas, como Web of Science (WoS), a Wiley Online Library (WOL), e Scopus e bases específicas de engenharia e computação, respectivamente,

3.3.2 Etapa 2: Sugestão de possíveis soluções

Objetivo: Apresentação das ideias de como o problema pode ser abordado com base em criatividade e levando em conta o problema identificado e os dados levantados na fase anterior.

Procedimentos metodológicos para a Etapa 2

- a) Procedimentos metodológicos para a viabilização de propostas do MAAVA3D. Foram identificados os conceitos que norteiam as Abordagens Pedagógicas como: os tipos de atividades de aprendizagem; o conteúdo, os procedimentos e os objetivos de; os tipos de colaboração e o resultado pretendido. A identificação destes conceitos possibilitou o

entendimento que pode haver diferentes ações e procedimentos em uma intervenção educativa de acordo com o objetivo e a Abordagem Pedagógica escolhida. Essas ações podem ser bastante distintas desde tomadas de decisão individual em uma determinada atividade, a aprendizagem compartilhada ou mesmo a modelagem de um comportamento em uma situação de treinamento, essas situações ilustram objetivos pedagógicos que requerem diferentes possibilidades de ações dentro de um AVA3D. Relacionamento entre os diversos conceitos levantados sobre as *Affordances Educacionais*, os tipos de inteligência e de aprendizagem. Para a realização destes relacionamentos, primeiramente foram identificadas as características principais de cada *Affordance*, as possibilidades de ação e de tarefas de aprendizagem. Isso facilitou a identificação de quais destas ações e tarefas que melhor estimulassem a sua realização por diferentes perfis cognitivos de usuário ou grupo em uma intervenção pedagógica;

- b) Levantamento dos conceitos da Taxonomia de Bloom para o desenvolvimento e classificação de tarefas apropriadas para AVA3D, foram relacionadas e classificadas na Taxonomia de Bloom, em função do comportamento esperado do usuário, organizando-as de acordo com os objetivos de aprendizagem. Estruturada em seis níveis de complexidade crescente. Isso possibilitou o desenvolvimento das tarefas adequadas presentes no S_MAAVA3D. Exemplificação da proposta contidas no Apêndice J.

3.3.3 Etapa 3: Desenvolvimento

Objetivo: Desenvolver os artefatos (modelo e sua instanciação).

Procedimentos metodológicos para o desenvolvimento do modelo:

- a) Síntese do arcabouço teórico do modelo contidos na Etapa 1;
- b) Relacionamentos do modelo contidos na Etapa 2;
- c) Proposta da estrutura da Descrição das Informações requeridas pelo modelo;
- d) Proposta da Análise sinérgica das *Affordances*.

Procedimentos para a criação do sistema

- a) Escolha do Access da Microsoft para a implementação do modelo. A escolha deste programa foi realizada por ser este um banco de dados totalmente relacional. O Microsoft Access permite a associação os dados em uma consulta, formulário ou relatório que utilize várias tabelas. Além disso, é um ambiente simples e de fácil uso. Assim, a partir das relações propostas, as *Affordance* foram definidas como elemento de relação entre as tabelas criadas

no Implementação do Banco de Dados por registros que são armazenados em tabelas.

Diagrama de Casos de Uso;

Descrição das principais funções do sistema: Cadastro, Relacionamento e Sugestões por observação, mensuração e análise de seu comportamento em uma intervenção pedagógica de forma a analisar a sua validade, utilidade e aplicabilidade. Esta avaliação foi realizada com alunos do Curso de Engenharia Elétrica em interação com o sistema RV_Cemig estão contidos de forma detalhada no Capítulo 6.

3.3.4 Conclusão:

Envolverá a apresentação dos resultados como prova de conceito realizada a partir utilização do sistema proposto.

Capítulo 4

MODELO MAAVA3D – Modelo de *Affordance* para Ambientes de Aprendizagem Virtuais Tridimensionais

Este capítulo traz informações a respeito do modelo proposto o MAAVA3D, e tem como objetivo principal descrever suas principais funcionalidades para a implementação do sistema. Aponta por meio de uma representação gráfica sua estrutura, as informações requeridas e define todos os elementos que se inter-relacionam com o sistema.

4.1 Conceitos sobre o Modelo

Segundo Hevner, March e Park. (2004), o objetivo de uma pesquisa aplicada é a sua utilidade, avaliada por meio de seu uso ao ambiente apropriado, sendo que as soluções dos problemas apresentados promovem novas bases de conhecimento, expandindo, assim, as fronteiras das ciências aplicadas.

A ciência da informação consiste em uma ciência social aplicada que segundo Bax (2017) é, em sua maioria, uma “ciência de projeto” ou “*Design Science*”, sendo que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos.

Desta forma, Bax (2017) aponta que as pesquisas desenvolvidas por meio da metodologia proposta pelo *Design Science Research* (DSR) envolve construir, investigar, validar e avaliar artefatos tais como: construtos, modelos, métodos e instâncias de sistema de informações, a fim de resolver problemas de pesquisa considerando sua relevância e aplicabilidade, e o rigor científico necessário à geração de novos conhecimentos.

Para March e Smith (1995), os artefatos podem ser desde um software, uma teoria, até descrições informais em linguagem natural. Assinalam ainda que, artefatos auxiliam na definição de ideias, práticas, capacidades técnicas e produtos. E que a compreensão do

problema a ser resolvido é adquirida durante a construção e o uso dos artefatos, quando estes são validados e avaliados.

Essas informações a respeito da metodologia DSR servem de estrutura para o estudo proposto pois auxilia nos processos de concepção, desenvolvimento e avaliação para a construção S_ MAAVA3D.

Pretende-se que o MAAVA3D possa estabelecer uma estrutura de processos que sinalizem quais elementos presentes nestes ambientes que oportunizam uma maior interação, ou seja, quais elementos presentes nos AVA 3D que possibilitem a efetivação das ações do usuário na execução de determinadas tarefas nestes ambientes.

Ou seja, MAAVA3D destina-se a oferecer um mecanismo que possa orientar professores, instrutores, facilitadores ou os designers instrucionais que necessitem aplicar tarefas específicas que mais se adequem as características associadas ao AVA3D considerado, dados os perfis cognitivos do usuário, os modelos de aprendizagem e heurísticas de usabilidade. Este material instrucional é composto de tarefas a serem executadas pelo usuário do AVA3D tendo como objetivo potencializar o seu aprendizado. A estrutura do sistema permitirá propor tarefas adequadas considerando as proposições citadas acima.

Para atender aos objetivos desta pesquisa, a proposta foi desenvolver dois tipos de artefato: o modelo e sua instanciação. A partir disso, propõe-se o desenvolvimento de sistema que possa demonstrar como o modelo pode ser automatizado, comprovando sua viabilidade.

Para a estruturação do MAAVA3D foram seguidos os procedimentos metodológicos do *Design Science Research* (DSR). Segundo Bax (2015) esta metodologia desenvolve-se como uma estratégia de pesquisa capaz de orientar, tanto a construção do conhecimento, quanto aprimorar as práticas em sistemas de informação e de várias disciplinas relacionadas ao campo tecnológico da ciência da informação.

4.2 Design do Modelo - MAAVA3D

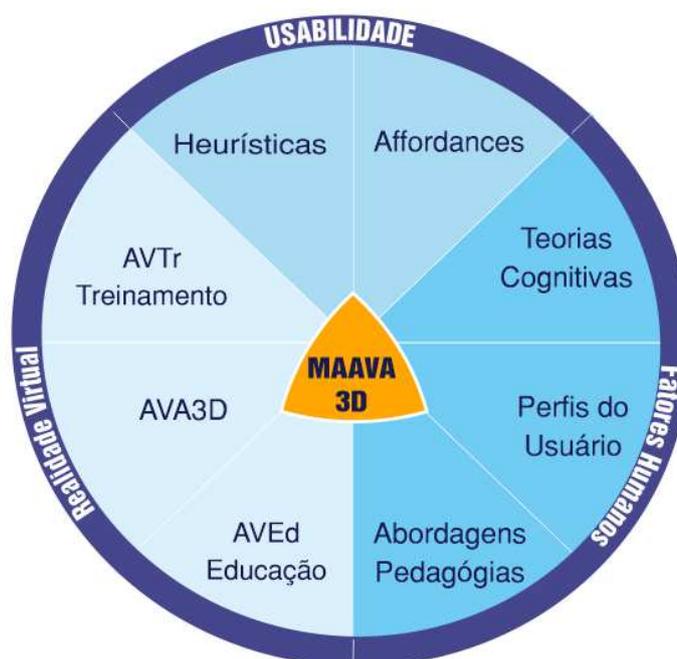
Os procedimentos metodológicos presentes na DSR permitiram a estruturação do Modelo de *Affordance* possibilitando uma melhor compreensão do problema encontrado. Para isso, foi necessário reunir os principais conceitos da base teórica estudada que demonstrem suporte ao mesmo.

Assim, foram levantados por meio de uma Revisão Sistemática sobre as *Affordances* Educacionais para AVA3D as possibilidades de interação tecnológicas que podem ser

disponíveis para a realização de tarefas nestes ambientes dado os perfis do usuário e a ênfase a que a aplicação pertence.

A Figura 12 mostra como o Modelo de *Affordance* está delineado por meio da integração de conhecimentos em diversas áreas, associando a pesquisa ao campo interdisciplinar da tecnologia de Realidade Virtual, às áreas de usabilidade e ao campo das abordagens pedagógicas que possibilitam analisar quais tarefa são adequadas a AVA3D e que promovam a possibilidade de uma aprendizagem significativa.

Figura 12 – Pilares do Modelo de *Affordance*



Fonte: A autora.

Seguindo a proposta DSR, que é delineada primeiramente pela conscientização do problema, que identifica o problema que se deseja estudar e solucionar, por meio da Revisão Sistemática proposta no estudo. No Apêndice E estão sumarizadas as Revisões Sistemáticas dos conceitos e premissas para Ambientes Virtuais de Aprendizagem suportados pela tecnologia de Realidade Virtual, estudadas no capítulo 2 da presente pesquisa.

A partir destes estudos a pesquisa levantou oito *affordances* educacionais para AVA3D. Que podem ser definidas como as possibilidades de ação do usuário dentro de um ambiente interativo tridimensional de aprendizagem. Com isso, estas possibilidades de ação irão compor um conjunto de interações desejáveis na execução das tarefas para AVA3D (experimentar, perceber, ler, ouvir, assistir, acessar, etc.). Estas tarefas gerais serão postuladas no S_MAAVA3D, de acordo os objetivos pedagógicos. Segue a descrição resumida sobre as *affordances* educacionais como os fundamentos em que o MAAVA3D se apoia:

1. **Affordance para o conhecimento espacial:** Possibilidades de redimensionar e mover os objetos virtuais, habilidade de navegar, caminhar e guiar-se dentro do AVA3D.
2. **Affordance aprendizagem experiencial:** Possibilidades de ter sensações reais por meio da percepção e interação com os objetos virtuais ; por razão da interação ser dinâmica, e também pela variedade de formas de comunicação, seja pela linguagem textual, oral, gráfica ou gestual.
3. **Affordance para a personalização:** Possibilidades de personalização do usuário por meio de seu avatar e possibilidade de configurar a interface do usuário de acordo com suas necessidades. Essa *affordance* indica também a possibilidade de controle de recursos, e capacidade de permitir ou negar quem pode ler / editar / carregar / baixar.
4. **Affordance contextualizada:** Possibilidade modelar o contexto em que o conhecimento é esperado para ser aplicado.
5. **Affordance social:** Possibilidade de interações sociais contextuais, dadas por meio das diversas ferramentas de comunicação sendo elas síncronas ou assíncronas.
6. **Affordance temporal:** Possibilidade de acesso a qualquer momento em qualquer lugar (acessibilidade), a habilidade para ser gravado ("Capacidade de gravação") e reproduzidos ("capacidade de reprodução"), de forma síncrona e assíncrona. Possibilidade de receber e enviar respostas de acordo com a tarefa proposta.
7. **Affordance encontrabilidade da informação:** possibilidade de um objeto ou informação ser encontrada pelo usuário.
8. **Affordance Semiótica:** possibilidade de reconhecimento gráfico ou de ação de um objeto.

A partir das *affordance* levantadas, próprias para AVA3D, houve a necessidade de identificar os tipos de interações possíveis (Quadro 08) e analisá-las sob o aspecto das ferramentas e recursos disponibilizados pelo ambiente 3D onde será proposto a intervenção pedagógica. Para isso foi utilizada uma metodologia descrita por Bower (2008) para combinar as tarefas de aprendizagem e as possibilidades de interação apropriadas para ambientes virtuais de aprendizagem.

4.3 Análise de tarefas segundo Bower (2008)

Bower (2008) aponta uma metodologia de análise de compatibilidade de entre os recursos necessários para desempenhar as tarefas de aprendizagem e as possibilidades de interação em ambientes virtuais de aprendizagem. O autor, primeiramente define as *affordances* com base na necessidade de seus potenciais de ação. Além disso, classifica-as pelo grau de interação que permitem os seguintes tipos de interação:

- *Affordances Estáticas / instrutivas:* *affordances* que permitem representações fixas e transmissão unidirecional da informação.
- *Affordances Colaborativas / produtivas:* *affordances* que permitem representações flexíveis que podem ser ajustadas e compartilhadas.

O autor observa que o primeiro passo é estabelecer metas de aprendizagem pretendidas e as possíveis formas de alcançá-las. Uma vez estabelecidas essas metas, os requisitos de

affordances de tarefas podem ser determinados. Desta forma, primeiro um profissional da área de educação, como um professor ou instrutor de treinamento, decide o que os alunos estarão habilitados a fazer ao longo da tarefa, por exemplo, ler, escrever, ouvir, assistir, vincular, modificar e muitos outros recursos dos quais estão representados na Quadro 08.

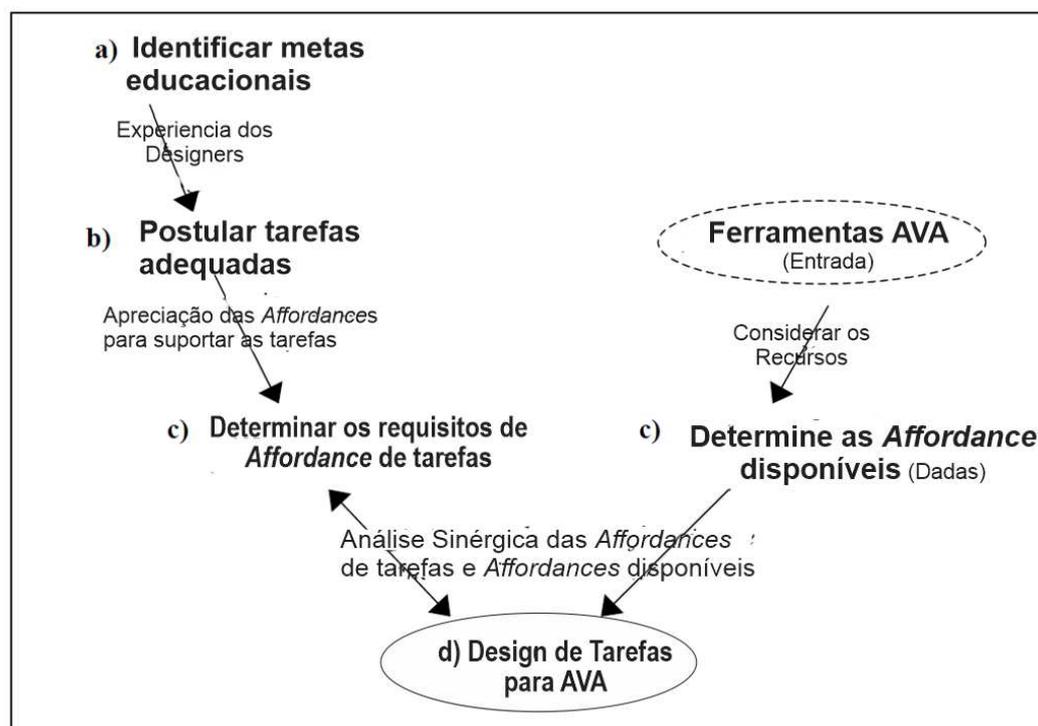
Quadro 08 - *Affordances* funcionais para AVA3D, categorizadas por tipo e grau de interação

AFFORDANCE	ESTÁTICAS / INSTRUTIVAS	COLABORATIVAS / PRODUTIVAS
ESPACIAL	MOVER, CAMINHAR, NAVEGAR, ORIENTAR PERCEBER, EXPERIMENTAR	GUIAR
EXPERIENCIAL	LER, VER, OUVIR, ASSISTIR, VISUALIZAR, MANIPULAR	INTERAGIR COMUNICAR PARTICIPAR ESCREVER, FALAR DESENHAR E PRODUZIR
PERSONALIZAÇÃO	EXPERIENCIAR, EXPERIMENTAR, PERCEBER, LER OUVIR, ASSISTIR, ACESSAR, PERMITIR(LOGON)	ENGAJAR, COMUNICAR PARTICIPAR ESCREVER DESENHAR, FALAR, PRODUZIR
CONTEXTUALIZADA SOCIAL	APLICAR MANIPULAR DECIDIR	CORRELACIONAR
TEMPORAL	COMPREENDER, INTEGRAR,, LER, VER E OUVIR	COMUNICAR COLABORAR, COMPARTILHAR, PARTICIPAR, INTERAGIR, ESCREVER
ENCONTRABILIDADE DA INFORMAÇÃO	REPRODUZIR, ACESSAR, PERCEBER, VISUALIZAR E DISTINGUIR	GRAVAR SINCRONIZAR RESPONDER
SEMIÓTICA:	ENCONTRAR ,LOCALIZAR, ORIENTAR, DESCOBRIR, FOCALIZAR, REALÇAR (HIGHTLIGHT)	NAVEGAR , COMUNICAÇÃO SINCRONA , LINKAR,
	VISUALIZAR, DINTINGUIR , CONSIDERAR, IMAGINAR	CORRELACIONAR, MEDIR, AFERIR , JULGAR

Fonte: A autora, com adaptações de Bower (2008).

Ainda segundo Bower (2008) ao determinar as *affordances* da tarefa, o professor pode começar a considerar as ferramentas de aprendizagem disponíveis que podem se adequar à intenção de aprendizagem e as *affordances* dessa tecnologia. O autor propõe uma a metodologia de design de análise de *Affordances* para AVA (Figura 13). Para isso, analisa sinergicamente as *affordances*, combinando as tarefas em correspondência com as tecnologias disponíveis para construir o ambiente educacional.

Figura 13 - Metodologia de design da análise de *affordance* proposta por Bower (2008)



Fonte: Bower (2008, p.08).

As etapas podem ser descritas da seguinte forma:

- A. *Identificar metas educacionais* - decidir sobre as intenções gerais do design de aprendizagem.
- B. *Postular tarefas adequadas* - com base na experiência dos designers, propor tarefas gerais para satisfazer os objetivos educacionais.
- C. *Determinar os requisitos de *affordance* de tarefas* - para as tarefas gerais postuladas, estabelecer os recursos necessários para fornecer as representações e interações desejadas.
- D. *Determinar as *affordances* disponíveis* - com base nos recursos tecnológicos considerados pelo designer, estabelecer os conjuntos de recursos que podem ser implantados (no mesmo tempo ao executar o passo anteriormente descrito).
- E. *Design de tarefa* - sinérgicamente integrar os recursos disponíveis e necessários para formar um design de tarefa específico (processo iterativo).

Segundo Bower (2008), empregar uma metodologia que enfoca a *affordance* tanto da tarefa como da tecnologia deve levar o profissional em educação a concentrar seus esforços para garantir que a tarefa de aprendizagem atinja os requisitos cognitivos pré-identificados e as tecnologias escolhidas, e que estas por sua vez, apoiem essa cognição. Para o autor a metodologia da Análise de *affordances* não é simplesmente uma sequência de estágios. Já que no desenvolvimento de uma intervenção educativa deve-se concentrar em selecionar de forma

colaborativa tanto as práticas pedagógicas instrucionais quanto as ferramentas tecnológicas disponíveis no sistema.

Bower (2008) aponta que determinar os requisitos de rendimento exato de uma tarefa sem uma apreciação dos recursos aproveitados pelas tecnologias pode significar que essa implementação é impraticável. Por esse motivo, as considerações simultâneas das *affordances* de requisitos de tarefa com as *affordances* de disponibilidade tecnológica são necessárias.

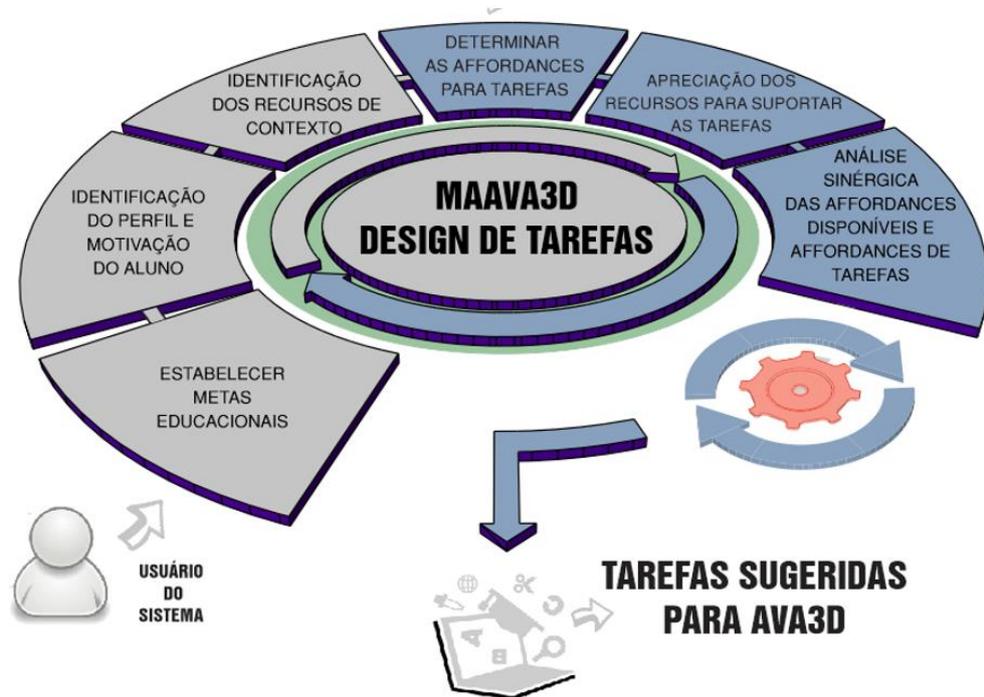
Segundo Bower (2008) outra não-linearidade é introduzida à medida que a intervenção educativa se concretiza - com base em possibilidades imprevistas ou limitações, as *affordances* da tarefa podem precisar ser revisadas. Neste passo o autor aponta que é necessário a iteração entre os requisitos da tarefa e os estágios de projeto final, conforme indicado pela seta dupla no diagrama. Na proposta de Bower (2008) a análise sinérgica das *affordance* disponíveis com as *affordance* de contexto são realizadas por meio de tabelas manuais. O exemplo aplicado destas tabelas em AVA3D pode ser visto nos Apêndices K e J contidas na presente pesquisa.

No modelo MAAVA3D, a Análise de *Affordances* é proposta por meio da compatibilidade entre as metas educacionais, ao perfil cognitivo e motivacional do aluno, aos recursos disponíveis no Ambiente 3D analisado e sua adequação as tarefas sugeridas previamente no modelo proposto. Com isso, é feita uma análise sinérgica de todos estes elementos e como resultado são sugeridas tarefas adequadas e compatíveis com os recursos disponíveis no AVA3D analisado.

4.4 Análise de *affordances* - MAAVA3D

A proposta para o MAAVA3D é combinar as *Affordances* das tarefas, os requisitos tecnológicos disponíveis na aplicação com os pré-identificados componentes cognitivos da aprendizagem, os perfis de aprendizagem de aluno (ou grupo de alunos) e sua motivação. A partir disso, propor uma função que prescreva tarefas de aprendizagem apropriadas dentro do AVA3D, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Estrutura do MAAVA3D e design da análise de *Affordance*



Fonte: A autora.

A seguir está um detalhamento das atividades compostas pelo AVA3D contidas na Figura 14. Desta forma, primeiramente a entrada de dados do usuário do modelo proposto que irá estabelecer as Metas Educacionais, logo a identificação do perfil e motivação do aluno ou do grupo e a identificação dos recursos de contexto (*affordance* disponíveis) e as *affordance* de tarefas para o AVA3D juntamente com suas metas educacionais.

4.4.1 Informações requeridas pelo modelo

- **Estabelecer os Objetivos Pedagógicos**

A primeira informação inserida no modelo para estabelecer tarefas apropriadas para o AVA3D considerado é a definição do objetivo pedagógico pelo professor. Estes objetivos, como visto no Capítulo 02 podem ser voltados a ênfases em Educação, onde a percepção de valores e visões são evidenciados, e aqueles com ênfase em treinamento, onde objetivam a aquisição de habilidades como destreza e capacitação técnica.

- **Identificar os Perfis Educacionais**

Outro aspecto relevante da proposta do MAAVA3D diz respeito a identificação dos Perfis Educacionais. Onde o usuário do programa, na figura do professor, insere as informações

do perfil educacional e as características de aprendizagem do aluno ou do grupo estudantil de acordo com as informações pré-estabelecidas pelo modelo. Desta forma serão sugeridas tarefas de acordos com as características dos perfis educacionais associadas, ocasionando numa resposta mais adequada proporcionando a possibilidade de maior efetivação destas tarefas no AVA3D.

- **Identificar os recursos de contexto** - *Affordance* disponíveis no AVA3D considerado pelo usuário

Observa-se que ambientes baseados na tecnologia de RV não apresentam padrões de softwares e, cada um desses sistemas oferece um conjunto de recursos e ferramentas para desenvolvimento de suas interfaces gráficas. A partir disso, a atual pesquisa, para listar essas informações dos recursos de contexto contidas no MAAVA3D, ou seja, os recursos tecnológicos relacionados as possibilidades de ação para AVA3D, foram levantadas primeiramente por meio da revisão sistemáticas sobre as *affordance* educacionais e também apoiando-se por meio da pesquisa de Bower (2008).

4.4.2 Determinar as *affordance* de tarefa

Ao realizar uma tarefa no AVA3D a interface deste ambiente permite mecanismos de acesso e controle que possibilitam ações de seu usuário. Essas possibilidades de ações são as *affordances*. Em vista disso, as tarefas podem possuir possibilidades de ações diferenciadas. Por exemplo, uma tarefa pode requerer mover objetos gráficos tridimensionais, e isso pode gerar uma interação diferente de uma tarefa que requeira redimensionar um objeto. Nos Apêndices K e J, há um exemplo de como determinar a *affordance* de tarefa por meio de tabelas pré-estabelecidas.

4.4.3 Determinar as Relações entre as *Affordances* de tarefas e as demais entradas do MAAVA3D

O modelo proposto combina os recursos de contexto disponíveis no AVA3D considerado, os modelos cognitivos, os tipos de aprendizagem e as teorias pedagógicas com as *affordances* educacionais para AVA3D. Essas relações foram realizadas por meio de diversos comparações presentes no atual estudo e contidas nos Apêndices H e I.

4.4.4 Apreciação dos Recursos para suportar as tarefas

Com base nos recursos tecnológicos considerados pelo professor, estabelecer os conjuntos de tarefas que podem ser implantados (ao mesmo tempo da execução do passo anteriormente descrito).

4.4.5 Implementação das tarefas para AVA3D

As tarefas foram sugeridas de acordo com a Taxonomia de Bloom para os três níveis de conhecimento, ou seja, o cognitivo, afetivo e psicomotor. Lembrando que Bloom estabelece em sua taxonomia uma hierarquia de elementos mensuráveis que podem nortear a elaboração das tarefas específicas e nesta pesquisa própria para AVA3D. Desta forma, foram propostas tarefas classificadas em 6 níveis. A partir de verbos do nível mais simples (lembrar) ao nível mais complexo (avaliar), considerando que cada nível prevalece as capacidades adquiridas aos níveis anteriores. Nota-se que as tarefas propostas no MAAVA3D devem ser adaptadas a ao domínio específico dos ambientes virtuais 3D. As tarefas apresentadas aqui possuem um nível de abstração maior, porém são apropriadas para AVA3D com ênfase em educação ou treinamento conforme Quadro 09:

Quadro 09 - Tarefas procedimentais para AVA3D

TAREFAS PROCEDIMENTAIS DO DOMÍNIO COGNITIVO	CATEGORIAS EM ORDEM DE COMPLEXIDADE	EXEMPLO DE POSSIBILIDADES DE AÇÃO PARA AVA3D
aprendizagem intelectual, habilidades e de atitudes/ Desenvolvimento de habilidades intelectuais.	CRIAR: Criar uma estrutura ou padrão de elementos diversos, com ênfase na criação de um novo elemento.	Combinar, Planejar Compor, Atualizar, Projetar, Explicar, Modificar, Relacionar, Reescrever, Compilar, estruturar, detectar, discriminar, apreciar, correlacionar, aferir, medir, julgar, linkar, sincronizar, refutar, fundamentar, considerar, correlacionar, guiar, participar, engajar, colaborar, compartilhar, interagir.
	AVALIAR: Fazer julgamentos sobre o valor de idéias ou materiais	Classificar, Avaliar, Concluir , criticar, defender, justificar, resumir, generalizar, combinar, relacionar, esquematizar, planejar, demonstrar, revisar
	ANALISAR: Separar conceitos em partes para que sua estrutura organizacional possa ser entendida.	Ordenar, explicar, Concluir e alcançar, diferenciar, ilustrar, relacionar, selecionar, Subdividir, destacar, especificar, estimar, estruturar, interpretar, medir, representar, reproduzir.
	APLICAR: Usar um conceito em uma nova situação ou não processado de uma abstração.	Atuar, participar, , produzir, experimentar, mudar, descobrir, preparar, resolver, mostrar, usar, manipular, , Construir, manipular, atuar, usar, modificar, manejar, usar, Desenhar
	ENTENDER: Compreender o significado de instruções e problemas	localizar , informar, ordenar, comparar, discriminar, explicar, ilustrar, organizar, relacionar , resumir, Interpretar, prever, Executar, , estimar, exemplificar, compreender, distinguir, estender, reconhecer, narrar, relatar .
	RECORDAR: Recuperar informações aprendidas anteriormente.	Listar, Descrever, Tabular, rotular, contornar, reproduzir, selecionar.

Fonte: A autora.

Para a sugestão das tarefas pelo MAAVA3D que servirão como suporte para as intervenções para fins educacionais ou de treinamento, o modelo permite que defina os perfis

de usuários de acordo com o tipo de capacitação, o tipo de aprendizado e tipo de inteligência. Desta forma, as tarefas são propostas para usuários de um dado um AVA3D, de acordo com as informações requeridas e disponibilizadas pelo professor no sistema.

O modelo possibilita o uso para diferentes áreas de atuação de AVA3D com ênfase em educação ou treinamento. A partir disso, as tarefas propostas pelo MAAVA3D são de um nível de abstração maior. Servindo, portanto, como uma orientação para o professor elaborar ações específicas conforme o que ele deseja ensinar. Assim, fica a carga do professor aprofundar e propor em cada AVA3D considerado, dentro do roteiro proposto pelo sistema adequar vocabulários que mais se adequem a tarefa do domínio específico.

Deste modo, ressalta-se que as propostas de tarefas nestes ambientes devem ser observadas características tanto do sistema para um domínio específico quanto das competências dos estudantes, como visto anteriormente. Além disso, deve-se considerar também a intersecção dos temas, bem como da inter-relação dos conteúdos é proposto um sistema contemplando as questões propostas chamado de S_MAAVA3D.

Capítulo 5

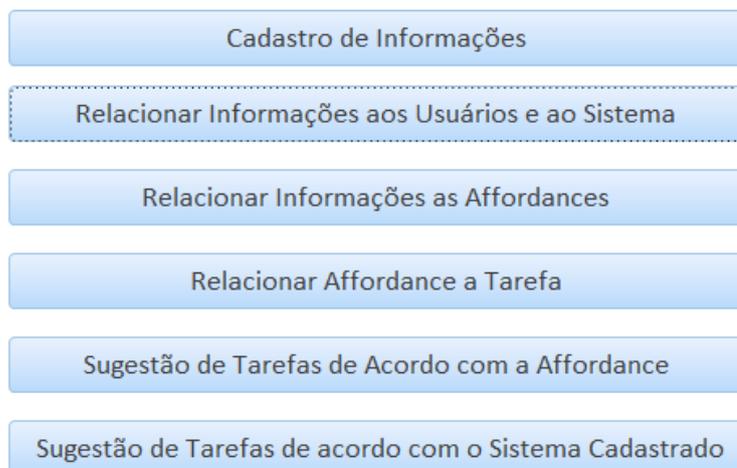
S_MAAVA3D - Arquitetura e Desenvolvimento do sistema

O MAAVA3D estabelece um conjunto de relações entre informações relacionadas aos fatores humanos, Realidade Virtual e usabilidade conforme mostra a Figura 12 (página 89). Durante a pesquisa aqui realizada, identificou-se a necessidade de se desenvolver um sistema informatizado que refletisse as relações propostas pelo MAAVA3D de forma a facilitar a geração de tarefas ou ações a serem realizadas pelo professor para o ensino e/ou treinamento em um AVA3D. Dessa forma, este capítulo descreve o S_MAAVA3D (Sistema de Modelo de *Affordance* para Ambientes Virtuais Tridimensionais), e seu funcionamento.

5.1 Sistemas de implementação para o MAAVA3D

Para organizar e estruturar o conteúdo do modelo proposto decidiu-se por implementar um sistema baseado no Microsoft Access. Desta forma, as relações encontradas nas tabelas em anexo desta pesquisa foram implementadas no S_MAAVA3D de forma a combinar as informações de entrada requeridas pelo sistema por meio das relações estabelecidas pelo MAAVA3D e oferecer como resposta tarefas que possam orientar o professor na elaboração de ações referentes a utilização de AVA3D no contexto educacional ou de treinamento. Assim, este sistema reflete as relações que o modelo propõe resultando em tarefas adequadas a treinamento ou a educação. O S_MAAVA3D pode ser dividido em três partes: Cadastro, Relacionamentos e Sugestão de Tarefas (Figura:15).

Figura 15 - Imagem do Menu Geral do S_MAAVA3D



Fonte: a autora.

5.1.1 Cadastro do S_MAAVA3D

O S_MAAVA3D requer como entrada as informações, requeridas pelo MAAVA3D, que serão relacionadas às *affordances* de forma a obter as sugestões de tarefas adequadas para AVA3D com ênfase em educação ou treinamento sobre: Os perfis dos alunos, os objetivos educacionais e os recursos de contexto (*affordance* disponíveis). Para isso, o sistema disponibiliza uma lista destes elementos pré-configurados de acordo com os levantamentos e revisões feitas nesta pesquisa. Ou seja, o S_MAAVA3D possui tabelas contendo os relacionamentos do MAAVA3D e oferece meios para o cadastramento destas informações aos domínios de conteúdo propostas nesta Tese (Figura 16 e 17) e essas opções foram pré-estabelecidas como forma de auxiliar os usuários a registrar ou preencher o cadastro solicitado.

Figura 16 - Menu de Cadastro do S_MAAVA3D



Fonte: A autora.

Figura 17 - Cadastro de perfil do usuário: tipos de Inteligência do S_MAAVA3D

Descrição do Tipo de Inteligencia:	Corporal-Cinestésica
Descrição do Tipo de Inteligencia:	Inter e Intra-pessoal
Descrição do Tipo de Inteligencia:	Linguística
Descrição do Tipo de Inteligencia:	Lógico-Matemática
Descrição do Tipo de Inteligencia:	Musical
Descrição do Tipo de Inteligencia:	NÃO SE APLICA
Descrição do Tipo de Inteligencia:	Visual ou Espacial
Descrição do Tipo de Inteligencia:	

Fonte: A autora.

5.1.2 Relacionamento do S_MAAVA3D

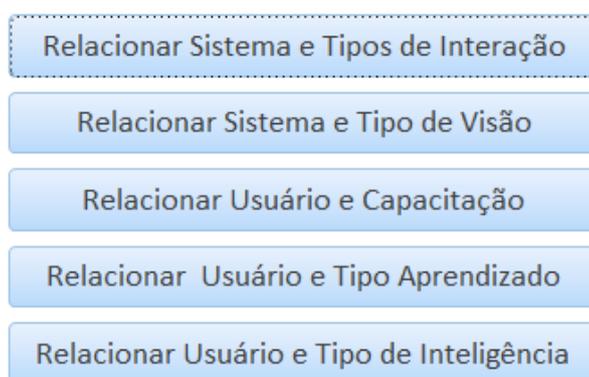
Após o cadastramento das informações requeridas pelo S_MAAVA3D, é possível relacioná-las segundo o que foi proposto pelo MAAVA3D. A Figura 17 mostra as possibilidades de relacionamento oferecidas. Estas relações propostas pelo MAAVA3D estão descritas nas tabelas anexas a pesquisa (Apêndices G, H, I e F). E tiveram como eixo de ligação e elemento principal de conexão as *Affordances educacionais* para AVA3D. Ou seja, observa-se que o conceito de *Affordances* é a engrenagem que relaciona as questões tecnológicas – do

sistema e seus requisitos técnicos – às questões subjetivas que pautam as interações do usuário como as suas preferências e questões de satisfação.

Desta forma, o usuário do MAAVA3D (professor) irá apontar no Menu de Relacionamento as informações referentes ao sistema quanto aos tipos de interação e aos tipos de visão. E também apontar as questões relacionadas ao usuário tais como: capacitação, tipo de aprendizado e tipo de inteligência.

O sistema ao propor tarefas serve para apoiar as intervenções pedagógicas sob um perfil educacional. Porém, o sistema pode não contemplar a aplicação de determinado relacionamentos de acordo com as preferências do usuário do MAAVA3D (professor). Por exemplo, o professor pode não querer registrar um tipo de inteligência. Isso fará que o sistema gere tarefas de acordo com as associações encontradas com os demais registros que o professor cadastrou.

Figura 18-: Menu Relacionamento do Usuário e Exemplo de Características do Sistema



Fonte: a autora.

5.1.3 Sugestão de Tarefas do S_MAAVA3D

O modelo MAAVA3D tem por objetivo propor tarefas adequadas a um perfil de aluno e a um ambiente virtual tridimensional com ênfase em educação/ treinamento. Estas tarefas são propostas de acordo com o conjunto de relações definidas por este modelo, de forma a auxiliar o professor a atingir o objetivo pedagógico que ele deseja utilizando o AVA3D. A partir disso, o sistema propicia duas saídas para a sugestão de tarefas que são elas:

a) *A sugestão de tarefas de acordo com o sistema cadastrado*

Esta opção relaciona as tarefas ao domínio do sistema e perfil do usuário. Nesta opção o usuário do S_MAAVA3D pode requerer tarefas sem restrições dos objetivos pedagógicos. Conforme mostra a Figura 19:

Figura 19 - Sugestão de Tarefas de Acordo com o sistema cadastrado

Informações do Usuário:

Capacitação:

Tipo Aprendizado:

Tipo Inteligência:

Informações do Sistema

Tipo de Visão :

Interação:

Tarefas sem a restrição dos Obetivos Pedagógicos

Objetivo Pedagógico:

Destreza e Capacitação Resolução de Problema

Construção de Conhecimento Colaboração

Fonte: A autora.

b) A sugestão de tarefas de acordo com as Affordances

Nesta segunda opção as tarefas são relacionadas conforme o usuário e o sistema pré-cadastrados, porém não apresentam restrições de objetivos pedagógicos conforme apresenta a Figura 20 abaixo:

Figura 20 - Sugestão de Tarefas de acordo com as *affordances*

Usuário:

Sistema:

Sugestão de Tarefas

Fonte: A autora.

5.2 Casos de Uso do S_MAAVA3D

Deboni (2003) observa a importância da UML (*Unified Modeling Language*) como uma linguagem padronizada nas atividades realizadas durante o desenvolvimento de um software. Segundo o autor, esta linguagem visa unificar, em torno de uma notação gráfica padronizada, a descrição de um software. Essa descrição é feita por meio de símbolos gráficos que se

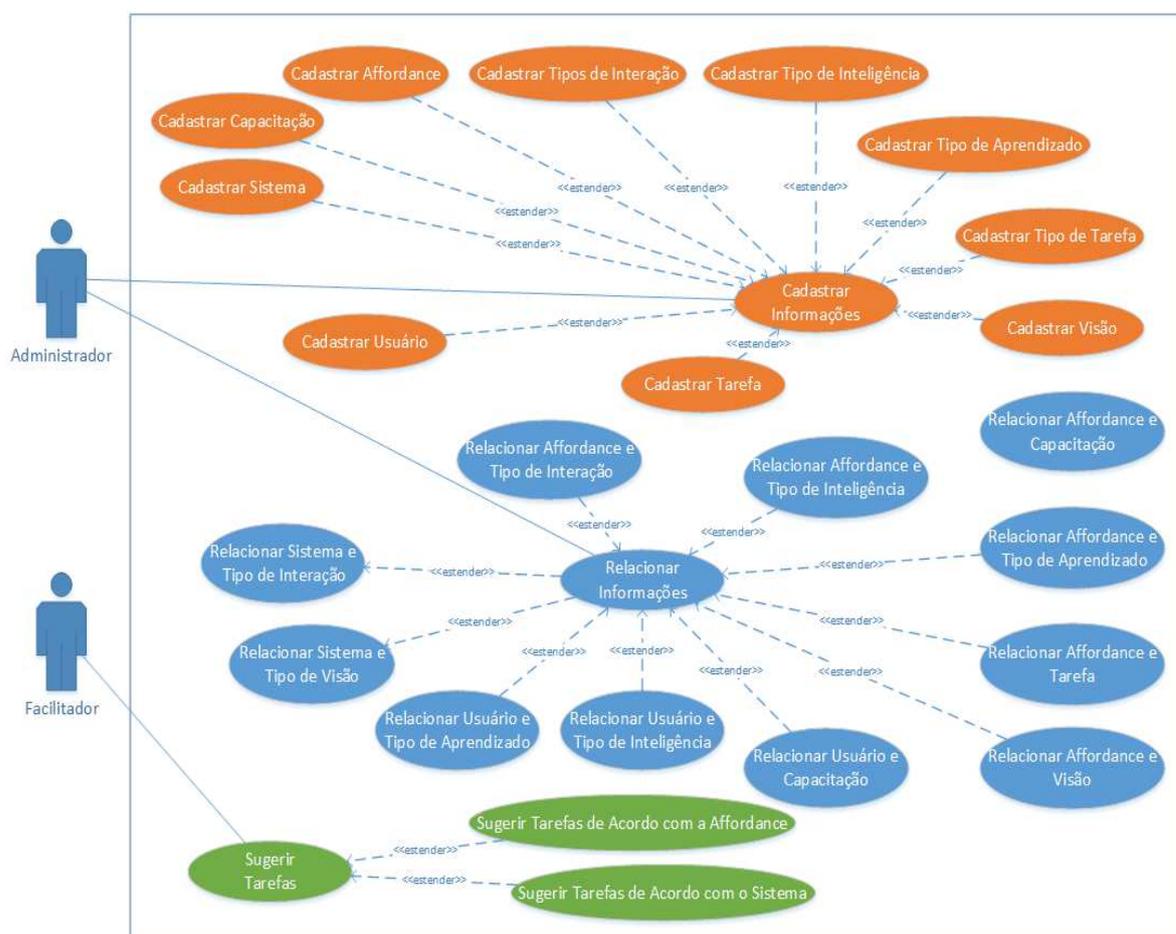
relacionam formando diagramas. Cada diagrama apresenta uma visão parcial do sistema, e são descritos por nomes e termos padronizados segundo o glossário que faz parte da UML.

Na presente pesquisa, com o objetivo de documentar e oferecer uma visão de alto nível das funcionalidades do S_MAAVA3D optou-se pela elaboração de um diagrama de caso de uso. Debone (2003) propõe que este diagrama descreve a funcionalidade proposta para o sistema que será projetado. E, segundo Booch (2006), um caso de uso representa a sequência de interação entre um ator que pode ser um humano, dispositivo ou outro software e o sistema.

5.2.1 Diagrama de Casos de Uso do S_MAAVA3D

A partir disso, foi proposto um Diagrama de Caso de Uso que descreve a funcionalidade que o sistema desempenhado pelos atores externos ao sistema (administrador e facilitador). A Figura 20 apresenta o Diagrama de Caso de Uso do S_MAAVA3D, como cadastrar e relacionar as informações necessárias para obtenção da sugestão de tarefas. Os casos de uso distribuem-se nessas grandes áreas, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Diagrama de Casos de Uso



Fonte: A autora.

5.2.2 Descrição dos Casos de Uso do S_MAAVA3D

A Descrição dos Casos de Uso é uma forma textual de delinear o comportamento do sistema. Bornia (2005) aponta que a estrutura de descrição de um Caso de Uso divide o corpo de descrição em partes lógicas. E que, há variações nestas estruturas de um caso de uso e podem se alterar para cada organização. Porém, nas descrições de casos de uso devem haver um mínimo de elementos presentes. Nesta pesquisa, e segundo Bornia (2005), foram utilizados os seguintes elementos:

Nome: Função de designar o propósito do caso de uso;

Descrição: Sintetiza os objetivos do caso de uso;

Atores: Apresentação dos atores envolvidos no caso de uso.

Pré-condições: regras de estado que definem como o sistema deve se encontrar antes de disparar o caso de uso;

Pós-condições: regras de estado que definem como o sistema deve se encontrar depois de executado o caso de uso.

Fluxo básico: atividades que ocorrem entre os atores e o sistema à medida que interagem para atingir um objetivo;

Fluxo alternativo: Os caminhos não usuais que podem ser tomados no decorrer do caso de uso, que podem ser alternativas para se alcançar objetivo, ou tratamento de erros e exceções;

O Apêndice L contém as descrições dos casos de uso apresentados na Figura 21 com o objetivo de oferecer ao leitor um detalhamento maior das funcionalidades do S_MAAVA3D.

Capítulo 6

PROVA DE CONCEITO

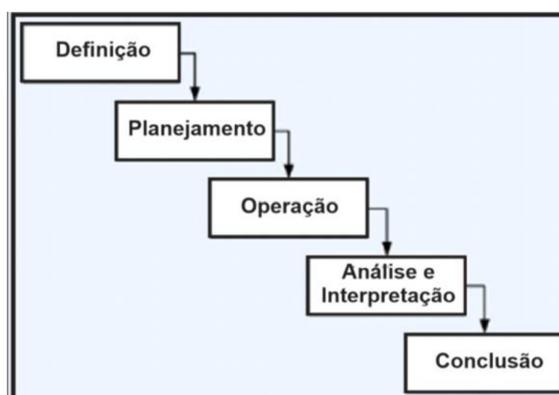
Descrição da aplicação do MAAVA3D

Este capítulo descreve o processo metodológico da aplicação da prova de conceito do MAAVA3D. Essa aplicação foi realizada por meio de uma avaliação dos níveis de conhecimento inicial e final dos alunos de engenharia elétrica da UFTM, após a execução de tarefas propostas para um AVA3D no campo de conhecimento sobre Subestações de Energia Elétrica. Verificou-se também se o MAAVA3D serviu como forma de auxiliar o professor a atingir seu objetivo pedagógico propondo sugestões de tarefas apropriadas para o AVA3D.

6.1 Processo de Avaliação do MAAVA3D

A avaliação é uma importante etapa da metodologia adotada pela presente pesquisa, a *Design Science Research*, para verificar se os objetivos propostos foram alcançados. Para isso, houve a necessidade de observar seu comportamento na prática, em uma intervenção pedagógica, de forma a analisar a sua validade, utilidade e aplicabilidade. O processo da aplicação da Prova de Conceito compreendeu 05 etapas distintas conforme Figura 22:

Figura 22 - Processo de Avaliação



Fonte: Adaptado de Savi (2011 p. 196).

6.2 Definição da Avaliação do MAAVA3D

Refere-se às seguintes definições necessárias para a realização da avaliação do MAAVA3D e seu sistema de implementação, tais como: metas; objetivos, escolha do ambiente a ser avaliado; escolha da amostra do grupo de usuários e a descrição das medidas da avaliação.

6.2.1 Metas e objetivos para a Avaliação do MAAVA3D

Na presente pesquisa foram estabelecidas duas metas de avaliação:

M1. Analisar o modelo quanto a sua validade: verificar o nível de aprendizagem dos alunos em um AVA3D, seguindo as tarefas sugeridas pelo MAAVA3D e sua instanciação;

M2. Analisar a aplicabilidade e utilidade do MAAVA3D e sua instanciação sob o ponto de vista do professor. Ou seja, verificar se o modelo proposto e sua instanciação serviram como forma de auxiliá-lo a atingir seu objetivo pedagógico propondo sugestões de tarefas apropriadas para o AVA3D.

Desta forma, o primeiro objetivo foi avaliar o nível de aprendizagem dos alunos em diferentes tarefas, sugeridas pelo MAAVA3D, realizadas dentro do ambiente virtual tridimensional que está sendo analisado. A proposta é avaliar as atividades de aprendizagem com uma pré-avaliação, antes da experiência com o ambiente de RV, e uma pós-avaliação. O segundo objetivo é obter um feedback do professor quanto a aplicabilidade e utilidade do MAAVA3D em uma intervenção pedagógica.

6.2.2 Definição do AVA3D

Escolha de um Ambiente Virtual de Aprendizagem

O sistema escolhido para a aplicação do Modelo foi o RV-CEMIG. Trata-se de um sistema baseado em RV para o treinamento de monitoramento e controle das subestações de energia pertencentes à empresa brasileira CEMIG. A escolha deste sistema foi por ele apresentar as características de um AVA3D, tais como: possibilitar a seus usuários realizar experimentos práticos interativos; possuir diversas formas de visualização e navegação e também por sua capacidade de detectar e responder as ações do usuário por meio de alterações imediatas no ambiente. O RV_CEMIG constitui-se de um exemplo relevante no contexto da

presente tese, pois já foi referendado por meio de inúmeros artigos científicos publicados em periódicos e eventos nacionais e internacionais.

6.2.3 Amostra do perfil de usuários a serem avaliados

Refere-se as características dos usuários que serão utilizadas para definir a amostra. Para a avaliação houve a necessidade da seleção de um grupo de usuários que tivessem proficiência no domínio do AVA3D avaliado. Por isso, foram escolhidos alunos do 7º ao 10º período do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) com conhecimento em Subestações de Energia Elétrica.

6.2.4 Instrumento de medição

Definição das medidas: Para a avaliação do presente estudo, é apresentada uma tabela em que se lista um conjunto de Conceitos na coluna da esquerda e solicita-se que os alunos atribuam seu nível de aprendizagem em uma escala de 5 níveis nas colunas da direita. Sendo o valor 1 para o nível menor e o 5 para o maior nível de conhecimento. Um exemplo é apresentado no Quadro 10:

Quadro 10 - Níveis de conhecimento

Atribua uma nota de 1 a 5 para seu nível de conhecimento sobre Subestações de Energia Elétrica. Sendo 1 para o nível menor e 5 para o seu nível maior de conhecimento.					
	Nível de Conhecimento				
Conceito 01	1	2	3	4	5
Reconheço a distribuição física e espacial do conjunto de equipamentos de uma subestação de energia elétrica					

Fonte: A autora.

Os 06 conceitos apresentados são provenientes das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. As tarefas estão estruturadas em níveis de complexidade crescente – da mais simples a mais complexa, conforme a Taxonomia de Bloom. Esta forma padronizada, para a obtenção de medidas na avaliação do MAAVA3D, facilitou a visualização e análise dos dados levantados. Desta forma os Conceitos usados na avaliação estão relacionados aos níveis hierárquicos da Taxonomia de Bloom conforme apresentado no Quadro 11:

Quadro 11 - Conceitos da Avaliação relacionados com as Categorias da Taxonomia de Bloom por ordem de complexidade

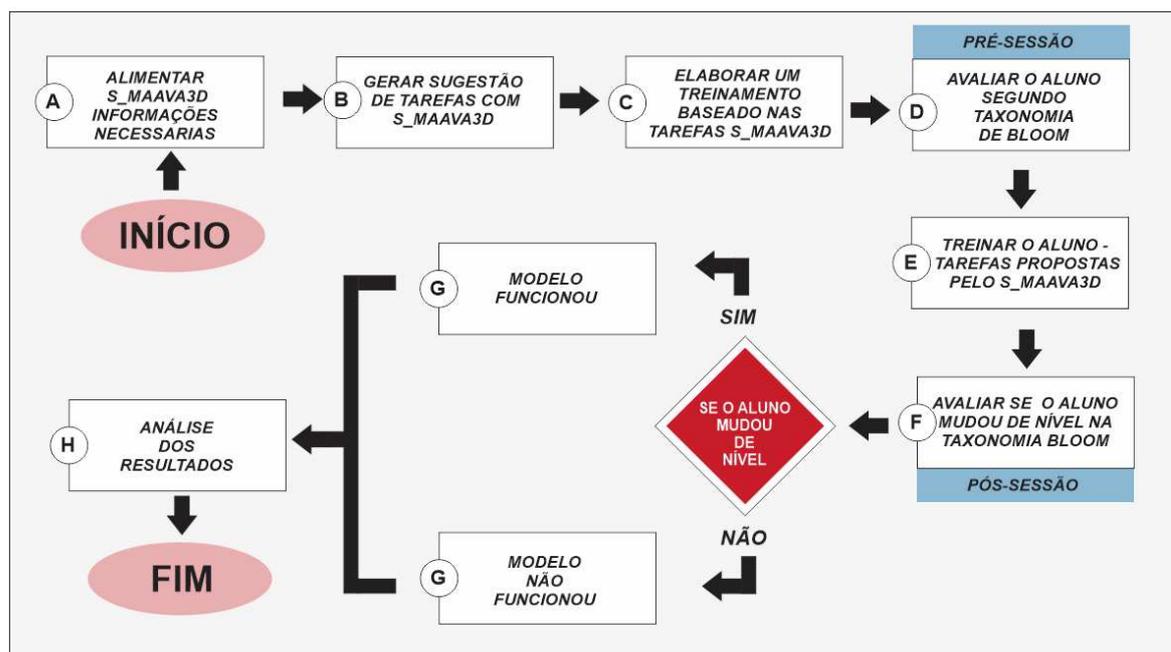
Conceitos na Avaliação	Categorias De Bloom
Conceito 1	Lembrar
Conceito 2	Entender
Conceito 3	Aplicar
Conceito 4	Analisar
Conceito 5	Avaliar
Conceito 6	Criar

Fonte: A autora

6.3 Planejamento do Contexto da Avaliação do MAAVA3D

Definido o contexto da Avaliação, ou seja, a escolha do AVA3D e da amostra do grupo de usuário a ser avaliado, segue-se para o planejamento das etapas para o processo de avaliação do sistema, conforme a Figura 23, a seguir:

Figura 23 - Planejamento das etapas para a aplicação do MAAVA3D em um AVA3D



Fonte: A autora.

Etapa A: Alimentar o S_MAAVA3D com informações necessárias requeridas pelo cadastro do sistema

Neste item, serão cadastradas as informações necessárias a respeito do RV_CEMIG, dos perfis dos alunos de Engenharia Elétrica e dos objetivos educacionais do professor no sistema. A partir das definições das informações requeridas pelo MAAVA3D a saber: os requisitos RV_CEMIG (Apêndice K), objetivo pedagógico do professor e as características

do alunos da UFTM (ANEXO B). Quanto ao perfil dos alunos, além do plano de curso que delineia um perfil de alunos da engenharia, foram identificados os tipos de aprendizagem e de inteligência a partir dos diálogos com o professor da Disciplina de Subestações. Desta forma, foram identificadas no Quadro 12 as características a respeito do sistema, para gerar a sugestão de tarefas para a presente Avaliação.

Quadro 12 - Características levantadas do RV_CEMIG:

Levantamento	Características	Características cadastradas
Sistema RV-CEMIG	Tipo de Interação	Manipulação Direta/ Seleção/ Controle/ Navegação
	Tipo de Visão	Primeira Pessoa, Terceira Pessoa, Visão Geral e Visão Mini-Mapa/
	O sistema Oferece as possibilidades de:	Ler, Visualizar, Ouvir, Manipular, Interagir, Navegar, cessar, Procurar, Destacar, Focalizar e Encontrar.
Grupo de usuários: Alunos/ UFTM	Tipo de inteligência	Logico-Matemática/Visual-Espacial
	Capacitação	Iniciante/ Médio
	Tipo de aprendizagem	Acomodador/Convergente

Fonte: A autora.

Para a realização da avaliação do MAAVA3D, houve a necessidade de particularização das tarefas (Apêndice K) de forma mais elaboradas e específicas. Isto foi possível pelo acesso ao sistema e por pesquisas a respeito do domínio sobre Subestações de Energia.

Etapa B: Gerar Tarefas com o S_MAAVA3D de acordo com os dados cadastrados

A partir do cadastro de informações requeridas pelo S_MAAVA3D, as tarefas são sugeridas automaticamente (Figura 24). Porém elas estão em um nível maior de abstração. Por isso, para facilitar a aplicação das tarefas a avaliação foi proposta de forma para não demandar esforço cognitivo dos alunos em relação as unidades de medida e nem em relação aos termos técnicos e tarefas. Para isso, o teste foi validado tanto pelo professor da disciplina de Subestações de Energia quanto pelo orientador desta pesquisa;

Figura 24 - Exemplo De Tarefas Sugeridas Pelo S_MAAVA3D

Tarefas Sugeridas

Usuário: Sistema:

Descrição Tarefa:

Affordance:

Capacitação: Nível Tarefa:

Destreza Capacitação Resolução Problema Construção Conhecimento Colaboração

Descrição Tarefa:

Affordance:

Capacitação: Nível Tarefa:

Destreza Capacitação Resolução Problema Construção Conhecimento Colaboração

Descrição Tarefa:

Affordance:

Capacitação: Nível Tarefa:

Destreza Capacitação Resolução Problema Construção Conhecimento Colaboração

Descrição Tarefa:

Affordance:

Capacitação: Nível Tarefa:

Destreza Capacitação Resolução Problema Construção Conhecimento Colaboração

Fonte: A autora.

Etapa C: Elaborar treinamento baseado nas tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D

Para a elaboração do treinamento foram considerados os seguintes requisitos:

- Tempo de aplicação do teste: Um requisito importante considerado na proposta do questionário foi o de não consumir muito tempo na sua aplicação, já que o professor não dispunha de outras aulas que poderiam ser ocupadas para o teste e para longas sessões de avaliações. Com isso, a aplicação do teste ficou dentro do intervalo de 1:40min (Uma hora e quarenta minutos). Tempo referente a duas aulas de 50 minutos na UFTM,
- Operação para a Avaliação do MAAVA3D : Selecionar um grupo de usuários que tivessem proficiência no domínio do AVA3D avaliado.
- Adequar as orientações sugeridas pelo S_MAAVA3D na elaboração de estratégias de ensino e na adequação para de atividades no AVA3D.

6.4 Operação:

Etapa D: A etapa de operação iniciou-se com a apresentação para os alunos do propósito da pesquisa; as instituições envolvidas e como seria o procedimento para preenchimento do formulário e com a distribuição do teste para os alunos. Foram cronometrados os intervalos de tempo da aplicação do teste pré-sessão, o tempo de treinamento e aplicação do teste pós sessão. Savi (2011) aponta a importância para a avaliação do teste de serem observados a completude do questionário pelos participantes (Quadro 13) e se responderam com seriedade;

Quadro 13 - Informações sobre a instituição e dos alunos

Instituição: UFTM	Unidade Instrucional: Engenharia Elétrica
Disciplina: <i>Subestações de Energia Elétrica</i>	Professor:
Aluno:	
Sexo:	Idade:
Avalie sua experiência em Ambientes Virtuais 3D:	
() Nenhuma Experiência	() Experiência Moderadamente Alta
() Alguma Experiência	() Experiência Alta
() Experiência Moderada	

Fonte: A autora.

Etapa E: Aplicação do questionário pré-sessão

A avaliação constitui na aplicação de dois questionários, um questionário antes da interação do aluno com o RV_CEMIG, denominado pré-sessão, para obter os dados dos alunos e para que possam atribuir um valor para seu nível de conhecimento sobre Subestações de Energia Elétrica.

Etapa F: Treinar o Aluno

Em seguida, houve o treinamento sobre o RV-CEMIG dado por um instrutor, doutorando do programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, mostrando todas as possibilidades de interação e visualização do Ambiente. Logo após o treinamento foram introduzidas as tarefas (orientações) sugeridas pelo S_MAAVA3D e executadas com satisfação pelos alunos que ainda não haviam realizado visitas de campo em uma subestação de energia real. As tarefas sintetizaram um conjunto de diferentes simulações de operações, possibilitando a exploração dos equipamentos de forma interativa.

Etapa G: Avaliação do aluno pós interação

Após o treinamento houve a aplicação do questionário pós-sessão para obter o nível de aprendizagem dos alunos. Também foi aplicada uma pergunta sobre as considerações dos alunos em relação ao desenvolvimento das tarefas e do conhecimento adquirido no domínio do treinamento aplicado.

6.5 Análise dos dados

Procedimentos para a Análise de conteúdo: pesquisa qualitativa

- a) Tabular dos Dados coletados: Os dados levantados na pesquisa foram computados, colocados em uma planilha; em seguida foram codificados, pois foram atribuídos números às respostas e alternativas para que possam ser melhor analisadas e por fim os dados foram organizados em tabelas.
- b) Recorrer a hipótese fundamental da pesquisa: o conjunto de tarefas propostas pelo S_MAAVA3D, geradas a partir das relações dadas pelo MAAVA3D, possa haver um ganho pedagógico e que este pode ser avaliado por meio da taxonomia de Bloom.
- c) Recorrer as metas do objetivo da Avaliação e, estabelecer o melhor método para tabular os dados do estudo.

6.6 Análise dos resultados

6.6.1 Verificação do nível de aprendizagem dos alunos em um AVA3D, seguindo as tarefas sugeridas pelo MAAVA3D e sua instanciação

Segundo Gibbs (2009), a análise dos resultados é um processo de transformação onde os dados qualitativos são avaliados por meio de procedimentos analíticos, até que se transformem em uma análise clara e compreensível. O mesmo autor ressalta a importância de uma abordagem de análise por comparação para a validade de um estudo qualitativo, e aponta a importância de procurar, explicitamente, diferenças e variações nas atividades, experiências, ações, entre casos, contextos e eventos. Nesta pesquisa, as análises foram essencialmente comparativas, pois o objetivo da avaliação foi verificar o nível de aprendizagem dos alunos antes e após a interação em um AVA3D, ou seja com o RV_CEMIG descrito no Apêndice K, seguindo as tarefas sugeridas pelo MAAVA3D e sua instanciação.

A primeira análise foi realizada quanto a amostra do perfil de usuários a serem avaliados na pesquisa. Que resulta em 18 estudantes do sexo masculino, pois não havia nenhuma aluna matriculada na disciplina. A média de idade foi de 23,33 anos (21 a 29 anos), e do 7º ao 10º período no curso de graduação em Engenharia Elétrica na UFTM. A classificação da experiência com RV dos alunos pode ser vista no Gráfico 01.

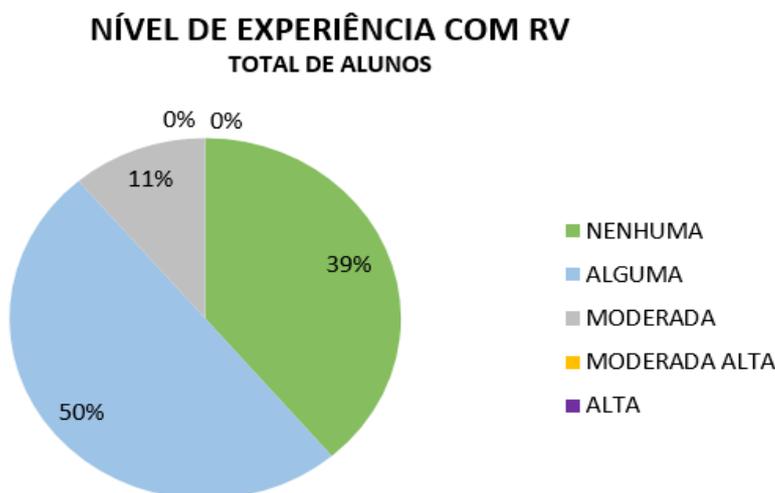


Gráfico 01 - Nível de experiência dos Alunos da UFTM com o uso de RV. Fonte: A autora.

Com os dados coletados na pesquisa, observa-se no Gráfico 01, que os alunos submetidos a avaliação apresentavam níveis de moderada a nenhuma experiência nos ambientes suportados pela tecnologia de RV. Prevendo a necessidade de melhor compreensão das diversas formas de interações possibilitadas pelo AVA3D, ou seja, pelo RV_CEMIG foi proposto um treinamento concomitantemente com a aplicação das tarefas sugeridas pelo

sistema. A partir deste primeiro levantamento observado no Gráfico 1, foi cadastrado no S_MAAVA3D quanto a capacitação do usuário os níveis de iniciante a médio. Preece et al. (2005) apontam a importância de propor estratégias de interação que melhor se adaptem aos diversos tipos de processos cognitivos, que segundo a autora, uma vez adotadas podem aumentar os processos de cognição humana nestes ambientes. Assim, observou-se que as tarefas foram realizadas de acordo com a proficiência dos alunos no AVA3D e pelo prévio conhecimento a respeito da disciplina de Subestações Elétricas, de forma a reconhecerem as funcionalidades do RV_CEMIG sem esforço, de forma que estas interações não exerceram um fator de sobrecarga cognitiva que denotasse um declínio no desempenho das tarefas sugeridas conforme Gráfico 02:

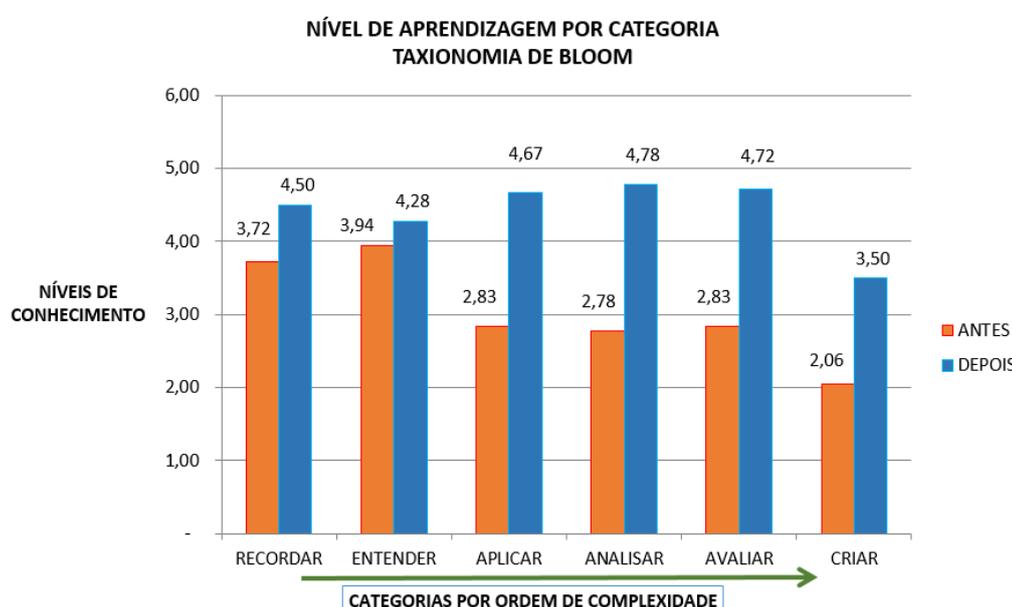


Gráfico 02 - Média do nível de conhecimento dos alunos antes e depois da realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Fonte: A autora.

No Gráfico 02 identifica-se no eixo das abscissas as seis categorias da Taxonomia de Bloom, por ordem de complexidade. E no eixo das ordenadas os níveis de conhecimento, que variam de valores entre 1 e 5. Observa-se que, em cada categoria, há duas colunas com o resultado da média entre os níveis de conhecimento autodeclarados pelos alunos, antes e depois da interação com as tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Assim, as tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D foram dispostas por ordem de complexidade e, se apoiaram nos estudos de Sweller (1988) que assinala que o sequenciamento e a apresentação das informações devem estar alinhados com o processo cognitivo humano e devem ser compatíveis com a capacidade de manipulação do sistema cognitivo do usuário. Percebe-se que a proposta de sequenciamento das tarefas por ordem de complexidade, das tarefas mais simples as mais complexas forneceram

o desenvolvimento adequado e melhor compressão destas atividades. Observa-se também que, nas categorias mais simples, ou seja, nas duas primeiras categorias (Recordar e Entender), onde as tarefas objetivaram reconhecer informações e entender os princípios sobre Subestações, os alunos não tiveram significativas diferenças do nível de conhecimento, pois entende-se que os alunos já possuíam embasamento sobre esta disciplina, e que as tarefas neste caso vieram apenas complementando esse entendimento. Porém, observa-se que estas categorias, classificadas como de pensamentos de nível inferior, segundo Bloom et al.(1956), são fundamentais nos processos do conhecimento humano, dado que estruturam as informações que construirão as habilidades nos níveis mais altos da taxonomia. Nota-se ainda que em todas as categorias houveram um maior nível de aprendizagem, por aluno, segundo os dados coletados, depois do desenvolvimento das tarefas. Isto pode ser melhor identificado no Gráfico 03:

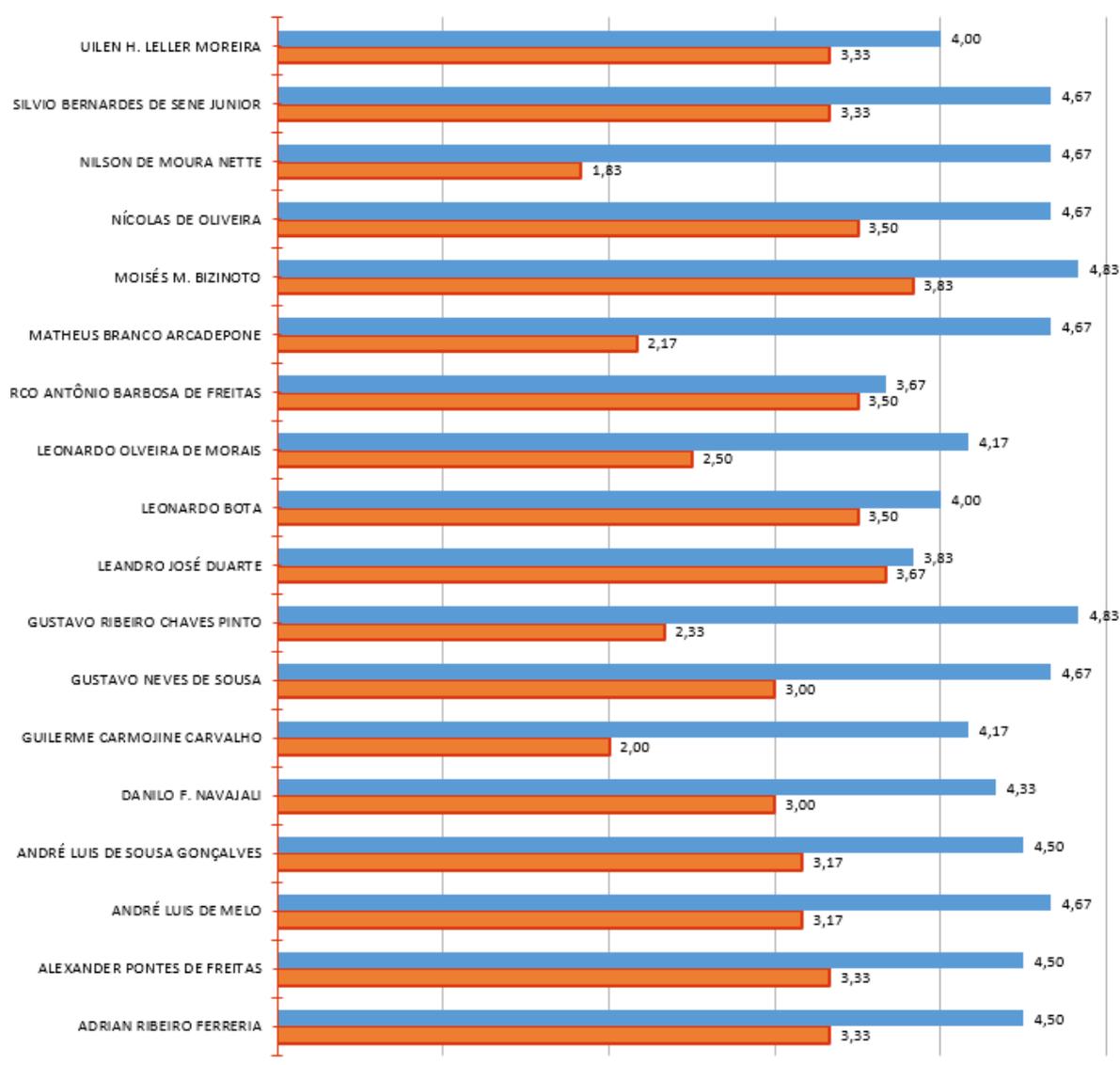


Gráfico 03 - Diferença dos níveis de conhecimento antes e após a realização das tarefas sugeridas, por aluno pelo S_MAAVA3D. Fonte: A autora.

Conforme mostrado no item 8.1.4, instrumento de medição, solicitou-se que os alunos atribuíssem para seu nível de conhecimento valores que variavam de 1 a 5, sendo o valor 1 para o nível menor e o 5 para o maior nível de conhecimento. Observa-se que, após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D, a média de respostas teve um aumento de 3,20 para 4,65. Portanto, o nível de conhecimento dos alunos teve um aumento de quase 30% entre a avaliação inicial e a pós-sessão. Isso indica que as tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D, podem ter contribuído para um progresso sobre o entendimento acerca do domínio estudado. E percebe-se também que estas tarefas foram adequadas também quanto as características dos perfis dos alunos da UFTM. Nota-se que, para no cadastro destes perfis, foram implementadas as inteligências Logico-Matemática e Visual-Espacial. Gardner, Chen e Moran (2009), apontam que a inteligência Lógica-matemática é estimulada por desafios que envolvem raciocínio lógico, enquanto o perfil Visual-Espacial é estimulada por experiências e percepções sensorio-motoras que envolvem dimensionar e posicionar os objetos, auxiliando também na capacidade de locomoção no AVA3D. Quanto ao tipo de aprendizagem foram identificados dois perfis dos alunos cadastrados os tipos *Convergente e Acomodador*. Segundo Kolb(1984), o tipo *Convergente é estimulado pela* aplicação prática das ideias e resolução de problemas. O autor propõe que neste estilo de aprendizagem os alunos possam ter uma noção prévia do conteúdo a ser aprendido e, depois prossiga para a experimentação - como foi realizado no processo da Prova de Conceito presente neste capítulo. Enquanto o tipo Acomodador prefere experiências práticas ao invés de uma abordagem teórica. Nesse estilo o estudante prefere fazer aplicação imediata de novas experiências. Ressalta-se que esta proposta de adequação ao perfil do usuário está vinculada a *Affordance* de Personalização, onde as tarefas propostas foram adequadas ao perfil cognitivo e ao nível inicial da sua expertise no AVA3D.

A partir das informações visualizadas nos Gráficos 02 e 03 e, como forma de entendimento entre os dados coletados, optou-se no presente estudo, por obter a frequência de respostas dos alunos que variam de 1 a 5 em cada nível da taxonomia de Bloom. Observando que estas 06 categorias variam por ordem de complexidade dos processos cognitivos, optou-se em reclassificá-las em 03 níveis: aquisição do conhecimento (recordar e entender), operacionalização do Conhecimento (Aplicar e Analisar) e, por fim na classificação de maior complexidade, ou seja, na Resolução de Problemas (Avaliar e Criar). Esta reclassificação tornou-se necessária ao ser observados que as informações gráficas resultantes dos dados coletados propunham indicadores semelhantes nesta reclassificação. Para a avaliação do nível Aquisição do conhecimento foram propostos no Quadro 14 tarefas compatíveis com os níveis Recordar e Entender da Taxonomia de Bloom.

Quadro 14 - Tarefas sugeridas para o nível Aquisição do Conhecimento

Conceito 01- Categoria Recordar
Reconheço a distribuição física e espacial do conjunto de equipamentos de uma subestação de energia elétrica
Sugestão de Interação: Alterar os modos de navegação. Exemplo, modificar para 3ª Pessoa, posteriormente 1ª Pessoa e por fim voltar ao modo visão geral.
Conceito 02- Categoria Entender
Compreendo a forma de equipamentos de uma subestação de energia elétrica tais como transformadores, chave seccionadoras e para-raios.
Sugestão de Interação: Utilizando minimap, navegue até um dos transformadores, uma chave seccionadora e para-raios e obtenha informações sobre estes componentes.

Fonte: A autora.

Nota-se que as propostas na aquisição do conhecimento estão suportadas pelas *Affordances* para o conhecimento espacial e pelas *Affordance* para Aprendizagem Experiencial. Segundo Dalgarno e Lee (2010), a *Affordance* espacial relaciona-se com as percepções humanas de locomoção e manipulação dos objetos tridimensionais no AVA3D e que facilitam no desenvolvimento da representação visual e espacial do domínio explorado, ou seja, da visualização de uma Subestação de Energia. Quanto a *Affordance* Experiencial, levam ao desenvolvimento do indivíduo por meio do conhecimento obtido por meio dos sentidos. E segundo Kolb(1984), a aprendizagem experiencial auxilia no desenvolvimento do indivíduo porque se dirigem a uma meta e um propósito específico de aprendizagem. Os resultados da pré e pós-sessão podem ser visualizados no Gráfico 04.

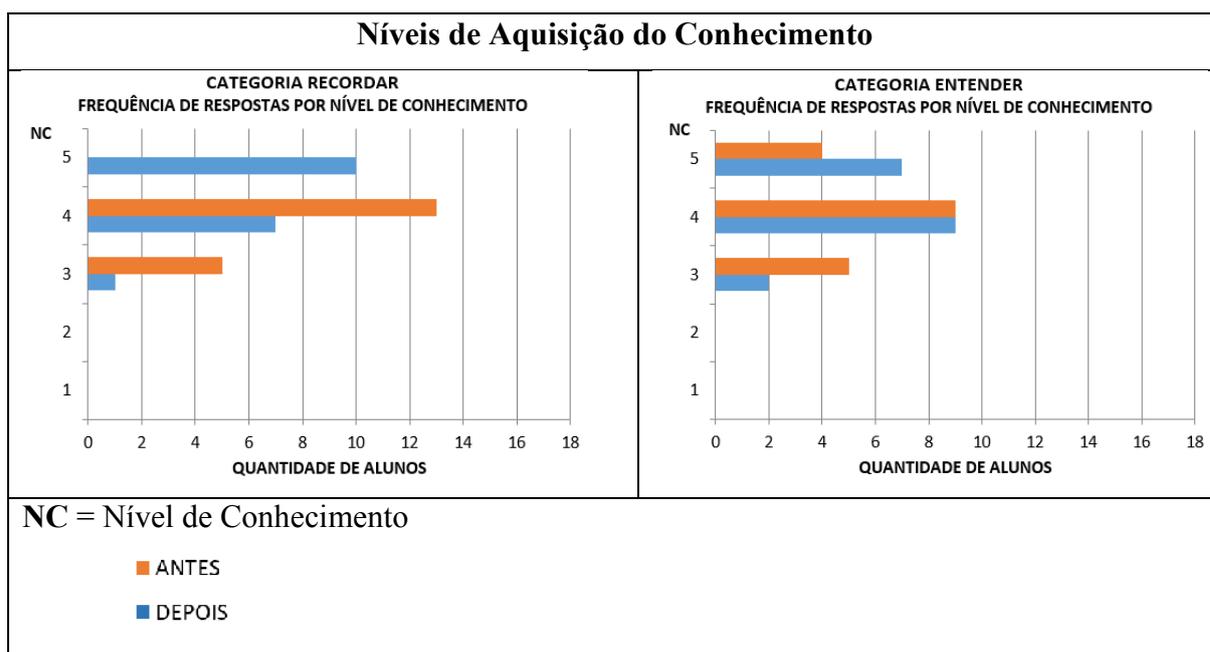


Gráfico 04 - Diferença da Média aritmética dos níveis de aquisição do conhecimento antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Fonte: A autora.

As tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D (Quadro 15), no nível de aquisição do conhecimento já adaptadas para o treinamento realizado. Direcionaram os alunos às propostas nas categorias de Bloom et al. (1956), Recordar e Entender . Essas categorias possibilitam aos alunos fazerem um primeiro reconhecimento do ambiente virtual tridimensional e selecionar os objetos para obter informações de sobre componentes de uma Subestação de Energia. Segundo Bowman (2004) as técnicas de navegação são utilizadas na exploração do mundo virtual. Assim o aluno teve oportunidade de navegar por toda a Subestação Virtual , fazer um reconhecimento do espaço e de locomover-se livremente ao mesmo tempo que modificava os tipos de visão e retirar informações dos objetos 3D, todos proporcionados pelos recursos já existentes no RV_CEMIG com os tipos de visão (Primeira Pessoa, Terceira Pessoa, Visão Geral e Visão Mini-Mapa,) incluindo os tipos de seleção. Isso possibilitou ao aluno a visualização que ele mais se identificasse, com a intenção de proporcionar mais conforto e satisfação na conclusão da tarefa proposta.

Em relação a frequência de respostas, nos primeiros níveis da Taxonomia de Bloom que se referem a aquisição do conhecimento (Gráfico 04), observa-se que houve uma migração de respostas dos alunos de valores entre 3 e 4 antes da pré-sessão para uma maior de frequência de alunos que responderam entre os valores 4 e 5 de entendimento logo depois de realizar as tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Observa-se que, para o prévio conhecimento da disciplina de Subestações Elétricas, foi fundamental para essa identificação e compreensão dos conceitos básicos dos equipamentos e de seu arranjo. E que, as tarefas sugeridas no ambiente tridimensional foram adequadas, pois possibilitou aos alunos operacionalizar informações básicas reorganizando ou associando esses conceitos anteriormente aprendidos em sala de aula. Para a avaliação do nível Operacionalização do conhecimento foram propostos no Quadro 15 tarefas compatíveis com os níveis Aplicar e Analisar da Taxonomia de Bloom.

Quadro 15 - Tarefas sugeridas para o nível Operacionalização do Conhecimento

Conceito 03 -
Consigo monitorar as atividades de uma chave seccionadora.
Sugestão de Interação: Em 3ª pessoa, realizar leitura do equipamento na camada controle, e posteriormente alterar o estado do equipamento.
Conceito 04
Consigo por meio de ferramentas apropriadas checar o estado de um transformador como ligados ou desligados.
Sugestão de Interação: Clique no transformador, realize a leitura pela janela de informações e posteriormente feche a janela.

Fonte: A autora.

Compreende-se que as propostas das tarefas no nível de Operacionalização do conhecimento estão suportadas principalmente pelas *Affordance Contextualizada*, que vinculam as atividades propostas ao domínio a que pertence o AVA3D, ou seja, aos conhecimentos sobre Subestações de Energia Elétrica. Dalgarno e Lee (2010) apontam que o nível de realismo visual, sensorial e de interatividade no AVA3D possibilitam ser mais facilmente lembradas e aplicadas dentro do ambiente real correspondente. Ainda sobre as tarefas propostas, ressalta-se a importância das técnicas de controle, que segundo Bowman et al. (2004) acessam as suas funcionalidades do AVA3D permitindo alterar o modo do objeto como foi proposta na sugestão de tarefas pelo S_MAAVA3D. Os resultados da pré e pós-sessão podem ser visualizados no Gráfico 05.

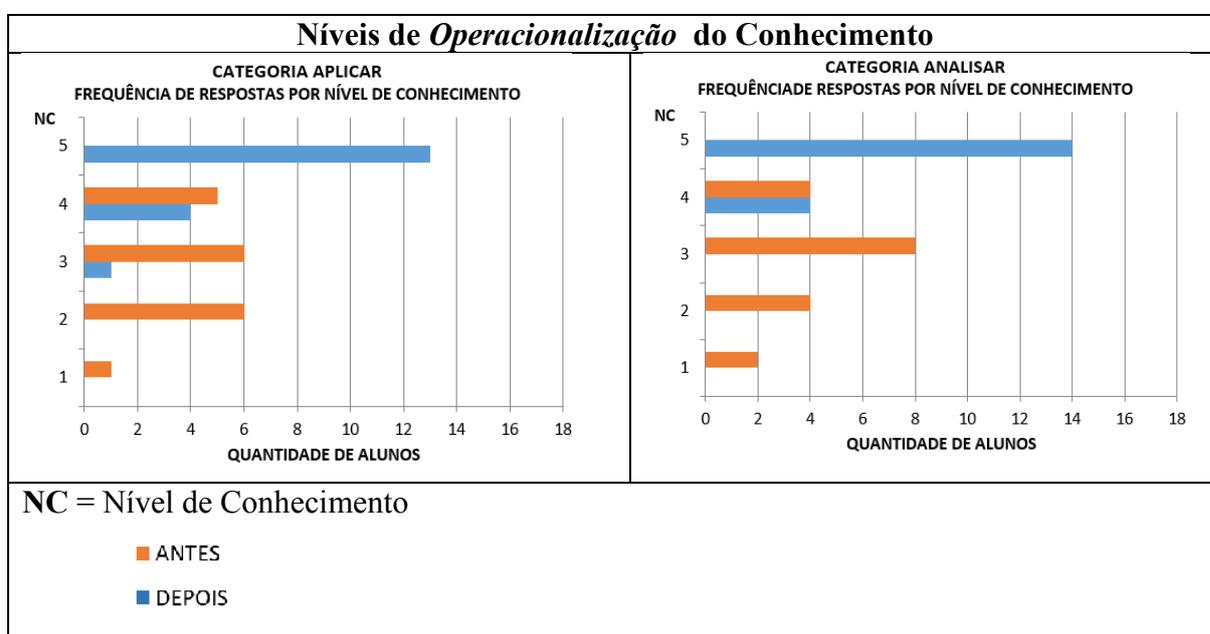


Gráfico 05 - Diferença da Média aritmética dos níveis de operacionalização do conhecimento antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Fonte: A autora.

Bowman et al. (2004) aponta que a presença se caracteriza por uma interação faz que uso da capacidade computacional para atualização/reação do ambiente (*feedback*) conforme as ações do usuário. Por tanto, no Nível de Operacionalização, a possibilidade de interagir com o AVA3D é um importante componente no processo de aprendizagem. Com isso, entende-se que as tarefas no nível aumentaram a sua complexidade, e que segundo Bloom et al. (1956), demandam um maior esforço cognitivo do aluno (Gráfico 05). Assim, observa-se que na pré-sessão, onde os níveis considerados da Taxonomia de Bloom eram relacionados a utilização dos princípios básicos para completar o problema ou tarefa, ou seja, nas categorias aplicar e analisar, a maior frequência de resposta estava abaixo do valor 3. E que após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D a maior frequência mudou para valores acima de 4. Isso

demonstra que um maior número de alunos se sentiram mais confiantes em aplicar o conhecimento adquirido na disciplina de Subestações, ao interagirem em um ambiente Virtual suportado pela tecnologia de RV. Para a avaliação do nível Resolução de Problemas foram propostos no Quadro 16 tarefas compatíveis com os níveis Avaliar e Criar da Taxonomia de Bloom.

Quadro 16 - Tarefas sugeridas para o nível Resolução de Problemas

Conceito 05
Identifico equipamentos de uma subestação de energia e consigo classificar ou os rotular.
Sugestão de interação: Selecionar, identificar e rotular alguns objetos por meio de ferramentas de informação levantar dados a respeito.
Conceito 06
Consigo planejar um roteiro para inspecionar um conjunto trifásico.
Sugestão de Interação: Sequencie as tarefas e planeje uma inspeção de um conjunto Trifásico.

Fonte: A autora.

Compreende-se que as propostas das tarefas no nível de Resolução de Problemas estão suportadas principalmente pelas *Affordance Semiótica* e *Affordance da Encontrabilidade da Informação*. *Affordance Semiótica* pauta-se para além das qualidades visuais dos objetos tridimensionais, pois correlaciona as diversas características do objeto e sua funcionalidade. Com isso, a tarefa sugerida propôs que os alunos adquirissem informações e reconhecessem o comportamento dos objetos tridimensionais da Subestação de Energia. Estas tarefas sugeriram que os alunos desempenhassem funções como caracterizar, planejar, produzir e avaliar. Assim, o nível Resolução de Problemas compreende, segundo Bloom et al. (1956) no desenvolvimento de atividades de maior ordem de complexidade. Os resultados da pré e pós-sessão podem ser visualizados no Gráfico 06.

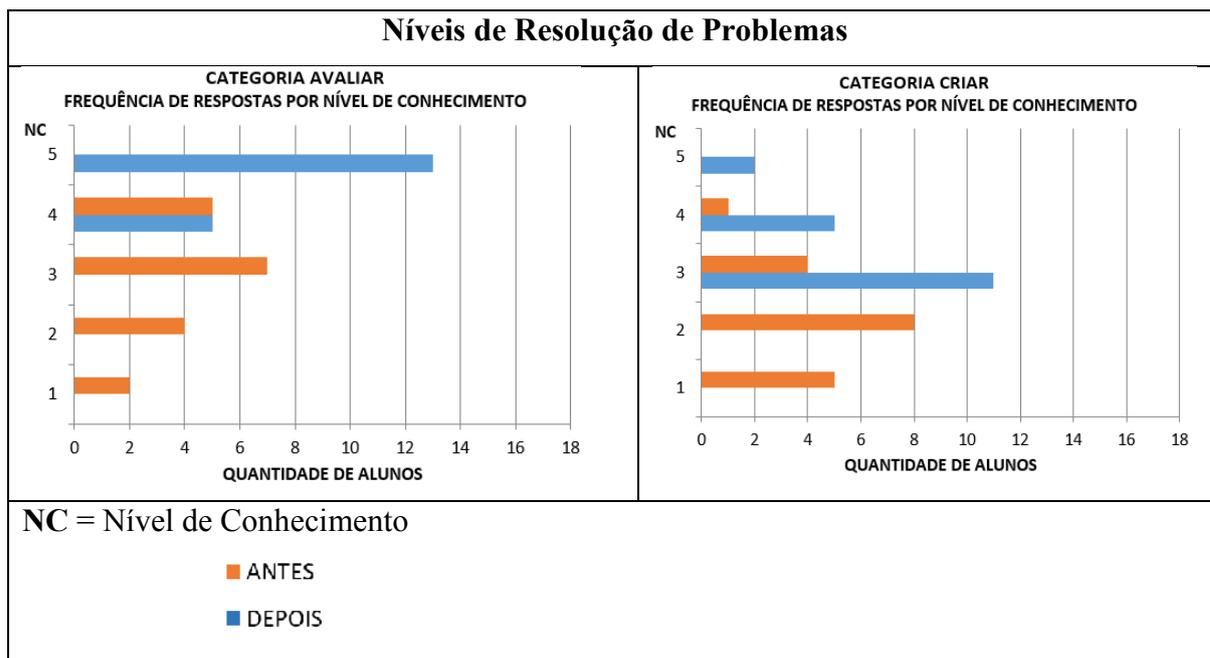


Gráfico 06 - Diferença da Média aritmética dos níveis Resolução de Problemas, antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Fonte: A autora.

Com isso, as tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D foram adequadas ao domínio do estudo e aplicadas do nível menor para o maior em complexidade, aumentando assim progressivamente o nível de dificuldade. As tarefas estão classificadas de acordo com o nível da categoria de Bloom na Sugestão de Tarefas propostas (Figura 23). Com isso, o professor ou o facilitador de uma intervenção pedagógica, devem observar com atenção, a ordem de sua aplicação, sempre das categorias mais simples as mais complexas. Pois estas foram classificadas assim no S_MAAVA3D mas a sua disposição aparecem de forma aleatória. Desta forma, segundo os dados coletados na pesquisa, ao elevar a categoria para níveis mais altos (Gráfico 06) de complexidade sendo estas avaliar e criar, houve um domínio de respostas, na pré-sessão de valores entre 1 e 3. Após a realização das tarefas observou-se que na categoria “Avaliar” houve um predomínio de respostas com valores entre 4 e 5. E na categoria “Criar” um predomínio de respostas dos alunos que ficaram entre 3 e 5. Pode-se analisar esse contexto, observando que na resolução de problemas, principalmente no quesito “Criar” requer do aluno um maior domínio, aplicação criativa e pensamento de nível mais alto.

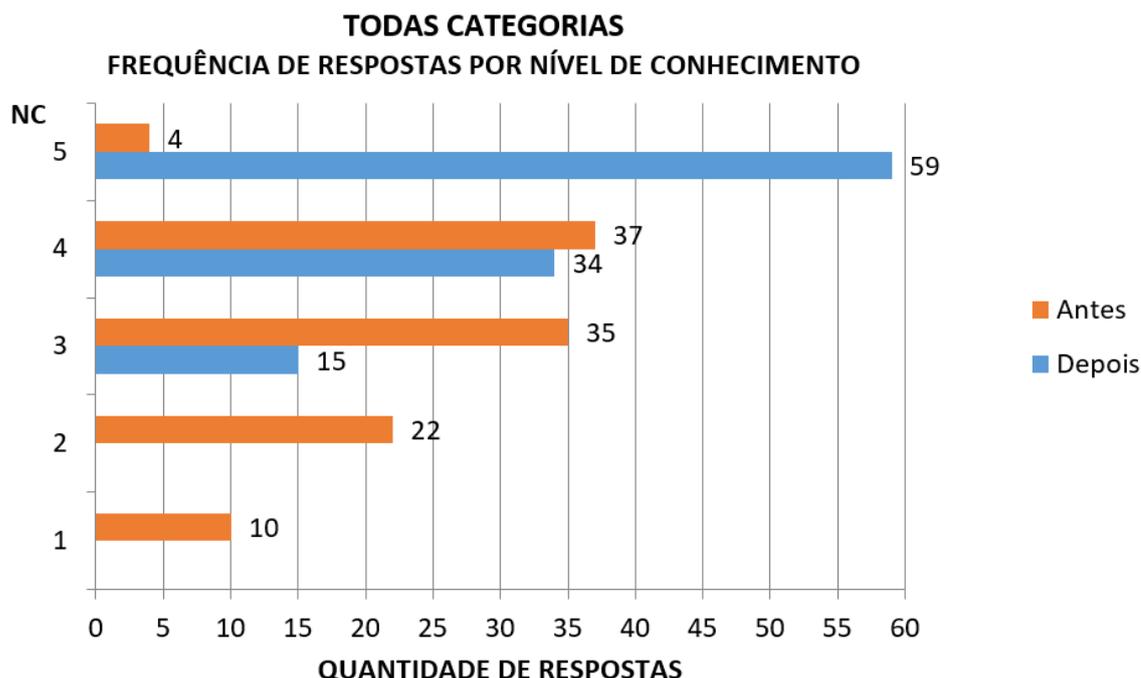


Gráfico 07 - Frequência de respostas por nível de conhecimento, antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D. Fonte: A autora.

Giovanni (1994) aponta frequência absoluta é o número de vezes que um determinado número aparece em um experimento ou estudo. Segundo o Gráfico 07 o valor 5 é o que possui a maior frequência. Isto indica que os alunos se sentiram mais confiantes em responder que possuíam um maior grau de conhecimento depois da realização das tarefas sugeridas pelo S_MAAVA3D;

6.6.2 Analisar a aplicabilidade e utilidade do MAAVA3D e sua instânciação sob o ponto de vista do professor

Com base nos dados coletados com o professor da disciplina de Subestações de Energia (SE) Elétrica da UFTM, tanto a aplicabilidade e utilidade do modelo de avaliação foram considerados adequados e relevantes. Como principais pontos fortes foram citados a oportunidade de visualização de uma subestação real de forma virtual, mas sem a necessidade da realização de uma visita técnica, a qual demandaria custos e mais tempo; que as tarefas propostas eram de fácil compreensão e estavam diretamente associadas à disciplina de Subestações de Energia(SE) e que foram realizadas sem dificuldades pelos alunos.

6.7 Conclusão da Avaliação do MAAVA3D

Para a avaliação do MAAVA3D foram necessárias obter métricas que corroborassem o Modelo. Assim, primeiramente foi realizado um experimento que permitiu a análise dos níveis de conhecimento do aluno antes e após a realização das tarefas sugeridas pelo sistema. Por meio da taxonomia de Bloom, os dados colhidos indicam que os alunos obtiveram maiores valores de conhecimento após a efetivação das atividades propostas. Assim, conclui-se que as tarefas sugeridas foram, de fato, desenvolvidas de forma satisfatória pela turma. Outra importante métrica para a avaliação do MAAVA3D foi quanto a sua aplicabilidade e utilidade sob o ponto de vista do professor. Ele apontou que as tarefas eram apropriadas para o nível cognitivo e de aprendizagem de seus alunos e que estas auxiliaram na facilidade de execução das atividades propostas para o AVA3D, ou seja, o RV_CEMIG.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Diante da fundamentação teórica levantada para esta pesquisa, observa-se que os materiais de aprendizagem voltados para AVA3D devem apresentar informações a um ritmo e em um nível de complexidade que seus usuários possam entender, de acordo com as suas necessidades, sejam elas educacionais ou treinamento. Isso expõe a necessidade de selecionar quais recursos tecnológicos devem ser utilizados para a transmissão dos conteúdos ou mesmo na proposição de tarefas adequadas para estes ambientes de acordo com o processo cognitivo humano.

Analisando essa lacuna sobre os processos de aprendizagem do usuário e suas possibilidades de interação com um AVA3D foi possível constituir a hipótese levantada para a atual pesquisa: a partir das relações estabelecidas pelo MAAVA3D, é possível realizar intervenções pedagógicas mais apropriadas às necessidades de aprendizagem por meio de tarefas educacionais que mais se adequem a determinados perfis ou grupos de usuários.

Desta forma, a pesquisa explorou um conjunto de tarefas de aprendizagem da mais simples à mais complexa, de acordo com a hierarquia dos domínios cognitivos propostos por Bloom. O objetivo é motivar o aluno a perceber a evolução no seu processo de aprendizagem, pois para ascender a uma nova categoria de tarefas é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior.

Outro benefício é encorajar os alunos a participar de uma determinada abordagem educativa, envolvendo-os no ambiente sintético de forma que eles percebam os recursos disponíveis e as possibilidades de interação de acordo com seu perfil cognitivo e suas preferências educacionais. Assim, o MAAVA3D aborda a importância de estratégias de ensino adaptadas aos diferentes tipos de usuários, considerando seus talentos e suas capacidades que devem ser estimuladas possibilitando extrair o melhor proveito das particularidades das interações nos AVA3D analisados. Com isso, a importância deste trabalho advém primeiramente da realização de estudos que visam compreender melhor o processo de interação

em ambientes virtuais suportados pela tecnologia de RV para educação e/ou treinamento, por meio de orientações e guias de recomendações de usabilidades com a finalidade melhorar a interação desses usuários com o sistema. Ou seja, a presente pesquisa teve por objetivo tornar iniciativas educacionais em AVA3D mais relevantes, “amigáveis” e significativas considerando aspectos pedagógicos, técnicos e principalmente contemplando a diversidade de perfis educacionais dos usuários. Outro aspecto relevante da pesquisa diz respeito a interação do usuário com estes ambientes ao gerar sugestões e recomendações de uma interface que respeite as características de perfis e formas de aprendizagem de seus usuários finais, fornecendo uma resposta mais adequada e proporcionando mais possibilidades de motivação e consequente efetivação das ações do usuário na execução de determinadas tarefas no AVA3D.

Assim, as possibilidades da tecnologia de RV são claramente consideradas aqui: a imersão, que se relaciona aos aspectos físicos do ambiente por meio dos dispositivos tecnológicos multissensoriais que fazem o usuário se sentir envolvido pelo sistema e que podem ser analisadas por meio das diretrizes de usabilidade; a presença e a interação que se relacionam aos aspectos psicológicos e cognitivos do usuário, com o sentimento de estar lá e que se concretizam por meio das *Affordances*, ou seja, das possibilidades da intervenção efetiva no ambiente.

A proposta de análise de *Affordances* para AVA3D possibilita a integração das *affordances educacionais* necessárias para o desenvolvimento das atividades propostas com os recursos pré-existentes em tais ambientes considerados, de forma a auxiliar o professor ou facilitador em uma intervenção pedagógica.

Com os resultados da pesquisa obtidos na prova de conceito realizada, pode-se concluir que o MAAVA3D obteve métricas que o corroborassem. Estas validam a hipótese da pesquisa, em que, a partir das relações estabelecidas pelo modelo proposto, foi possibilitada a realização de uma intervenção pedagógica mais apropriada às necessidades de aprendizagem adequadas ao grupo de usuários avaliados. Também foi alcançado o objetivo principal da pesquisa: desenvolver um modelo para educação mediada por RV baseada em heurísticas de usabilidade, teorias da carga cognitiva, modelos de aprendizagem e perfis cognitivos do usuário.

Assim, a presente pesquisa buscou criar uma rede de relações por meio das *Affordances* educacionais, ou seja, das possibilidades de interação que um AVA3D oferece, nutrida com diversos perfis e habilidades humanas, de forma a propor atividades que se tornassem significativas para seus usuários. E ao mesmo tempo, auxiliassem o professor a conduzir intervenções pedagógicas mais instigantes e envolventes.

Como trabalho futuro, espera-se que o presente modelo MAAVA3D possa servir como base para experimentos educacionais baseados na tecnologia de RV, pois contempla diferentes possibilidades de tarefas que podem ser adequadas para um domínio específico de um AVA3D. Pretende-se contribuir também, nas avaliações de usabilidade para AVA3D, por meio das heurísticas levantadas na presente pesquisa.

No desfecho deste trabalho, observa-se a importância da reflexão do papel das tecnologias interativas, que impactam diretamente nas transformações do modo de vida humano, no seu meio sócio-político, cultural e principalmente na área educacional. Ressalta-se a importância do papel da educação para a constituição desta pesquisa, que segundo Delors (1996), deve considerar todas as potencialidades de cada indivíduo: memória, raciocínio, sentido estético, capacidades físicas e aptidão para comunicar-se. E segundo o mesmo autor, ampliando o desenvolvimento das suas condições de agir com uma capacidade cada vez maior de autonomia, discernimento e responsabilidade.

REFERÊNCIAS

- ACHUTHAN, K.; BRAHMANANDAN, S.; BOSE, L. S. Cognitive Load Management in Multimedia Enhanced Interactive Virtual Laboratories. In: *Advances in Intelligent Informatics*. Springer, Cham, p. 143-155, 2015.
- AMORIM, T. et al. Desenvolvimento de um laboratório em ambiente virtual com base na teoria das inteligências múltiplas. *WRVA, Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2015
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano. v. 1, 2003.
- BANERJEE, A.; BANERJEE, P.; YE, N.; DECH, F. *Assembly Planning Effectiveness Using Virtual Reality Presence*. v. 8, MIT Press Journals, 1999.
- BAREN, J. Van; IJSSELSTEIJN, W. *Measuring Presence: A Guide to Current Measurement Approaches*. OmniPres Project, 2004.
- BARILLI, E. C. V. C.; EBECKEN, N. F. F.; CUNHA, G. G. A tecnologia de realidade virtual como recurso para formação em saúde pública à distância: uma aplicação para a aprendizagem dos procedimentos antropométricos. *Ciênc. Saúde Coletiva*. v. 16, n. Supl 1, p. 1247-56, 2011.
- BARONE, J. *A Imagem*. Coleção Ofício de Arte e Forma. 1993.
- BASBAUM, S. R. *O primado da percepção e suas consequências no ambiente midiático*. PUC/SP São Paulo, 2005.
- BAX, M. P. Design science: filosofia da pesquisa em ciência da informação e tecnologia. *Ciência da informação*. v. 42, n. 2, 2015.
- BAX, M. P. *Design science: filosofia da pesquisa em ciência da informação e tecnologia*. 2017.
- BELLGARDT, M. et al. Utilizing immersive virtual reality in everydaywork. In: *2017 IEEE 3rd Workshop on Everyday Virtual Reality (WEVR)*, p. 1-4, 2017. <https://doi.org/10.1109/WEVR.2017.7957708>
- BELLGARDT, M., et al. Utilizing immersive virtual reality in everydaywork. *IEEE 3rd Workshop on Everyday Virtual Reality (WEVR)*, p. 1-4, 2017. <https://doi.org/10.1109/WEVR.2017.7957708>
- BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; FURST, E. J.; HILL, W. H.; KRATHWOHL, D. R. *Taxonomia dos Objetivos Educacionais, Manual I: O Domínio Cognitivo*. Nova York: David McKay Co Inc. 1956.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. *UML: guia do usuário*. Elsevier Brasil, 2006.
- BORGES-ANDRADE, J. E. Desenvolvimento de medidas de avaliação de treinamento. In: *Estudos de Psicologia*, v. 7 (Número Especial). p. 31-43, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2002000300005>
- BORIL, J. et al. Increasing flight safety using flight sensory illusions on a spatial disorientation simulator. In: *Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, 2016 IEEE/AIAA 35th. IEEE. p. 1-5, 2016. <https://doi.org/10.1109/DASC.2016.7778095>
- BORNIA, G. S. Estruturação de descrições de casos de uso através de mecanismos de extensibilidade da UML. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
- BOWER, M. Affordance analysis—matching learning tasks with learning technologies. *Educational Media International*. v. 45, n. 1, p. 3-15, 2008. <https://doi.org/10.1080/09523980701847115>

- BOWER, M. Virtual classroom pedagogy. In: *ACM SIGCSE Bulletin*. ACM. p. 148-152, 2006. <https://doi.org/10.1145/1121341.1121390>
- BOWMAN, D. A.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA JR., J. J.; POUPYREV, I. *3D User Interfaces: Theory and Practice*, Addison-Wesley. 2004.
- BRAGA, M. Realidade Virtual e Educação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Paraíba. v. 1, n. 1, 2001.
- CARDOSO, A. et al. Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas de realidade virtual e aumentada. Editora Universitária UFPE, p. 1-19, 2007.
- CARDOSO, A. et al. VRCEMIG: a novel approach to power substation control. In: *ACM SIGGRAPH 2016 Posters*. ACM, p. 3, 2016. <https://doi.org/10.1145/2945078.2945081>
- CARDOSO, A. et al. VRCEMIG: A virtual reality system for real time control of electric substations. In: *Virtual Reality (VR), 2013 IEEE*. IEEE, p. 165-166, 2013 <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549414>
- CARVALHO JR., A. D.; SOUZA, D. F. L.; MACHADO, L. S. Utilização de Rastreadores Magnéticos no Desenvolvimento de Aplicações com Realidade Virtual para a Educação. *Anais do WRVA*. 2009.
- CHANDLER P.; SWELLER, P. Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. In: *Cognition and Instruction*. p. 283-332, 1991. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2
- CHEN C. J.; ISMAIL, W. M. F. Guiding Exploration through Three-Dimensional Virtual Environments: A Cognitive Load Reduction Approach. *J. of Interactive Learning Research*, v. 19, n. 4, p. 579, 2008.
- CHEN, C. J.; TOH, S. C.; ISMAIL, W. M. F. W. Are learning styles relevant to virtual reality?. *Journal of research on technology in education*. v. 38, n. 2, p. 123-141, 2005. <https://doi.org/10.1080/15391523.2005.10782453>
- COELHO, L. A. L. *Conceitos-chave em design*. Rio de Janeiro: Novas Ideias. 2008.
- CONN, A. P. Time affordances: the time factor in diagnostic usability heuristics. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., p. 186-193, 1995. <https://doi.org/10.1145/223904.223928>
- DA PAZ, T. F.; RODELLO, I. A.; BREGA, J. R. F. Indicações do uso da realidade virtual considerando as atividades associadas aos estilos de aprendizagem. Tradução: Sugestões for the use of virtual reality considering the activities related to learning styles, *Anais do WRVA*. 2014.
- DALGARNO, B.; LEE, M. J. W. What are the learning affordances of 3D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*. v. 41, n. 1, p. 10-32, 2010.7 <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- DE FRANÇA FERREIRA, L. et al. Integrando Objetos de Aprendizagem e Realidade Virtual para uso em Ambientes de Apoio à construção e Aquisição de Conhecimento e Habilidade Espacial. *VII Congresso Iberoamericano de Informática Educativa*. 2004.
- DE PAULA MELO, F. N.; DAMASCENO, M. M. C. A construção de um software educativo sobre ausculta dos sons respiratórios. *Rev Esc Enferm. USP*. v. 40, n. 4, p. 563-9, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0080-62342006000400016>
- DEBONI, J. E. Z. Modelagem orientada a objetos com a UML. Futura, 2003.
- DELORS, J. et al. Os quatro pilares da educação. In: DELORS, J. et al. (Ed.) *Educação um tesouro a descobrir: Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o séc. XXI*. São Paulo, Cortez; Brasília (DF): MEC, UNESCO. p. 89-102, 2001.

DIAS, D. R. C. et al. Chemcave3d: Sistema de visualização imersivo e interativo de moléculas 3d. In: *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*. 2011.

DIAS, G. P.; DOS SANTOS MACHADO, L.; DE MORAES, R. M. Um Sistema Baseado em Construtivismo e Realidade Virtual para Apoio ao Ensino de Classificação de Imagens. In: *Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE2009)*. Buenos Aires, Argentina. 2009.

DICKEY, M. D. Novos mundos (interativos) bravos: a revisão das affordances de design e limitações dos dois mundos virtuais 3D como ambientes de aprendizagem interativa. *Ambientes de aprendizagem interativo*. 2005.

DILLERBOURG, P.; SCHNEIDER, D. K.; SYNTETA, P. Virtual Learning Environments. In: *Proceedings of the 3rd Hellenic Conference Information & Communication Technologies in Education*. Kastaniotis Editions, Greece. p. 3-18, 2002.

DOS SANTOS, I. E. *Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica*. Impetus, 2009.

ESTEVES, M. et al. Uso do Second Life em comunidade de prática de programação. *Revista Prisma*. n. 6, 2010.

FERRACANI, A.; PEZZATINI, D.; SEIDENARI, L.; DEL BIMBO, A. *Natural and virtual environments for the training of emergency medicine personnel*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2014.

FERREIRA, H. S. et al. *TTOOL: modelo para planejamento pedagógico e instrumentalização de professores no processo de ensino-aprendizagem e avaliação em educação online*. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016.

FESTAS, M. I. F. A aprendizagem contextualizada: análise dos seus fundamentos e práticas pedagógicas. *Educação e Pesquisa*. v. 41, n. 3, p. 713-727, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201507128518>

FILIPPO, D. et al. *Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual e Aumentada*. Kirner, C.; Siscoutto, R. (Ed.). p. 168-191, 2007.

FOREHAND, M. Bloom's taxonomy. *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology*. v. 41, p. 47, 2010.

FREITAG S.; WEYERS, B.; KUHLEN, T. W. Assisted Travel Based on Common Visibility and Navigation Meshes. *IEEE Virtual Reality*, 2017. <https://doi.org/10.1109/VR.2017.7892330>

GARDNER, H.; CHEN, J. Q.; MORAN, S. *Inteligências múltiplas*. Penso Editora. 2009.

GEARY, D. C. et al. Chapter 4: Report of the Task Group Obn Learning Processes, iUS Department Of Education, 2008.

GIANNETTI, C. *Estética Digital: Sintopia da arte, a ciência e a tecnologia*. Belo Horizonte: C/Arte. 2006.

GIARRATANO, J.; RILEY, G. *Expert System : Principles and Programming*. International Thomson Editors, USA 1998.

GIBBS, G. *Análise de dados qualitativos: coleção pesquisa qualitativa*. Bookman Editora, 2009.

GIBSON, J. J. *The ecological approach to visual perception: classic edition*. Psychology Press, 2014. <https://doi.org/10.4324/9781315740218>

GIBSON, J. J. The theory of affordances. In: *Perceiving, Acting and Knowing*, SHAW, R. E.; BRANSFORD, J. (Eds). 1977.

GIOVANNI, J. R.; BONJORNO, J. R.; GIOVANNI JR., J. R. *Matemática fundamental: 2. Grau*. Volume único. FTD, 1994.

GIRVAN, C.; SAVAGE, T. *Beginning to explore constructionism in virtual worlds*. SLACTIONS. p. 27, 2012.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. *An introduction to Systematic Reviews*. SAGE Publications. 2012.

GROSS, D. C.; STANNEY, K. M.; COHN, Lt J. Evoking affordances in virtual environments via sensory-stimuli substitution. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 14, n. 4, p. 482-491, 2005. <https://doi.org/10.1162/105474605774785244>

HAGUENAUER, C. J. et al. Estudo da Reconstrução Digital de Modelos Tridimensionais. *Virtual Reality and Scientific Visualization Journal*. v. 1, n. 1, p. 28-37, 2008.

HARRIS, H. et al. The evolution of social behavior over time in second life. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. v. 18, n. 6, p. 434-448, 2009. <https://doi.org/10.1162/pres.18.6.434>

HARROW, A. *A Taxonomia do domínio psicomotor: um guia para o desenvolvimento de objetivos comportamentais*. Nova York: David McKay. 1972.

HERRERO P.; ANTONIO, A. Introducing human-like hearing perception in intelligent virtual agents. In: *Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems (AAMAS '03)*. ACM, New York, NY, USA, p. 733-740, 2003. <https://doi.org/10.1145/860575.860693>

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*. v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004. <https://doi.org/10.2307/25148625>

HOCHBERG, J.; GIBSON J. J. Biographical memoirs. In: *National Academy Of Sciences*. Washington: National Academy Of Sciences. p. 149-172, 1994.

HOUNSELL, M. S.; SILVA, E. L.; KENCZINSK, A. Medindo as ênfases em educação e treinamento de ambientes virtuais 3D. In: *International Conference on Engineering and Technology Education*, São Paulo, SP. 2008a.

HOUNSELL, M. S.; SILVA, E. L.; MIRANDA, J. J. Detalhando aspectos de educação e treinamento em ambientes virtuais 3D. In: *International Conference on Engineering and Technology Education*, São Paulo, SP. 2008b.

JIN, Q.; YANO, Y. Design issues and experiences from having lessons in text-based social virtual reality environments, Systems, Man, and Cybernetics. In: *IEEE International Conference on*. v. 2, p. 1418-1423, 1997.

KELLER, J. M. Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*. v. 10, n. 3, p. 2-10, 1987. <https://doi.org/10.1007/BF02905780>

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*. v. 1, p. 10-25, 2011.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: *Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality*, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC. 2007.

KIRNER, T. G. et al. Development of a Collaborative Virtual Environment for Educational Applications. In: *ACM WEB3D International Conference*. IEEE Computer Society Press. v. 1. p. 61-68, 2001. <https://doi.org/10.1145/363361.363378>

- KIRSCHNER, P. A. *Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning*. 2002.
- KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. *Technical Report TR/SE0401, Keele University, and Technical Report 0400011T.1*, National ICT Australia. 2004.
- KOLB, D. A. *Experiential Learning*. Experience as the Source of Learning and Development. 1984.
- KRATHWOHL, D. R.; Bloom, B. S.; Masia, B. B. Taxonomia dos Objetivos Educacionais, a Classificação dos Objetivos Educacionais. Manual II: Domínio Afetivo. Nova York: David McKay Co., Inc. 1973.
- LEE, J. W. Guest Editorial Special Issue On Maker Learning In Computer Science and Engineering Education. In: *IEEE Trans Edu*, v. 60, n. 1, Fev. 2017. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2637738>
- LI, J. R.; KHOO, P. L.; TOR, S. B. *Desktop Virtual Reality for maintenance training*. ELSEVIER: Computer in Industry. p. 109-125, 2003.
- LIDWELL, W.; HOLDEN, K.; BUTLER, J. *Princípios universais do design*. Tradutor: Francisco Araújo da Costa, 2010.
- MACHADO, L. S. et al. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. *Revista Brasileira de Educação Médica*. v. 35, n. 2, p. 254-262, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-55022011000200015>
- MANCINI, M. C.; SAMPAIO, R. F. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev bras fisioter*. v. 11, n. 1, p. 83-9, 2007.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. *Decision support systems*. v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)
- MAYER, R. Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding. *Journal of Educational Psychology*. v. 93, n. 1, p. 187-198, 2001. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.1.187>
- MAYHEW, D. *Principles and Guidelines in Software User Interface Design* Prentice-Hall. Englewood Cliffs. 1992.
- MEDINA-FLORES, R.; R. MORALES-GAMBOA. Usability Evaluation by Experts of a Learning Management System. *IEEE Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje*. v. 10, n. 4, p. 197-203, 2015. <https://doi.org/10.1109/RITA.2015.2486298>
- MILLER, G. A. The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*. v. 63, p. 81-97, 1956. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- MINOCHA, S.; HARDY, C. L. Designing navigation and wayfinding in 3D virtual learning spaces. *Proceedings of the 23rd Australian Computer-Human Interaction Conference*. ACM. 2011. <https://doi.org/10.1145/2071536.2071570>
- MOHAMED, H.; JAAFAR, A. Conceptual Framework for a Heuristics Based Methodology for Interface Evaluation of Educational Games. *Computer and Information Science*. v. 3, 2010.
- MORAES, Í. A. Realidade Virtual para treinamento em normas de segurança em manutenção de redes elétricas urbanas. Instituto Luteranos de Ensino Superior de Itumbiara. 2013.
- MORRIS, C. G.; MAISTO, A. A. Introdução à psicologia. *Peason Education do Brasil*. 2004.
- MUNOZ, R.; CHALEGRE, V. Defining Virtual Worlds Usability Heuristics. In: *2012 Ninth Inter. Conf. on Information Technology - New Generations*, p. 690-695, 2012. <https://doi.org/10.1109/ITNG.2012.138>

- MURRAY, J. H.; DAHER, E. K. *Hamlet no holodeck o futuro da narrativa no ciberespaço*. Unesp. 2003.
- MUSTARO, R.; MENDONÇA, L.; NOTARGIACOMO, P. Elementos imersivos e de narrativa como fatores motivacionais em serious games. SBC - *Proceedings of SBGames*, 2011
- NIELSEN, J. *Projetando Websites*, Elsevier, Rio de Janeiro, 2000.
- NIELSEN, J. *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufman. 1994.
- NORMAN, D. A. *Affordance, conventions, and design interactions*. v. 6, n. 3, p. 38-43, 1999.
- NUNES, F. L. S.; COSTA, R. M. E. M. The virtual reality challenges in the health care area: a panoramic view. In: *ACM Symposium on Applied Computing: Proceedings of 23th ACM Symposium on Applied Computing*. New York: ACM. p. 1312-16. v. 2, 2008. <https://doi.org/10.1145/1363686.1363993>
- ORTH, A. I. *Interface Homem-Máquina*. Porto Alegre: Editora AIO. 2005.
- OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. *Teorias de aprendizagem*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Física. Porto Alegre/RS. 2010.
- PAAS, F.; SWELLER, J. An Evolutionary Upgrade of Cognitive Load Theory: Using the Human Motor System and Collaboration to Support the Learning of Complex Cognitive Tasks. *Educ. Psychol. Rev.* v. 24, n. 1, p. 27-45, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9179-2>
- PAAS, F.; VAN GOG, T.; SWELLER, J. Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review*. v. 22, n. 2, p. 115-121, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9133-8>
- PALIOKAS, I.; ARAPIDIS, C.; MPIMPITSOS, M. PlayLOGO 3D: A 3D Interactive Video Game for Early Programming Education: Let LOGO Be a Game. *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*. 2011 Third International Conference. IEEE Conference Publications. p. 24-31, 2011.
- PARK S. et al. The Effect of Visual Cueing in 3d Animations for Learning Procedural-Manipulative Tasks: From the Perspective of Cognitive Load Theory. *Proc. of the Int. Conf. on Internet of Things and Cloud Compu.* ACM, 2016. <https://doi.org/10.1145/2896387.2896419>
- PASSERINO, L. et al. Modelos Pedagógicos para Educação a Distância: pressupostos teóricos para a construção de objetos de aprendizagem. *RENOTE*. v. 5, n. 2, 2007.
- PIAGET, J.; DELVAL, J. A. *La epistemología genética*. A. Redondo. 1970.
- PIMENTEL, Â.; DIAS, P.; SANTOS, B. S. Avaliação de Usabilidade em Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada: principais métodos. *REVISTA DO DETUA*, v. 4, n. 9, 2008.
- PIRKER, J.; GÜTL, C.; BELCHER, J. W.; BAILEY, P. H. *Design and Evaluation of a Learner-Centric Immersive Virtual Learning Environment for Physics Education*- Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2013.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. *Design de Interação: Além da Interação Homen-Computador*. Bookman, 2005.
- RAJAEI, H.; ALDHALAAN, A. Advances in virtual learning environments and classrooms. In: *Proceedings of the 14th Communications and Networking Symposium*. Society for Computer Simulation International. p. 133-142, 2011.
- RICHARDS, D.; KELIAH, I. Usability attributes in virtual learning environments. In: *Proceedings of The 8th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Playing the System*. ACM. p. 9, 2012. <https://doi.org/10.1145/2336727.2336736>

ROCHA, C.; BANDEIRA, W. Perspectivas semióticas das interfaces computacionais. *Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*. p. 73, 2014.

RODRIGUES, W. C. et al. *Metodologia científica*. Faetec/IST. Paracambi, p. 2-20, 2007.

SALUSTIANO, L. R. N COLORS - experiência em ambiente virtual na exploração da cor. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. 2017.

SANTOS, L. M. A.; TAROUÇO, L. M. R. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. *Novas Tecnologias na Educação*. v. 5, n. 1, p. 1-11, 2007.

SAVI, R.; VON WANGENHEIM, C. G.; BORGATTO, A. F. A model for the evaluation of educational games for teaching software engineering. In: *Software Engineering (SBES), 2011 25th Brazilian Symposium*. IEEE, p. 194-203, 2011. <https://doi.org/10.1109/SBES.2011.27>

SAWICKA, A.; KOPAINSKY, B.; GONZALEZ, J. J. Learning about dynamic problems with computer simulators: A case of system dynamics simulation models. In: *Advanced Learning Technologies. ICALT'08*. Eighth IEEE International Conference on. IEEE. p. 569-571, 2008. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.130>

SEERY, M. K.; DONNELLY, R. The Implementation of Pre-Lecture Resources to Reduce In-Class Cognitive Load: A Case Study for Higher Education Chemistry. *British J. of Educ. Tech.* v. 43, n. 4, p. 667-677, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01237.x>

SEO, J.; KIM, G. J. Design for presence: a structured approach to virtual reality system design. In: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. v. 11, n. 4, p. 378-403, 2002. <https://doi.org/10.1162/105474602760204291>

SHUN, M. C. Y. et al. Learning Personality Modeling for Regulating Learning Feedback. In: *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2015 IEEE 15th International Conference on*. IEEE. p. 355-357, 2015. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2015.118>

SIEMENS, G. Conectivismo: una teoría del aprendizaje para la era digital. 2004. Disponível em: <http://es.scribd.com/doc/201419/Conectivismo-una-teoria-del-aprendizaje-para-la-era-digital>.

SILVA FILHO, J. L. et al. Ergonomia cognitiva em ambientes virtuais de aprendizagem: uma análise da interface humano-computador (ihc) do sistema polvo. *XXVIII encontro nacional de engenharia de produção*, RJ. 2008.

SILVA JÚNIOR, A. R. *O uso de realidade virtual na simulação e treinamento de inseminação artificial em bovinos com dispositivos hápticos*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

SILVA, A. C. et al. Uso da Engine de Jogos Unity3D para Sistemas de Realidade Virtual Aplicado a Monitoramento e Controle de Subestações de Energia Elétrica. Minas Gerais, 2013.

SILVA, E. L.; MIRANDA, J. J.; HOUNSELL, M. S. Diferenças entre Educação e Treinamento em Ambientes Virtuais 3D. In: *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality*. Petrópolis (RJ). p. 1-4, 2007.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. Unidade 2—a pesquisa científica. *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: UFRGS, p. 31-42, 2009.

SKINNER, B. F. *The science of learning and the art of teaching*. Cambridge, Mass, USA. p. 99-113, 1954.

SMITH, S. L.; MOSIER, J. N. *Guidelines for Designing User Interface Software*. ESD-TR-86-278, MITRE Corporation, Bedford. 1986. <https://doi.org/10.21236/ADA177198>

SOUZA, D. F. L.; VALDECK, M. C. O.; MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. SITEG – Sistema Interativo de Treinamento em Exame Ginecológico. In: *VIII Symposium on Virtual Reality SVR*. ISBN: 857669067-5. p. 1-12. Pará, Brasil. 2006.

SWELLER, J. Cognitive Load During Problem Solving: Effects On Learning. *Cognitive Science*. p. 257-286, 1988. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

SWELLER, J. *Cognitive Load Theory: A Special Issue of Educational Psychologist*. LEA, Inc. 2003.

SWELLER, J. Development Of Expertise In Mathematical Problem Solving. *Journal Of Experimental Psychology*. p. 639-661, 1983. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.112.4.639>

SWELLER, J. *Instructional Implications of David C. Geary's Evolutionary Educational Psychology*. 2008.

SWELLER, J. *The Worked Example Effect and Human Cognition Learning and Instruction*, v. 16, p. 165-169, 2006.

SWELLER, J.; VAN MERRIENBOER, J. J. G.; PAAS, F. G. W. C. Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*. v. 10, n. 3, p. 251-296, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. Editora SBC. 2006.

TRINDADE, A. S. C. E.; VECHIATO, F. L. Da percepção a ação: affordances como elementos facilitadores para a encontrabilidade da informação em bibliotecas. *Secin-seminário em ciencia da informação*, 2016. Disponível em: <http://www.uel.br/eventos/cinf/index.php/secin2016/secin2016/paper/viewFile/309/199>. Acessado em: 7 de junho de 2014.

VECHIATO, F. L.; VIDOTTI, S. A. B. G. Encontrabilidade da informação: atributos e recomendações para ambientes informacionais digitais. *Informação & Tecnologia*. 2014.

VERGARA, S. C. *Projetos e Relatórios de Pesquisas em Administração*. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes. 1988.

YANG, X.; LI, S. K.; HUANG, H. Affordance application on visual interface design of desk-top virtual experiments. In: *Information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE)*. 2014 International Conference on. IEEE. p. 640-644, 2014. <https://doi.org/10.1109/InfoSEEE.2014.6948192>

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul, 1998.

APÊNDICE A - Abordagens pedagógicas para AVA3D

Behaviorismo

Behaviorismo vem da palavra inglesa “behavior” que significa comportamento. Sob esta perspectiva, esse processo de aprendizagem é baseado no condicionamento do aprendiz e na relação estímulo-resposta. Esta teoria engloba diferentes concepções sobre a conduta do aprendiz, principalmente na aquisição de um novo comportamento, ou modificação de um comportamento pré-existente, por meio de um condicionamento. Os teóricos que se tornaram referências na definição dos princípios da teoria behaviorista são Pavlov, Watson e Skinner.

A teoria do behaviorismo concentra-se em situações de ensino pautadas pela repetição de experiências e automatismo. Desta forma, esta teoria se baseia em resultados de aprendizagem que são demonstrados por um comportamento mensurável observável. Esses procedimentos podem ser observáveis nas tecnologias educacionais direcionados a ambientes virtuais de aprendizagem e nos sistemas instrucionais como um todo.

Sob esta perspectiva, o psicólogo Skinner (1954) propõe a aplicação do controle do processo educativo por meio de procedimentos condicionados e observáveis, dirigidos por táticas de estímulos e respostas. O autor propôs a máquina de ensino (Figura 25), que era um dispositivo mecânico que administrava conteúdo didático para uma aprendizagem programada. A máquina incorporava elementos-chave da teoria da aprendizagem de Skinner e teve importantes implicações para a educação em geral e para a instrução em sala de aula, em particular.

Figura 25 - Aluno interagindo com a máquina de ensinar aritmética - proposta por Skinner (1954)



Fonte: <https://www.ufrgs.br/psicoeduc/behaviorismo/maquina-de-ensinar-de-skinner-1/>.
Acessado em :20/05/2016

Nesta perspectiva, Skinner foi pioneiro no uso de máquinas de ensino na sala de aula, especialmente no nível primário. As estratégias propostas por Skinner apontam que todo o comportamento é determinado pelo ambiente por meio de associação ou reforço. Assim para um condicionamento do aprendiz, por meio de estratégias de modelagem, são dados reforços e aproximações sucessivas. Desta forma, caso a resposta dada pelo aprendiz esteja certa, é fornecido um reforço positivo. Após o comportamento desejado, pode ser uma recompensa extrínseca ou um comentário positivo.

O objetivo é aumentar a probabilidade de ocorrência da resposta ou comportamento desejado no futuro. Em suas pesquisas, o autor identificou duas classes de comportamento: o comportamento respondente (reflexo) e o comportamento operante (voluntário):

- O comportamento respondente é o comportamento efetuado pelo organismo em resposta a um estímulo. Por exemplo, a salivação diante do cheiro de comida.
- O comportamento operante é efetuado em decorrência de sua relação com o meio externo sem que se possam identificar estímulos específicos que o teriam provocado, por exemplo, os movimentos de braço e pernas de uma criança.

Essas táticas de aprendizagem programada podem ser observadas em alguns procedimentos educacionais com o uso de softwares que executam tarefas de ensino similares a proposta de Skinner (1954). Ou seja, por meio de instrução programada, empregam processos repetitivos no ensino dotados de informações/dados repassados por comandos e ordens, de forma a habilitar o aprendiz na aquisição de habilidades específicas e destreza para a capacitação técnica, que podem ser observáveis em AVA3D com ênfases voltadas ao treinamento.

Banerjee (1999) apresenta uma aplicação para planejamento da sequência de montagem de peças em ambientes de Realidade Virtual (RV): resultados de experimentos envolvendo quinze participantes voluntários usando um ambiente de CAD tradicional envolvendo plantas impressas sem o uso de RV, um ambiente desktop não-imersivo e um ambiente RV baseado em projeção imersiva tipo CAVE. No experimento ,primeiro se trabalha com os participantes suas habilidades em lidar com restrições para planejamento de montagem de peça por meio de exemplos. Em seguida, a eficácia das habilidades aprendidas é medida na resolução de um exemplo de problema diferente.

Foi identificada, no experimento de Banerjee (1999) uma abordagem pedagógica Behaviorista. Desta forma, o sistema proposto apresenta aplicações na execução de procedimento recorrentes com foco em instruções de operações industriais. Neste contexto se

destaca a aquisição de habilidades específicas e capacitação técnica, assim como a efetivação das ações e procedimentos de cunho técnico por meio de repetição, que denota uma abordagem.

Cognitivismo

Ostermann e Cavalcanti (2010) observam que, ao contrário dos behavioristas, os cientistas cognitivos consideram que entre o estímulo e a resposta há processos mentais, mesmo se não for tão diretamente observável. Desta forma, o cognitivismo destaca a cognição, ou seja, os processos mentais do ser humano, tais como a percepção, o processamento de informação e a compreensão do mundo. Além disso, contestam a visão behaviorista de uma abordagem pedagógica em que o aluno é um participante passivo no processo de aprendizagem.

Para Ostermann e Cavalcanti (2010) a teoria cognitiva busca compreender a aquisição de conhecimento como um processo mental, e preocupa-se com o perfil dos aprendizes e as formas diferenciadas de como aprendem.

Uma das mais importantes contribuições para a ciência cognitiva é a obra de Jean Piaget e Delval (1970), que propõe que o conhecimento é gerado por meio de uma interação do ser humano com seu meio, a partir de suas estruturas cognitivas. Os autores impulsionaram esta teoria, principalmente ao proporem a existência de diferentes estágios de desenvolvimento humano a partir do nascimento ao longo de sua vida.

Assim, pode-se observar que em AVA3D baseados no cognitivismo, prevalecem objetivos que exigem o posicionamento dos estudantes e uso de estratégias cognitivas na execução de atividades, tarefas complexas e na resolução de problemas.

Como possibilidade de abordagem pedagógica para estes ambientes destacam-se as teorias cognitivas de Gardner, Chen e Moran (2009) que, como visto anteriormente, abordam a importância de estratégias de ensino adequadas e adaptadas aos diferentes tipos de perfis cognitivos, estimulando a aplicação do conhecimento adquirido em situações práticas.

Outra importante abordagem pedagógica que pode ser relacionada às abordagens pedagógicas para AVA3D é a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (2003). O autor foi influenciado pelos ensinamentos de Jean Piaget que relacionou as estruturas cognitivas do aprendiz apontando diversos processos de aprendizagem. Ausubel (2003), assim, propõe uma teoria cognitiva ancorada nos conceitos relevantes já existentes na estrutura do aluno.

A aprendizagem significativa pode ser definida como um processo pelo qual a nova informação relaciona com a estrutura de conhecimento pré-existente do indivíduo. Ausubel (2003) sustenta que os conhecimentos adquiridos e armazenados na memória dos alunos devem ser usados e valorizados para construir as estruturas mentais que permitem descobrir e

redescobrir novos conceitos. Assim, para o autor, para que a aprendizagem seja significativa é necessário entender a participação e a importância das estruturas mentais no processo ensino aprendizagem, e os conteúdos devem ser modificados individualmente, contextualizados e ter significado para o aluno.

Sob esta perspectiva, De Paula Melo e Damasceno (2006) propõem a construção de um sistema de realidade virtual para a área de educação sobre ausculta dos sons respiratórios para alunos da graduação em Enfermagem. Para o desenvolvimento do sistema foi utilizada a tecnologia 3D, incluindo avatares (personificações virtuais do paciente, do enfermeiro e dos objetos) e ambiente virtual para a ausculta, usando procedimentos de simulação. Por fim, delimitou-se o conteúdo de modo a abarcar o método da ausculta passo a passo as finalidades e a classificação dos sons. Segundo os autores, o Cognitívismo foi o referencial para a elaboração do software que priorizou, em todas as etapas, a utilização de recursos individualizados que permitissem o comando do próprio aluno; a contemplação da revisão de conhecimentos adquiridos, fazendo ligação com os novos; a mediação do processo de aprender, organizando o contexto e preparando os recursos necessários à facilitação e ao direcionamento do processo; estimulação do autodesenvolvimento e do controle próprio da aprendizagem; exercício da cultura lúdica e a estimulação sensorial.

Construtívismo

As teorias construtivistas são baseadas na premissa que o ser humano constrói seu conhecimento no ambiente em que vive, portanto possuem o foco na aprendizagem e não em metodologias de ensino.

Girvan e Savage (2012) apontam que tais atributos desta pedagogia potencializam as características dos ambientes virtuais tridimensionais, pois apoiam a comunicação, colaboração e oportunizam experiências de aprendizagem mais eficazes.

Assim, para os construtivistas, o aprendiz passa de uma postura passiva de recebimento da informação para uma postura participativa, reflexiva e interativa. Desta forma, o ensino é, então, a ação de potencializar e favorecer a construção de estruturas cognitivas do aluno.

A Teoria de Aprendizagem Construtivista evoluiu a partir do estudo do desenvolvimento humano proposto pelo psicólogo suíço Jean Piaget e pelo psicólogo russo Lev Vygotsky com as suas teorias sócio construtivistas.

Piaget, em sua teoria da epistemologia genética, explica o processo de como as pessoas se desenvolvem cognitivamente em quatro estágios primários:

1. Sensório-Motor, em que a criança busca adquirir coordenação motora e aprender sobre os objetos que a rodeiam.
2. Pré-Operatório, em que a criança adquire a habilidade de nomear objetos e raciocinar intuitivamente.
3. Operatório Concreto, em que a criança começa a formar conceitos como os de números e classes.
4. Operatório Formal, em que o adolescente começa a raciocinar de forma lógica com enunciados puramente verbais (hipóteses).

Nessa perspectiva, o autor propõe que conceitos não são ensinados e sim construídos em sucessivas fases de evolução. Desta forma, o autor propõe uma teoria de desenvolvimento na qual as crianças adotam uma série de esquemas para entender o mundo. Assim, um esquema é uma estrutura mental que representa algum aspecto do mundo, sendo que as pessoas podem usá-lo para organizar o conhecimento atual e providenciar uma base para compreensão futura. Essa construção advém de processos, entre os quais se destacam os da assimilação e de acomodação.

Para o autor, a assimilação é a incorporação de um elemento exterior (objeto, acontecimento) na aparelhagem sensório-motora ou conceitual do sujeito. Ou seja, é quando a pessoa atribui significados por meio de suas experiências anteriores aos elementos do ambiente com o qual interagem.

Já a acomodação é a necessidade que a assimilação encontra de considerar as particularidades próprias dos elementos a assimilar. Ou seja, ocorre no exato momento em que os indivíduos são impelidos a se modificar e se adaptar às necessidades do meio ambiente. Desta forma, Piaget acreditava que o desenvolvimento cognitivo é um produto da mente adquirido por meio da observação.

Diferentemente de Piaget, Vygotsky propõe que o desenvolvimento cognitivo do ser humano não se desenvolve naturalmente, ou seja, por razões essencialmente biológicas, mas culturalmente por meio de um processo social.

Vygotsky (1988) contribuiu com as teorias da aprendizagem ao focalizar na importância da interação social no processo educacional, por meio das trocas do sujeito com o outro e com o objeto social. Para Vygotsky, o papel do meio social é o de formar as funções psicológicas, em que o desenvolvimento dos indivíduos ocorre pela apropriação ativa do conhecimento que existe na sociedade.

O autor propõe que todo conhecimento é uma produção cultural diretamente relacionada à linguagem: a palavra como instrumento significativo para transmitir a experiência histórica da humanidade, um instrumento prioritário de transmissão social.

Outro aspecto da teoria de Vygotsky é a formulação de conceitos a respeito do potencial de desenvolvimento cognitivo. O autor aponta a existência de dois níveis de desenvolvimento infantil, sendo que o primeiro o autor denominou de "zona de desenvolvimento real" e um segundo nível chamado de "zona de desenvolvimento proximal".

A partir dessa visão, Vygotsky (1988, p. 86) define o conceito de "zona de desenvolvimento proximal" como: "a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar por meio da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado por meio da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes".

O nível de desenvolvimento real pode ser medido pelo o que a criança consegue resolver sozinha, ou seja, por meio de sua habilidade e conhecimentos adquiridos. Enquanto o nível de desenvolvimento proximal é alcançado quando as crianças interagem socialmente. Portanto, as habilidades que podem ser desenvolvidas com a orientação de adultos ou a colaboração de colegas excede o que pode ser alcançado sozinho.

Desta forma, os teóricos construtivistas, como Piaget, promovem conceitos que impactam nas abordagens pedagógicas, pois consideram as estruturas cognitivas diversas, e propõe que por meio de atividades de aprendizagem apropriadas para cada perfil, podem ajudar o aluno a construir o seu próprio conhecimento.

Chen, Toh e Ismail (2005) identificam a teoria sócio-construtivista como uma abordagem pedagógica apropriada para AVA3D, pois oportuniza alavancar, por meio de características únicas, as possibilidades educacionais que a tecnologia pode oferecer.

Dias, Dos Santos Machado e De Moraes (2009) propõem um sistema baseado em construtivismo e realidade virtual para apoio e complementação de ensino de classificação de imagens. Segundo os autores, os métodos convencionais de classificação de imagens normalmente envolvem conceitos abstratos complexos e multidimensionais, tornando sua visualização e compreensão um desafio para estudantes e educadores.

Os autores propõem uma abordagem das teorias pedagógicas construtivistas na implementação do sistema proposto. Segundo ele, o enfoque está justamente na possibilidade dos alunos, pela interação e imersão, aprenderem por meio da experiência direta e em primeira pessoa.

Conectivismo

O Conectivismo é descrito como sendo a teoria de aprendizagem para a era digital. Foi proposta por George Siemens e Stephen Downes. Siemens (2004) observa que as teorias de aprendizagem mais utilizadas para descrever os contextos de aprendizagem (Behaviorismo, Cognitivismo, Construtivismo) não preveem a forma como a tecnologia tem impacto na aprendizagem. O autor aponta que no Conectivismo não existe um conceito real de transferência ou construção de conhecimento. Em vez disso, afirma que, as atividades empreendidas quando são conduzidas por práticas de aprendizagem buscam o crescimento e desenvolvimento do ser humano e da sociedade conectados.

Desta forma, como características desta abordagem, Siemens (2004) destaca uma pedagogia com foco na participação, no afrouxamento da hierarquia institucional, em novos espaços para as comunidades onde as redes assumem a diversidade, o diálogo e a participação ativa dos seus membros. Para o autor, as teorias de aprendizagem desta era digital consideram as redes sociais e os ambientes virtuais, uma vez que influenciam fortemente a aprendizagem (sobretudo num formato informal). Estas redes e ambientes sociais/virtuais permitem outras formas de adquirir informação e construir conhecimento, através das várias ligações que vão sendo estabelecidas na rede.

Podem ser observados o uso desta abordagem pedagógica em AVA3D que direcionam a prática de aprendizagem para as redes sociais, como no *Second Life*. Esta aplicação tridimensional cria um meta universo para comunidades virtuais, simulando um ambiente tridimensional com uso de animação tridimensional e avatares.

Esteves (2010) propõe abordagem para o ensino e aprendizagem da programação, no ambiente virtual *Second Life*, no qual foi criada uma comunidade de prática de programação. Com isso os alunos voltaram-se para a realização de projetos de programação inseridos nesta comunidade, utilizando a linguagem de *Linden Scripting Language (LSL)* do *Second Life* como forma alternativa de aprendizagem. O autor afirma que o sistema proposto permitiu motivar e despertar nos alunos o interesse pela aprendizagem da programação, contrariamente ao que acontece no ensino tradicional.

APÊNDICE B - Heurísticas para ambientes virtuais tridimensionais de aprendizagem com ênfase em educação e treinamento

HEURÍSTICAS	ENFASE
INTERFACE	
1. Feedback realista, o efeito das ações deve ser imediatamente visível e em conformidade com as leis físicas e expectativas de percepção do usuário.	TREINAM.
2. O sistema VW (<i>Virtual Word</i>) deve dar aos usuários feedback adequado num prazo razoável (não inferior a 0,1s) e no ritmo do usuário sobre o que está acontecendo no momento.	EDUCAÇÃO
3. Uma linguagem comum familiar e de fácil compreensão para o usuário deve ser escolhida seguindo as convenções do mundo real e adaptando o Mundo Virtual aos sistemas e ambientes familiares.	TREINAM.
4. No sistema de Mundo Virtual, situações e interações devem ser consistentes em todos os aspectos. Além disso, o design e uso das diferentes ferramentas no mundo virtual devem ser construídos de forma semelhante.	EDUC./TREIN.
5. Ícones 3D novos para representar conceitos que são mais reconhecíveis e memoráveis.	EDUC./TREIN
6. Os usuários devem estar cientes de atividades potenciais no mundo e interações com outros objetos e usuários. Por exemplo: posse de objetos e status de mensagem com outros usuários.	EDUCAÇÃO
7. O reconhecimento das ações do usuário, por meio de rastreamento, implica na geração de respostas imediatas por parte do sistema. Este gerará imediatamente, para visualização ou exploração dos sentidos, as respostas no ambiente.	EDUC./TREINAMENTO
8. Caso o usuário cometa um erro o sistema deve permitir o retorno ou refazer a ação. Com exceção dos sistemas de treinamento que o erro não pode ser desfeito.	EDUC./TREINAMENTO
9. Ícones 3D novos para representar conceitos que são mais reconhecíveis e memoráveis devem ser desenvolvidos.	EDUC./TREIN.
10. Ao realizar ações as opções de interação devem estar visíveis.	EDUC./TREIN.
11. Diálogos não devem conter informação irrelevantes. O Mundo Virtual não deve conter objetos ou ações que raramente são necessários.	EDUC./TREIN.
12. Painéis de controle devem ser organizados e não sobrecarregados.	EDUC./TREIN.
13. O Sistema deve possibilitar o zoom de forma que o usuário visualize áreas específicas do ambiente virtual. O zoom deve ser direcionado à frente do usuário e no centro para revelar mais detalhes.	EDUC./TREIN.
14. Em particular, objetos tridimensionais exigem manipulações adaptadas.	EDUC./TREIN.
15. Deve ser fornecida visão de raio-X para ver dentro ou fora objetos.	EDUC./TREIN.

16. A consistência também deve estar presente no uso das cores, escalas, sons 3D e forças tácteis.	EDUC./TREIN.
17. Todos os elementos da interface devem se encontrar na mesma língua.	EDUC./TREIN.
18. Cada elemento da interface é claramente distinto dos outros e é fácil de ser identificadas pelo usuários.	EDUC./TREIN.
19. A interface do usuário usa espaço na tela que é significativamente menor em comparação com o utilizado para a exibição do VW.	EDUC./TREIN.
20. Quando o usuário precisa escolher entre diferentes opções, as alternativas não são ambíguas.	EDUC./TREIN.
21. As opções frequentes são visíveis na interface.	EDUC./TREIN.
22. Não há nenhum elemento na interface que é acessível com mais de três níveis de profundidade.	EDUC./TREIN.
23. Toda interface de controle deve estar integrada no ambiente virtual e seguir os princípios da proximidade (Gestalt) com relação as suas funções.	EDUC./TREIN.
24. Toda interface de controle deve ser livre de ambiguidade e segura para o propósito a que se destina.	EDUC./TREIN.
25. Todos os mecanismos devem favorecer os princípios de facilidade, agilidade e intuitividade.	EDUC./TREIN
26. A interface de controle deve promover mecanismos que possibilitem seu acesso e uso rapidamente.	EDUC./TREIN
27. Os mecanismos de controle devem ser apresentados apenas quando necessários ao contexto da interação ou quando ativados pelo usuário, evitando assim, apresentação de conteúdo fora do escopo da ação.	EDUC./TREIN
28. Todos os componentes da interface de controle devem ter transparência de 50%, favorecendo o aspecto da integração e criando um padrão de design para as <i>widgets</i> , aplicando os conceitos de visibilidade, <i>feedback</i> e proeminência visual.	EDUC./TREIN
29. Produção de estratégias de interfaces alternativas para controle que possuam mecanismos que possibilitem ao usuário sua ativação e desativação, além da opção de deslocamento para qualquer espaço desejado no ambiente virtual.	EDUC./TREIN

30. Desenvolver camadas de controle de conteúdo que possibilitem ao usuário sua ativação e desativação em qualquer momento. Assim, o usuário tem a flexibilidade de apresentar somente informações desejadas.	EDUC./TREIN
EDUCACIONAL	
31. Os objetivos pedagógicos claros para atingir uma habilidade específica.	TREINAM.
32. Os objetivos pedagógicos claros para a percepção de valores. Ou seja, deixar evidente para os usuários, quais são suas metas e os objetivos de aprendizagem a serem alcançados.	EDUCAÇÃO
33. As atividades são interessantes e envolventes.	EDUCAÇÃO
34. Possibilidade de usar o sistema como ferramentas de aprendizagem autodirigida.	EDUC./TREIN.
35. As atividades são repetitivas com intuito de aquisição de habilidades específicas	EDUC./TREIN.
36. Suporte para autoaprendizagem.	EDUC./TREIN.
37. O desempenho deve ser baseado no resultado quantificável.	TREINAM.
38. Capacidade de trabalhar em seu próprio ritmo.	EDUCAÇÃO
39. Considera as diferenças individuais, respeitando o conhecimento prévio do usuário, observando as suas diferenças individuais de conhecimento e habilidades.	EDUCAÇÃO
40. Oferece a capacidade de selecionar o nível de dificuldade, podendo oferecer revisão conteúdos anteriores necessários ao aprendizado do conteúdo atual.	EDUCAÇÃO
41. Devem ser fornecidos atalhos para aumentar a eficiência das interações em caso de usuários avançados.	EDUC./TREIN.
42. Há mecanismos de progressão.	EDUC./TREIN.
CONTEÚDO	
43. O material deve apresentar conteúdos e funções interativas de modo a manter os alunos motivados, proporcionando-lhes criatividade, pensamento crítico e aprendizagem ativa.	EDUC./> TREIN.
44. O conteúdo é apresentado por meio de instrução de operações.	TREINAM.
45. A estrutura de conteúdo é clara e compreensível.	EDUC./> TREIN
46. A navegação de conteúdo é intuitiva e precisa.	EDUC./> TREIN

47. Os materiais de apoio são suficientes e relevantes.	EDUC./ > TREIN
48. Os materiais são interessantes e envolventes.	>EDUC./ TREIN
49. Os jogadores são capazes de compreender a meta de aprendizado.	EDUC./TREIN.
50. O conteúdo é particionado em temas e subtemas.	EDUC./TREIN.
51. Os tópicos de estudo devem seguir ordem do menor para maior.	>EDUC./ TREIN
USER EXPERIENCE	
52. O VW permite que os avatares se comuniquem através de diferentes formas, incluindo escrita, verbal, expressão facial e outros.	EDUCAÇÃO
53. O sistema permite uma identificação clara do emissor das mensagens.	EDUC./ TREIN
54. Avatares são capazes de fazer movimento "real" (correr, andar, pular, olhar ao redor e mais).	EDUC./ TREIN
55. Manter o usuário informado dos movimentos adicionais que um avatar pode fazer no sistema.	EDUC/TREIN.
56. Desafio fornecido de acordo com usuários padrão / nível. Muitas vezes esta flexibilidade é fornecida com níveis de dificuldade variável.	EDUCAÇÃO
57. Usuários capazes de desenvolver estratégias para atingir suas metas de aprendizagem.	EDUCAÇÃO
58. O andamento do sistema está em equilíbrio com o usuário.	EDUCAÇÃO
59. Usuários capazes de controlar o ambiente.	EDUCAÇÃO
60. Progresso do jogo pode ser visto a qualquer momento.	TREINAM.
61. As ferramentas devem ser adequadas para que o usuário realize o melhor de sua capacidade.	EDUCAÇÃO
62. A tarefa é adequada de acordo com a competência que o aprendiz encontra-se.	TREINAM.
63. O usuário compreende as terminologias.	EDUC./TREIN.
64. O usuário pode entender a funcionalidade da interface sem necessidade de tentar seus elementos.	EDUC./TREIN.
65. O avatar tem a possibilidade de se transportar no VW.	EDUCAÇÃO
66. O sistema permite ao usuário alterar o aspecto de seu avatar.	EDUC/TREIN.
67. O sistema permite ao usuário alterar o aspecto de seu avatar a qualquer momento.	EDUCAÇÃO

68. Ações diferentes no objeto virtual (cópia, anotação, compartilhamento ou envio) devem ser possíveis.	EDUCAÇÃO
AJUDA	
69. Os usuários não precisam usar um manual para jogar. O sistema fornece meios para o usuário aprender como interagir com ele.	TREI/EDUCAC
70. Ao iniciar o usuário tem informações suficientes para começar as tarefas de aprendizagem.	TREINAM.
71. Mensagens de erro devem fornecer ao usuário informações relevantes sobre o problema e guiá-los, em linguagem simples, para a resolução.	EDUCAÇÃO
72. Mensagens de erro devem fornecer ao usuário informações relevantes sobre o problema incluindo ações que levaram ao erro.	TREINAM.
73. Ajuda e documentação devem ser facilmente acessíveis não só online, mas também no interior do ambiente virtual. <i>Pop-ups</i> explicativas ou elementos flutuantes podem fornecer essa informação sobre objetos ou ações específicas	EDUC./TREIN.
74. O usuário entende os elementos da interface.	EDC/>TREIN.
75. Sons do sistema fornecem feedback significativo ou suscitam uma emoção particular.	EDC/TREIN.
76. O sistema oferece metas claras ou suporta o usuário criando metas.	EDC/TREIN.
77. O usuário vê o progresso no sistema e pode comparar os resultados.	EDC/TREIN.
78. Uma visão geral, tal como um mapa, deve ser fornecida para os utilizadores, de modo que eles podem ver o todo.	EDC/TREIN..
79. O sistema suporta diferentes estilos de interação.	EDUCAÇÃO
80. O sistema é agradável para repetições.	TREINAM.
81. O usuário não deve se sentir penalizado repetidamente pela mesma falha.	EDUCAÇÃO
82. Lugares dentro do VW devem ser facilmente acessíveis por meio de índices de referência.	EDC/TREIN.
83. A interface disponível ao usuário deve ser elaborada de forma a evitar/minimizar ao máximo os erros, sendo que, quando estes ocorrem, requerem resolução simples e ágil.	EDUCAÇÃO
84. Metas, procedimentos e objetivos claros devem ser exibidos principalmente por meio de um tutorial em que o usuário é guiado sobre como proceder na operação.	TREINAM.
85. Itens de ajuda menores podem ser oferecido pela da interface. Ou explicações e visualizações.	EDC/TREIN.
86. O sistema deve oferecer informações para orientação dos usuários.	EDC/TREIN.

87. O sistema explica aos usuários inexperientes como a interação é realizada no ambiente virtual.	EDC/TREIN.
88. O ambiente virtual oferece visitas guiadas para novos visitantes.	EDC/TREIN.
INTUIÇÃO E IMERSÃO	
89. Compatibilidade, a aplicação deve corresponder tão estreitamente quanto possível à expectativa do usuário em relação aos objetos do mundo real.	TREINAM.
90. Expressão natural das ações, a representação da presença do personagem no ambiente virtual deve permitir ao usuário agir e explorar de uma maneira natural, sem restrições a ações físicas normais.	EDC/TREIN.
91. Pontos de vista confiável, a representação do mundo virtual deve mapear a percepção normal do usuário e a mudança do ponto de vista pelo movimento do corpo, que deve ser processado sem demora.	EDC/TREIN.
92. Sensação de presença, a percepção do usuário e o estímulo de estar no mundo real deve ser o mais natural possível.	EDC/TREIN.
93. Interações visuais, auditivas ou mesmo táteis devem ser naturais.	EDUC./TREIN.
94. A história deve ser fornecida, de modo que os usuários são capazes de gravar, desfazer e refazer as ações.	EDUCAÇÃO
MULTIMÍDIA-MODELAGEM	
95. Uso de elementos multimídia são aceitáveis. Adicionados através do uso criativo das possibilidades disponibilizadas pelo computador, por meio de áudio, imagens, vídeo, de acordo com a necessidade dos usuários.	EDC/TREIN.
96. A combinação de elementos multimídia é adequado às tarefas desempenhadas e aos usuários.	EDC/TREIN.
97. A apresentação de elementos multimídia deve ser de fácil reconhecimento e comando.	EDC/TREIN.
98. Adequação de elementos multimídia para uso específico.	EDC/TREIN.
99. Observar a sobrecarga da memória do aluno, minimizando a quantidade de ícones multimídias na tela.	EDC/TREIN.
100. O uso de suporte a elementos multimídia fornecidos na ajuda.	EDC/>TREIN.
101.É aceitável a qualidade dos elementos multimídia (texto, imagem animação, vídeo e som) usados são aceitáveis.	EDUCAÇÃO
102.O sistema utiliza elementos multimídias para melhorar informações sobre o sistema.	EDC/>TREIN.
103.O texto explicativo deve ser controlável sobre a demanda dos usuários, adicionando, por exemplo, <i>pop-up</i> ou elementos flutuantes.	EDC/>TREIN.

Fonte: A autora.

APÊNDICE C - Processos da Cognição Humana

Miller (1956) autor que desenvolveu estudos sobre a capacidade de memorização humana, estabeleceu que a memória de curto prazo das pessoas pode manejar limitadamente sete, mais ou menos dois, "segmentos" de informação ao mesmo tempo. Ou seja, consegue-se assimilar, de maneira natural e satisfatória, de cinco a nove elementos de informação como imagens e texto impresso recebidos pelos olhos, sob a forma de imagens visuais, números, palavras ditas e outros sons podem ser retidos simultaneamente, por minuto, na memória de curta duração.

Assim, segundo Morris e Maisto (2004) a estrutura cognitiva humana depende da memória, estando esta metodologicamente dividida em três subsistemas distintos (Figura 26):

Figura 26 - Tipos de memória segundo Miller (1956)



Fonte: Adaptado de Miller (1956)

A Memória Sensorial (MS) permite o registro dos dados imediatos dos sentidos, ou seja, as informações captadas pelo registro sensorial desaparecem rapidamente se não passarem por novos processamentos. Morris e Maisto (2004) apontam ainda que as informações disponíveis nos registros visuais duram cerca de um quarto de segundo antes de sua substituição por novas informações, enquanto as informações de registro sonoro se mantêm ali por alguns segundos, permitindo a inteligibilidade da comunicação humana.

Já a memória de trabalho (MT), é limitada em capacidade e duração. Esta memória permite às pessoas manter uma conversa coerentemente. É uma memória com capacidade limitada, que retém e manipula sons e imagens na consciência ativa, processando as informações antes de serem armazenadas na memória de longo prazo.

A memória a longo prazo (MLP) é que armazena elevadas quantidades de informações previamente adquiridas e as retém por períodos de tempo indefinidos. Segundo Paas, Van Gog e Sweller (2010) a MLP é vista como a estrutura central da cognição humana e o conhecimento armazenado podem ser descritos como esquemas hierarquicamente organizados que nos permitem categorizar diferentes problemas e decidir sobre a solução mais apropriada.

Assim, esta estrutura dos processos de memória e cognição humana apresenta-se como uma capacidade humana de absorver conhecimento que fazem parte do seu desenvolvimento intelectual e comportamental, ou simplesmente, o processo de aquisição de conhecimento. Tal estrutura relaciona-se com todas as funções necessárias para controlar as ações, emoções e pensamentos, sendo fundamentais na interação do ser humano, bem como nas suas atividades diárias. Assim, o cérebro percebe toda informação captada por meio dos cinco sentidos. Estas capacidades são naturais, mas são também utilizadas em novos contextos e devem ser combinadas com o modo virtual.

APÊNDICE D - Diretrizes da TCC para AVA

Diretrizes de Sweller para um ambiente de aprendizagem eficiente	
1.	Usar diagramas para otimizar o desempenho em tarefas que requeiram manipulações espaciais.
2.	Usar diagramas para promover a aprendizagem de regras envolvendo relações espaciais.
3.	Diagramas para ajudar os alunos a construir uma compreensão mais profunda.
4.	Explicar diagramas com palavras apresentadas em ‘áudio-narração’.
5.	Use pistas e sinais para focar a atenção em conteúdos visuais e textuais importantes.
6.	Integre o texto explicativo próximo aos elementos visuais correspondentes nas páginas e telas.
7.	Integrar em um só modo de apresentação, palavras e elementos visuais usados para ensinar aplicações de computador.
8.	Reduzir o conteúdo ao essencial.
9.	Eliminar elementos visuais, texto e áudio estranhos ao conteúdo a ser aprendido.
10.	Eliminar a redundância nos modos de apresentação do conteúdo.
11.	Fornecer auxílios/subsídios para o desempenho sob a forma de memória externa suplementar.
12.	Elaborar auxílios/subsídios para o desempenho aplicando as técnicas de gerenciamento da Carga Cognitiva.
13.	Ensinar as componentes do sistema antes de ensinar o processo completo
14.	Ensinar o conhecimento de apoio/suporte separadamente dos passos do procedimento
15.	Considerar os riscos de sobrecarga cognitiva antes de elaborar um ambiente de tarefa-integral (<i>whole task</i>).
16.	Dê aos aprendentes possibilidades de controlar sobre o ritmo e gerencie a Carga Cognitiva quando o ritmo tiver de ser controlado pelo sistema instrucional.
17.	Substituir alguns problemas a resolver por exemplos resolvidos.
18.	Usar “exemplos parcialmente resolvidos” resolvidos incompletos para promover o processo de aprendizagem.
19.	Fazer a transição de “exemplos resolvidos” a exercícios a resolver com ‘ <i>forward fading</i> ’.
20.	Apresentar ‘exemplos resolvidos’ e ‘exemplos parcialmente resolvidos’ em formatos que minimizem a Carga Cognitiva Estranha.
21.	Usar exemplos resolvidos diversos/variados para promover a transferência do aprendido.
22.	Ajudar os alunos a explorar exemplos por meio de auto explicações .
23.	Ajudar os alunos a automatizar novos conhecimentos e habilidade .
24.	Promover uma prática (ensaio) mental do conteúdo complexo após os modelos mentais estarem formados.
25.	Escrever textos com alta coerência para leitores com pouco conhecimento.
26.	Evitar interromper a leitura de leitores com pouca habilidade.
27.	Eliminar conteúdos redundantes para os alunos mais experientes.
28.	Propor a transição de exemplos resolvidos para exercícios a resolver à medida que os alunos ganham expertise.
29.	Para alunos novatos, elaborar aulas com ensino dirigido (direto, explícito) em vez de aulas por redescoberta guiada.

Fonte: Sweller (2006)

APÊNDICE E - Planejamento e Condução da Revisão Sistemática

Mancini e Sampaio (2007) definem a Revisão Sistemática(RS) como um método de pesquisa que utiliza como fontes de dados a literatura sobre um tema. Consiste numa revisão de literatura pautada em métodos sistematizados de busca, análise e síntese da informação selecionada.

A estruturação da revisão sistemática pode ser sintetizada em três fases (Planejamento, Condução e Análise/ Interpretação de Resultados),que, juntamente com a definição de questões primárias e secundárias, formam o panorama que possibilita o levantamento/análise de estudos com a finalidade de sintetizar os conhecimentos já existentes numa determinada área específica (GOUGH; OLIVER; THOMAS, 2012).

Assim, a primeira fase da RS refere-se ao planejamento, que parte da delimitação do escopo e definição de questões primárias (QPs) e secundárias (QPSs) e, também, inclui a elaboração/validação do protocolo de revisão dos artigos que comporão a revisão sistemática. A fase denominada de Condução engloba não só a seleção das investigações que atendem aos requisitos definidos anteriormente, como também a organização, análise e síntese das informações mais significativas. Finalmente, a última fase refere-se ao conjunto de procedimentos quanto à documentação, ou seja, à composição do relatório que sumariza os resultados obtidos.

A partir desta configuração, passou-se à realização propriamente dita da tripla revisão sistemática, sendo que os materiais e métodos adotados se encontram detalhados nos próximos itens.

1. Revisão Sistemática sobre *Affordances* Educacionais e RV

Para o desenvolvimento da presente revisão sistemática sobre *affordances* educacionais aplicadas aos AVA3D foi preciso realizar um estudo teórico para o estabelecimento dos conceitos básicos sobre *affordance*, detalhados anteriormente no capítulo 2 , bem como estabelecer as questões primárias (QPs) e secundárias (QSs) para nortear o estudo dos artigos encontrados.

QP1: Existem trabalhos que estudam ou propõem *affordances* educacionais para ambientes 3D?

QP2: Como as *affordances* educacionais podem ser aplicadas em ambientes 3D?

QS1: Há trabalhos que destacam aspectos sobre usabilidade e *affordances* educacionais para AVA3D?

QS2: Como as *affordances* educacionais são trabalhadas em relação à AVA3D?

QS3: Há artigos que trabalham com diretrizes de usabilidade e *affordances* educacionais voltadas a AVA3D?

QS4: É possível mapear um histórico em relação aos avanços propostos nas investigações empreendidas e também verificar períodos de maior interesse na comunidade científica?

A partir disso, definiu-se que seriam exploradas bases científicas gerais, como Scopus, IEEE e ACM. O período de realização da revisão sistemática englobou outubro de 2016 a março de 2017, sendo que não foi definido em nenhuma das três revisões um período temporal nas bases, dado que se buscou também realizar uma análise que considerava um panorama histórico.

Assim, foi feito um levantamento de termos pertinentes, o que permitiu o estabelecimento de conjunto de palavras-chave em inglês para serem combinadas à palavra-chave primária (*virtual environment*). As *strings* foram tratadas nas buscas em relação aos títulos, resumos, palavras-chave, bem como ao texto completo presente nas quatro bases de artigos científicos. O conjunto das três *strings* definidas e aplicadas na revisão sistemática encontra-se listado abaixo:

String 1: virtual environment AND affordance educational,

String 2: virtual environment AND affordance educational AND heuristics usability

String 3: virtual environment AND affordance AND education or training

Contudo, a *string 2* não obteve resultado em nenhuma das três bases consultadas no período em questão. Isso indica que tais áreas relacionadas a usabilidade de AVA3D ainda precisam ser exploradas por pesquisas acadêmicas. A partir dos parâmetros estabelecidos para a presente revisão sistemática, a busca resultou na análise de 51 artigos, que foram revisados detalhadamente, novamente aplicando os critérios de inclusão e exclusão, observando além do título, do abstract e das *strings*, o texto principal. Ao final, cinco artigos foram considerados com informações suficientes, sendo que os demais abordavam outras questões relacionadas a ambientes tridimensionais, mas não propunham diretamente *affordances* educacionais ou eram ambientes com interfaces voltadas para Realidade Aumentada (Quadro 17) .

Quadro 17 - Consolidação dos resultados *Affordances* Educacionais e RVbases científicas
(Legenda: E – Anais de Eventos; J – Periódicos; Re. – Repetidos)

<i>Strings de Busca</i>	<i>IEEE</i>		<i>ACM</i>		<i>Scopus</i>		<i>Re.</i>
	E	J	E	J	E	J	
<i>Sting 1</i>	4	0	37	1	2	3	0
<i>Strings 3</i>	1	1	2	0	0	0	0
Totais separados	5	1	39	1	2	3	0
Totais por base		6		40		5	
Total geral						51	0
Total s/ repetições						51	

Fonte: A autora.

2. Revisão Sistemática sobre Heurísticas de usabilidade para ambiente de RV com ênfase em educação e treinamento

Seguindo o processo definido por Kitchenham (2004) a pesquisa a RS delineou-se por meio das seguintes questões:

QP1: Existem trabalhos que propõem heurísticas de usabilidade para ambientes 3D de aprendizagem com ênfase em educação e/ou treinamento?

QP2: As heurísticas de usabilidade propostas para ambientes de aprendizagem 3D podem ser usadas/aplicadas para análise do Grau de Influência das Ênfases de Educação e Treinamento em Ambientes Virtuais 3D de Aprendizagem?

QS2: É possível mapear um histórico em relação aos avanços propostos nas investigações empreendidas e também verificar períodos de maior interesse na comunidade científica?

A partir disso, foram definidas bases científicas gerais a serem exploradas, como a Wiley Online Library (WOL), e *Scopus* e bases específicas de engenharia e computação, respectivamente, como *IEEE* e *ACM*. O período de realização da revisão sistemática englobou dois períodos distintos. O primeiro de março a julho de 2015 e o outro de janeiro a fevereiro de 2017. Foram necessárias esses dois períodos para atualização das pesquisas mais recentes sobre o assunto estudado.

Foi realizado um levantamento de termos pertinentes, o que permitiu o estabelecimento de conjunto de palavras-chave em inglês para serem combinadas à palavra-chave primária *usability heuristics, 3D environment, training and education*. As *strings* foram tratadas nas buscas em relação aos títulos, resumos, palavras-chave, bem como ao texto completo presente

nas quatro bases de artigos científicos. O conjunto das duas *strings* definido e aplicado na revisão sistemática encontra-se listado abaixo:

String 1: usability heuristics AND 3D Virtual Environment AND education

String 2: usability heuristics AND Virtual Reality AND training

I. A partir dos parâmetros estabelecidos para a presente revisão sistemática, a busca resultou na análise de 16 artigos, que foram revisados detalhadamente, observando além do título, do abstract e das *strings*, o texto principal, novamente aplicando os critérios de inclusão e exclusão. Ao final, nove artigos conforme quadro 18 abaixo foram considerados com informações suficientes, sendo que os demais abordavam outras questões relacionadas a ambientes tridimensionais de aprendizagem tridimensionais, mas não propunham diretamente heurísticas de usabilidade.

Quadro 18 - Consolidação dos resultados Heurísticas de Usabilidade, AVEd , AVTr
(Legenda: E – Anais de Eventos; J – Periódicos; Re. – Repetidos)

<i>Strings de Busca</i>	<i>IEEE</i>		<i>ACM</i>		<i>Scopus</i>		<i>Wos</i>		<i>Re.</i>
	E	J	E	J	E	J	E	J	
<i>String 1</i>	2	2	1	2	2	3	0	1	2
<i>Strings 2</i>	3	1	1	0	1	5	0	5	4
Totais separados	5	3	2	2	3	8	0	6	6
Totais por base		8		4		8		6	
Total geral								26	6
Total s/ repetições								20	

Fonte: A autora.

3. Revisão Sistemática sobre Heurísticas de usabilidade para ambiente de RV com ênfase em educação e treinamento e TCC

Para o desenvolvimento da presente revisão sistemática sobre Teorias da Carga Cognitiva aplicada a ambientes de aprendizagem virtual tridimensional (AVA3D) foi preciso realizar um estudo teórico para o estabelecimento dos conceitos fundamentais de tais áreas, detalhados anteriormente no item 3 (Trabalhos Relacionados), bem como responder a questão de pesquisa: “Existem trabalhos que estudam ou propõem diretrizes de usabilidade para AVA3D com ênfase em educação ou treinamento que se apoiem na CLT?”

A partir disso, definiu-se que seriam exploradas bases científicas gerais, como a Wiley Online Library (WOL), Scopus e bases específicas de engenharia e computação, respectivamente, como o IEEE, *The Institute of Electrical and Eletronics Engineers* e o ACM.

Fonte: A autora.

A partir dos parâmetros estabelecidos para a presente revisão sistemática, a busca resultou na análise de 53 artigos, que foram revisados detalhadamente, novamente aplicando os critérios de inclusão e exclusão, observando além do título, do *abstract* e das *strings*, o texto principal. Ao final, 14 artigos foram considerados com informações suficientes, sendo que os demais não abordavam temas pertinentes às questões relacionadas a ambientes tridimensionais voltados para aprendizagem, e relacionavam-se com temas ligados a jogos, ou eram ambientes com interfaces voltadas para Realidade Aumentada.

APÊNDICE F - Tabela relacionando aspectos motivacionais e *affordance*

ASPECTO MOTIVACIONAL KELLER (1983)	ESTRATÉGIAS (MUSTARO, 2011)	AFFORDANCES EDUCACIONAIS
Interesse	<ol style="list-style-type: none"> 1. Despertar o interesse por meio da melhoria do conhecimento espacial 2. Implementar recurso pessoal ou emocional (que pode ser trabalhado por meio de narrativas). 3. Mostrar, conforme o grau do estudante, algum elemento que esteja relacionado ou integrado ao universo conhecido ou de crença deste combinando componentes inesperados. 4. Tornar o que é estranho ao estudante familiar e vice-versa. 5. Fornecer experiências/cenários em que o estudante precise adotar aspectos da investigação científica ao processo de resolução do problema. 	AF1,AF2 ,AF4, AF8
Relevância	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melhorar a experiência de sucesso por meio do aumento de sua expectativa ou instituição de níveis gradativos de atividades (do fácil para o desafiador). 2. Mostrar os requisitos necessários para obter sucesso. 3. Fornecer controle pessoal contextual e oferecer feedback. 	AF3, AF6,AF7, AF8
Expectativa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melhorar a experiência de sucesso por meio do aumento de sua expectativa ou instituição de níveis gradativos de atividades (do fácil para o desafiador). 2. Mostrar os requisitos necessários para obter sucesso. 3. Fornecer controle pessoal contextual e oferecer feedback. 	AF3 , AF 5 , AF7 E AF8
Satisfação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar recompensas extrínsecas de forma seletiva. 2. Instituir mecanismos para não tornar a recompensa compulsória (previsível), tendo em vista a manutenção da satisfação intrínseca; que pode ser complementada por meio do elogio verbal e feedback informativo ao invés da adoção de mecanismos externos de avaliação de desempenho, ameaças ou vigilância. 3. Apresentar comentários relacionados à performance para a manutenção do desempenho 	AF1,AF2,AF3, AF4,AF5,AF6 E AF7

Fonte: A autora.

APÊNDICE G –Taxonomia de Bloom Domínios:Cognitivo, Afetivo e Psicomotor.

DOMÍNIO CARACT./ HABIL	CATEGORIAS EM ORDEM DE COMPLEXIDADE	VERBOS / PALAVRA-CHAVE
COGNITIVO REVISADA aprendizagem intelectual, habilidades e de atitudes/ Desenvolvimento de habilidades intelectuais.	CRIAR: Criar uma estrutura ou padrão de elementos diversos, com ênfase na criação de um novo elemento.	Combinar, Planejar Compor, Atualizar, Projetar, Explicar, Modificar, Relacionar, Reescrever, Compilar.
	AVALIAR: Fazer julgamentos sobre o valor de idéias ou materiais	Classificar, Avaliar, Concluir criticar, defender, justificar, resumir
	ANALISAR: Separar conceitos em partes para que sua estrutura orgazacional possa ser entendida.	Ordenar, Explicar, Concluir e alcançar, diferenciar, ilustrar, relacionar, selecionar
	APLICAR: Usar um conceito em uma nova situação ou não processado de uma abstração.	Experimentar, mudar, descobrir, preparar, resolver, mostrar, usar, manipular Calcular , Construir,
	ENTENDER: Compreender o significado de instruções e problemas	Resumir, Interpretar, prever, Executar, traduzir, estimar exemplificar, compreender, distinguir, estender.
	RECORDAR: Recuperar informações aprendidas anteriormente.	Listar, Descrever, Tabular, rotular, contornar, reproduzir, selecionar.
AFETIVO/ Relacionado a sentimentos e posturas. Área emocional e afetiva/ Apreciação Estética, compromisso, responsividade e consciências (autoconsciência, consciência de fatores externos, consciência ética e moral)	CATEGORIZAÇÃO: organiza valores em prioridades contrastando diferentes valores, resolvendo conflitos entre eles e criando um sistema de valores exclusivo.	Agir, Discriminar, exibir, influenciar, modificar, executar, qualificar, fazer, perguntar, revisar, servir, resolver e verificar.
	VALORIZAÇÃO: Aceitação, Preferência e Compromisso (com aquilo que valoriza)	Apreciar, demonstrar, iniciar, convidar, juntar, justificar, propor, respeitar, compartilhar
	RESPOSTA: Participação ativa, Disposição para responder e Satisfação em responder	Rponder, Auxiliar, Cumprir, Discuir, Cumprimentar, ajudar, rotular, executar, apresentar
	RECEPTIVIDADE : Percepção, Disposição para receber e Atenção seletiva.	Reconhecer, Atender, Notar, Observar , Reparar Obedecer, Seguir Escutar, Entender
PSICOMOTOR Relacionado a habilidades físicas específicas./ Abrangendo as habilidades de execução de tarefas.	COMUNICAÇÃO NÃO DISCURSICA: Uso da linguagem corporal efetiva, como gestos e expressões faciais. Expresão por movimentos e gestos.	Organizar, Compor e interpretar
	MOVIMENTO HÁBEIS- Movimentos qualificadosse avançados como poderia ser encontrados nos esportes ou na atuação.	Adaptar, Construir, Criar Modificar
	Habilidades FÍSICAS - exige resistência, vigor e agilidade.	Agilidade, Resistência e Força.
	Habilidades Perceptivas- Resposta a estímulos tais como discriminação visual, auditiva, cinestésica ou tátil.	Pegar um objeto, desenhar ou escrever.
	MOVIMENTOS FUNDAMENTAIS BÁSICOS - são a base para movimentos de habilidades mais complexas, Como caminhar ou agarrar.	Apertar um botão, jogar um objeto , passear.
	MOVIMENTOS REFLEXIVOS - Reações que não são aprendidas, como uma reação involuntária.	Reagir, responder instintivamente.

Fonte: A autora.

APÊNDICE H - Tabela comparativa entre diferentes abordagens pedagógicas

ABORDAGENS PEDAGÓGICAS/ AUTORES E CONCEITOS CHAVE	ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM	CONTEÚDO	PROCEDIMENTOS	OBJETIVOS	TIPOS DE COLABORAÇÃO	RESULTADO PRETENDIDO
BEHAVIORISMO/ SKINNER/ A MENTE COMO “CAIXA NEGRA”	LER ASSISTIR OPERAR	ROTEIRIZADO CONSTRUÍDO/ ORGANIZAÇÃO SEQUENCIAL	REPETITIVO /COMANDOS/ ORDENS/IDENTIFI CAÇÃO DO NÍVEL DOS ALUNOS COMO BASE PARA A APRENDIZAGEM	DESTREZA, CAPACITA ÇÃO, HABILIDADE	INDIVIDUAL USUÁRIO- SISTEMA	CONDICIONA- MENTO
COGNITIVISMO/ PIAGET/ PROCESSOS DE ASSIMILAÇÃO E ACOMODAÇÃO/ PERFIS DE APRENDIZAGEM	ADAPTAR ELABORAR ASSOCIAR COOPERAR OBSERVAR, EXPERIMENTAR, COMPARAR, RELACIONAR, ANALISAR, JUSTAPOR, COMPOR, COMUNICAR	PROPOSIÇÃO DE PROBLEMAS (PROJETOS DE AÇÃO OU OPERAÇÃO QUE CONTENHAM EM SI UM ESQUEMA ANTECIPADO).	PROPOR DESAFIOS E PROBLEMAS /EVITAR ROTINA/ FIXAÇÃO DE RESPOSTAS, HÁBITOS. / TUTORIA INTELIGENTE/	RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	MULTIUSUÁR IO GRUPO	INFORMAÇÃO RELACIONA COM A ESTRUTURA DE CONHECIMEN TO PRÉ- EXISTENTE
CONSTRUTIVISMO SÓCIO- CONSTRUTIVISMO PIAGET/VYGOTSKY/ APRENDIZAGEM POR MEIO DA EXPERIÊNCIA PESSOAL, ATIVA E SOCIAL	DISCUTIR CRIAR CONSTRUIR RELACIONAR ARGUMENTAR LEVANTAR HIPÓTESES, ARGUMENTAR COMUNICAR REFLETIR INTERAGIR	APOIADO E GUIADO / REVISÃO DE CONTEÚDO E APRESENTAR UMA VARIEDADE DE PERSPECTIVAS	EXPLICAÇÃO, VISUALIZAÇÃO EXPERIENCIA DIRETA EM PRIMEIRA PESSOA CONTEXTUALIZAÇ ÃO DA APRENDIZAGEM	CONSTRU ÇÃO DO CONHECI MENTO/ REFLEXÃO/ TOMADA DE DECISÃO	MULTIUSUÁR IO GRUPO	ENTENDIMEN TO DAS INFORMAÇÕES
CONNECTIVISMO SIEMENS/DOWNES/ A APRENDIZAGEM É UM PROCESSO DE CONECTAR NÓS ESPECIALIZADOS OU FONTES DE INFORMAÇÃO	EXPLORAR CONECTAR CRIAR AVALIAR EXPERIMENTAR FRACASSAR SIMPLIFICAR IDENTIFICAR RELACIONAR	PESSOAL AUTOCRIADO REMIXADO COMPARTILHADO / INFORMAL E NÃO ESTRUTURADO; RICO EM FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS; APRENDIZAGEM E CONHECIMENTO RESIDEM NA DIVERSIDADE DE OPNIOS/ ATUALIZAÇÃO DO CONTEÚDO	OS USUÁRIOS PODEM SEGUIR CAMINHOS DIFERENCIADOS. TOLERANTE À EXPERIMENTAÇÃ O E AO FRACASSO; SIMPLES; CONNECTADO, DESCENTRALIZAD O E APOIADO/ PODE SESIDIR EM DISPOSITIVOS NÃO HUMANOS	COLABORA ÇÃO	REDE	CONEXÃO ENTRE AS INFORMAÇÕES

Fonte: A autora.

APÊNDICE I - Tabela relacionando diferentes constructos e *affordance*

AFFORDANCE	CARACTERÍSTICAS	TAREFAS DE APRENDIZAGEM	ASPECTO MOTIVACIONAL KELLER (1987)	TIPO DE INTERAÇÃO	HEURÍSTICAS DE USABILIDADE RELACIONADAS	ABORDAGEM PEDAGÓGICA RELACIONADA
CONHECIMENTO ESPACIAL	PROTOPERCEPÇÃO MAPEAMENTO DAS SUPERFÍCIES USO DE EQUIPAMENTOS SOM TRIDIMENSIONAL USO DE HMD RASTREADORES DE POSIÇÃO	NAVEGAR, INTERAGIR DESLOCAR, EXPRESSAR MOVIMENTAR, PERCEBER EXPERIMENTAR	INTERESSE SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	1,2,3,13,19,28,3 9,51,52,53 ,54,70,.77	BEHAVIORISMO CONSTRUTIVISMO E SÓCIO CONSTRUTIVISMO CONECTIVISMO
APRENDIZAGEM EXPERIENCIAL	COMUNICAÇÃO	COMUNICAR VISUALIZAR INTERAGIR MANIPULAR PARTICIPAR	INTERESSE SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	3,4,5,10,13,50,5 0,52,60,61,62,7 1	CONSTRUTIVISMO E SÓCIO CONSTRUTIVISMO CONECTIVISMO
PERSONALIZAÇÃO	AVATAR ATIVO PERFIS COGNITIVOS FLEXIBILIDADES DE INTERAÇÕES	MOTIVAR, ENGAJAR EXPERIENCIAR, EXPERIMENTAR COMUNICAR, INTERAGIR	RELEVÂNCIA EXPECTATIVA SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	3,6,7,8,9,10,12, 13,14,16,22, 40,50,41,52,54, 57,58,59,69,71, 72,79,80,82,82, 84,85,89,90	CONSTRUTIVISMO E SÓCIO CONSTRUTIVISMO CONECTIVISMO
CONTEXTUALIZADA	MODELAGEM DO AMBIENTE SEGUNDO CONTEXTO REALISMO QUALIDADE DE OBJETOS VIRTUAIS CONTROLE REALISTA DA INTERAÇÃO	CONTEXTUALIZAR, APLICAR MANIPULAR, DECIDIR CORRELACIONAR DESCREVER, EXPLICAR.	INTERESSE SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	11,14,15,16,17, 18,20,24,26,32, 34,35,36,38,46, 55,64,76,77,88	CONSTRUTIVISMO E SÓCIO CONSTRUTIVISMO
SOCIAL	COMUNICAÇÃO SÍNCRONA E ASSÍNCRONA TAREFAS COMPARTILHADAS	INTERAGIR, COMUNICAR, COLABORAR, COMPARTILHAR PARTICIPAR E COMPREENDER	SATISFAÇÃO	CONTROLE DO SISTEMA ENTRADA SIMBÓLICA	11,43,44,45,46, 49,	CONSTRUTIVISMO E SÓCIO CONSTRUTIVISMO CONECTIVISMO
TEMPO DE RESPOSTA	VISUALIZAÇÃO DO STATUS DO SISTEMA FEEDBACK REALISTA	PERCEBER VISUALIZAR DISTINGUIR COMPARAR	RELEVÂNCIA EXPECTATIVA SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	29,39,41,86,87	BEHAVIORISTA
ENCONTRABILIDADE DA INFORMAÇÃO	ÍCONES 3D RECONHECÍVEIS INFORMAÇÕES ORGANIZADAS INTERAÇÃO NATURAL	ENCONTRAR LOCALIZAR ORIENTAR DESCOBRIR RECONHECER, DIFERENCIAR,	RELEVÂNCIA EXPECTATIVA SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	2,3,4,5,16,17,18 , 44,46,74,75,77	BEHAVIORISTA CONECTIVISTA
SEMIÓTICA	CARACTERÍSTICAS E COMPORTAMENTOS DOS OBJETOS MULTISSENSORIAIS DO AMBIENTE VIRTUAL QUE PERMITEM RECONHECE-LOS PROPICIAR A INTERAÇÃO	ESPECIFICAR, DIFERENÇAR, DISCRIMINAR, SEPARAR, IDENTIFICAR, ENCONTRAR VISUALIZAR DIVISAR, AVISTAR, OUVIR, VER, PERCEBER, OLHAR.	INTERESSE SATISFAÇÃO	SELEÇÃO /MANIPULAÇÃO CONTROLE DO SISTEMA NAVEGAÇÃO ENTRADA SIMBÓLICA	4,5,10, 16, 18,19,19,56,66, 67,77,81,82,91, 92,93,94,95	BEHAVIORISTA CONSTRUTIVISMO E SÓCIO CONSTRUTIVISMO CONECTIVISMO

Fonte: A autora.

APÊNDICE J - Exemplo de aplicação de análise sinérgica das *affordances*

Aplicação do modelo análise de affordance

O desafio para a utilização do RVCEMIG e SGA–RVCEMIG para treinamento é propor quais as ferramentas devem ser usadas para determinar o desenvolvimento das diversas tarefas propostas. Esta seção fornece um exemplo de como a aplicação da análise de *affordance* pode ajudar a chegar a essa determinação.

Identificar metas educacionais:

Perceber os componentes educacionais para selecionar quais as tecnologias serão mais apropriadas.

Objetivo 1: facilitar a compreensão dos operadores sobre os conceitos-chave.

Desenvolver conceitos preliminares sobre Subestação de energia, Equipamentos de Manobra e de Medição.

Objetivo 2: facilitar a aplicação dos conhecimentos dos operadores nas subestações.

Desenvolver nos operadores habilidades procedimentais necessárias às tomadas de decisão, mediante situações rotineiras e críticas.

Postular tarefas adequadas

Identificar as tarefas que serão adequadas para atingir os objetivos pré-identificados é um processo criativo que depende de profissionais especialistas em educação como professores e Designers Instrucionais (DI).

Compreender os conceitos-chave: para desenvolver a compreensão dos conceitos-chave, considerou-se que os alunos precisavam ser estimulados a responder a questões de estilo conceitual que os obrigassem a inter-relacionar peças de conhecimento declarativo, como por exemplo : os conceitos de circuitos elétricos , ou a descrição de uma chave seccionadora. A fim de melhorar a qualidade da compreensão dos operadores, propõe-se uma avaliação entre pares a fim de promover a reflexão crítica.

Aplicar os conhecimentos dos operadores nas intervenções de subestações:

Os operadores precisariam receber mini tarefas de resolução de problemas que os obrigassem a aplicar o conhecimento conceitual que desenvolveram na manobra de equipamento da subestação de energia elétrica. As abordagens pedagógicas colaborativas

poderiam ser aplicadas para realizar esta tarefa, pois oferecem suporte aos alunos para solução de problemas por meio da discussão com seus pares.

Para a implementação das tarefas que foram postuladas poderia ser proposto por exemplo, para a tarefa de "entender conceitos-chave", que os operadores construíssem colaborativamente respostas escritas às perguntas. Ou, talvez, que os operadores desenhassem representações dos circuitos elétricos ou mesmos mapas mentais e recebessem feedback assíncrono.

Determinar os requisitos de affordance da tarefa.

O sistema de classificação de *affordance* anteriormente apresentado fornece uma estrutura para especificar os requisitos de *affordance* da tarefa.

Compreender conceitos, avaliar descrições.

Para que os operadores representem seus conceitos e avaliem os de outros, as capacidades de ler e escrever foram consideradas fundamentais. Assim como são necessárias a capacidade de visualizar e de desenhar, enquanto que os meios de comunicação de áudio e vídeo não foram considerados necessários devido à natureza mais reflexiva e representativa da tarefa.

A "capacidade síncrona" não foi considerada obrigatória pois os alunos poderiam fornecer suas respostas conceituais e avaliar as dos outros em seu próprio tempo. Isso significava que a "acessibilidade" e a "capacidade de compartilhamento" seriam fundamentais. As capacidades de "gravação" e "reprodução" seriam necessárias para que os operadores pudessem rastrear o desenvolvimento de conceitos e argumentos. Para limitar o tamanho das interações grupais e também como forma de coibir que os alunos simplesmente tomem o trabalho de outros grupos, a permissão de logon seria necessária. As possibilidades de navegação de buscar, relacionar e vincular os conteúdos foram consideradas úteis para revisar, ajustar e relacionar informações.

Aplicar os conhecimentos dos operadores nas intervenções de subestações:

Para ter acesso ao suporte imediato à solução de problemas e para poder trocar ideias sobre alguma intervenção no sistema RV-CEMIG em tempo hábil, são requeridas a capacidade de comunicação "síncrona" e de compartilhamento". Para suportar uma colaboração rica, todas *affordances* de encontrabilidade da informação foram necessárias. Por exemplo, um operador pode querer transmitir a sua tela para que outro possa fornecer suporte de áudio, enquanto um terceiro possa descrever parte do sistema em uma área de texto compartilhada. Para a realização

das mini tarefas a capacidade de “mover”, caminhar, guiar, orientar ,manipular, interagir são fundamentais. Esses requisitos de rendimentos foram resumidos na Tabela 2.

Determine as *affordances* tecnológicas disponíveis.

As *affordances* tecnológicas para os sistemas RV-CEMIG e SGA-RVCEMIG estão presentes nas tabelas no final deste apêndice.

Design de tarefas para AVA3D

O processo sinérgico de seleção de *affordances* apropriadas para os requisitos de tarefas e das *affordances* da tecnologia aponta para a definição de uma intervenção educacional mais apropriada de acordo com as tarefas propostas.

A partir disso, com base nas descrições das *affordances* de requisitos da tarefa e nos recursos tecnológicos oferecidos pela RV-CEMIG e pelo SGA-RV-CEMIG, fica evidente que a ferramenta RV-CEMIG deve apoiar-se no seu SGA para o desenvolvimento da tarefa "compreender conceitos-chave". Isso porque o Sistema RV-CEMIG é direcionado para as tarefas que possibilitam monitoramento e controle.

Por outro lado, a ferramenta SGA RV-CEMIG proporcionou instrumentos que possibilitaram o desenvolvimento dos requisitos da tarefa "compreender conceitos-chave".

O sistema SGA possui uma biblioteca que oferece o conteúdo necessário disponível para download para o entendimento dos conceitos-chave.

No entanto, a ferramenta necessita de instrumentos que possibilitem o compartilhamento e cooperação entre os alunos/operadores para que haja uma maior integração eles também eles.

Outras ferramentas capazes de auxiliar nos processos de aprendizagem seriam a "capacidade de gravação" e "capacidade de reprodução", que não foram identificadas como exigidas na análise de requisitos originais mas, poderiam realmente ser úteis para os operadores que desejassem rever o processo no qual eles (ou outros) se comprometeram. Estas capacidades poderiam ser incorporadas na demanda da tarefa, para melhorar o design geral da tarefa. (Que representa aqui o processo de iteração entre a determinação de requisitos e os estágios para design do ambiente).

Para o objetivo de aplicar os conceitos em mini tarefas as ferramentas no SGA-CEMIG, ainda em processo de desenvolvimento, necessitam de instrumentos que facilitem a escrita colaborativa, que possibilitem o compartilhamento de ideias a partir de esquemas, ferramentas que possibilitem a comunicação por voz que permitam aos alunos realizar discussões de áudio.

Assim, os operadores poderiam comparar e contrastar sua abordagem com as dos outros, como meio de desenvolvimento das habilidades de pensamento críticas e auto reflexivas.

As ferramentas para caminhar e navegar dentro do ambiente virtual encontram-se bem desenvolvidas, proporcionando a personalização de acordo com o que o usuário se sinta mais à vontade para operar. Em relação à busca para encontrar objetos, ambas ferramentas possuem mecanismos que facilitam o encontro destes objetos virtuais nestes ambientes, fornecendo ainda ferramentas, que destacam o objeto encontrado por meio de *Highlight*. (Informação e visualização dos objetos).

Tabela Exemplo: Identificando as *Affordances* de requisitos de tarefas de aprendizagem.

AFFORDANCE DE TAREFAS	LER	VISUALIZAR	OUVIR	FALAR	ESCREVER	DESENHAR	MANIPULAR	INTERAGIR	MOVER	CAMINHAR/NAVEGAR	REDIMENSIONAR	GRAVAR	ACESSAR	PERMITIR LOGON	REPRODUZIR	SINCRONIZAR	PROCURAR	LINKAR	DESTACAR (HIGHLIGHT)	FOCALIZAR	ENCONTRAR/LOCALIZAR	COMBINAR	COLABORAR	COMPARTILHAR
COMPREENSÃO DE CONCEITOS	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	*		*	*	*	*			*	*
APLICAR CONCEITOS EM TAREFAS NO RVCEMIG	*	*	*	*	*	*	*	*		*			*	*			*	*	*	*	*	*	*	*

Fonte: ADAPTADA DE BOWER (2008)

Tabela Exemplo: Identificando as *Affordances* das tecnologias disponíveis no AVs 3D.

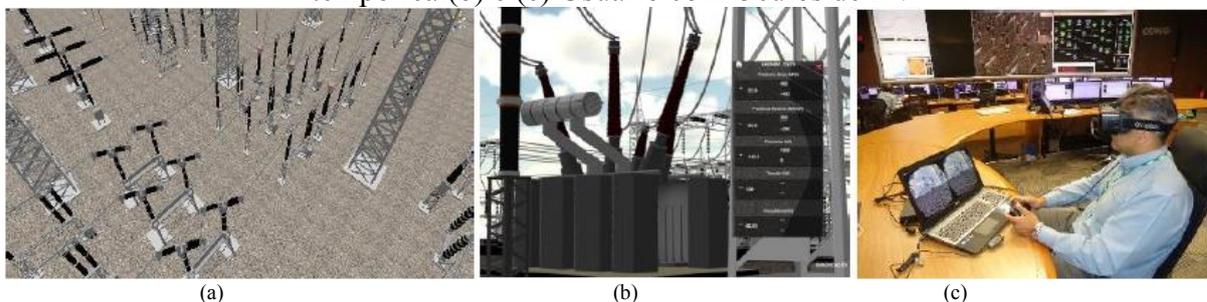
AFFORDANCE DE TAREFAS			
LER	*	*	
VISUALIZAR	*	*	
OUVIR			
FALAR			
ESCREVER	*	*	
DESENHAR			
MANIPULAR		*	
INTERAGIR	*	*	
MOVER			
CAMINHAR/NAVEGAR	*	*	
REDIMENCIONAR			
GRAVAR			
ACESSAR	*	*	
PERMITIR LOGON	*	*	
REPRODUZIR			
SINCRONIZAR			
PROCURAR	*	*	
LINKAR		*	
DESTACAR (HIGHLIGHT)	*		
FOCALIZAR	*	*	
ENCONTRAR/LOCALIZAR	*	*	
COMBINAR			
COLABORAR			
COMPARTILHAR			

Fonte: ADAPTADA DE BOWER (2008)

APÊNDICE K - Descrição do RVCEMIG para treinamento de operadores e controle de subestações de energia elétrica

O sistema proposto consiste num AVA3D que representa uma subestação de Energia Elétrica da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), dotado de interfaces de treinamento para monitoramento e controle (Figura 27). Este sistema possibilita a seus usuários realizar experimentações práticas interativas por meio de uma interface intuitiva e segura, contando com diversas formas de navegação e , segundo Silva (2013), com um maior fator de imersão, quando comparada às interfaces tradicionais.

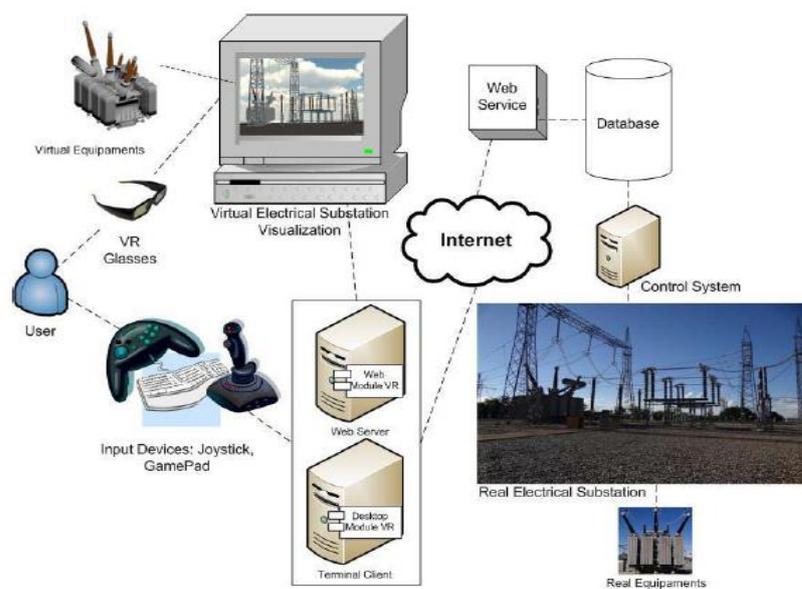
Figura 27 - (a) Representação virtual de uma Subestação Elétrica, (b) Leitura de dados em tempo real(b) e (c) Usuário com Óculos de RV



Fonte: Cardoso (2016, p. 3).

Segundo o autor, a arquitetura interna proposta para RVCemig é elaborada por meio da *Engine Unity*. Assim, ele aponta que os dados referentes aos estados dos equipamentos (ligado, desligado, medições elétricas) que compõem uma subestação de uma concessionária de Energia Elétrica são recebidos e processados em tempo real via *WebService* (Figura 28). Segundo o mesmo autor, os operadores podem explorar e conhecer detalhes físicos dos objetos, além de simular diferentes possibilidades de operação do circuito sem comprometer a sua segurança e o desempenho do sistema.

Figura 28 - Esquema de funcionamento RV-CEMIG



Autor: Silva (2013).

O sistema proposto deve representar uma subestação real apresentando informações corretas dos equipamentos. Assim, a proposta visa possibilitar diferentes formas de navegação no ambiente. O sistema proposto conta com quatro formas de navegação, sendo elas: 1) visão em primeira pessoa, onde o usuário pode se aproximar dos dispositivos em diferentes velocidades, e utilizar diferentes graus de liberdade para visualizar a cena em ângulos distintos; 2) visão em terceira pessoa, onde o usuário possui uma representação de avatar no ambiente virtual; 3) visão geral ou visão de Deus, onde o usuário pode combinar a manipulação de diversos graus de liberdade e possibilitando a visualização de componentes dos mais diversificados e privilegiados ângulos; 4) tele transporte por meio de um mini mapa, utilizado para acesso rápido aos locais do ambiente. Durante a navegação, os usuários podem utilizar diversos dispositivos de entrada e saída, como *joystick*, *gamepad*, *mouse*, teclado e óculos de Realidade Virtual.

Esses são mecanismos de Controle Integrados ao Ambiente Virtual 3D proposto. Para amenizar a perda da sensação de imersão durante o processo de operação e controle, foram desenvolvidas estratégias de integração para as interfaces usuais de controle (janelas, botões, campos de texto) com o ambiente virtual 3D. Quando o usuário necessita utilizar esses elementos de controle, o confronto de paradigmas entre o mundo virtual 3D e as interfaces com o usuário em 2D é minimizado, já que essas interfaces são sobrepostas no mesmo cenário com níveis de transparência que diminuem a sensação de mistura. Além disso, esses mecanismos

são expostos apenas quando necessários ao contexto da ação de interação envolvida ou quando solicitados pelo usuário, tornando o ambiente virtual menos sobrecarregado e mais intuitivo.

Descrevemos duas aplicações das tabelas de análise de *affordance*, uma aplicação em AVA3D para Subestações de Energia Elétrica o RV_CEMIG e outra aplicação em um sistema de Gestão de Artefatos de objetos tridimensionais direcionados para treinamento dos operadores o SGA_RV_CEMIG.

O SGA_RV_CEMIG é um Sistema de Gestão de Artefatos dos objetos tridimensionais direcionados para treinamento dos operadores para o RVCEMIG. A princípio foi desenvolvido para que o montador das cenas virtuais pudesse dispor dos objetos tridimensionais catalogados em um banco de dados funcionando assim como uma biblioteca virtual com modelos 3D.

O sistema foi ampliado e adaptado para treinamento de operadores em que professores poderiam apresentar esses objetos e sua descrição em suas aulas. Para isso, foram inseridas as cenas das subestações virtuais com os modelos tridimensionais; foi criado um banco com documentos e publicações geradas como teses, dissertações e artigos aprovados em congresso. O sistema também permite a avaliação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos por aula. Por meio de um questionário de múltipla escolha onde o aluno só passa para a próxima fase com 70% de acertos. Foi criado um sistema de *logon* de acordo com o perfil do usuário. E por fim, foi criada uma ferramenta de comunicação e gestão de controle de erros e problemas do sistema, onde os operadores pode reportar aos desenvolvedores por meio de **tickets**.

APÊNDICE L - Descrição dos Casos de Uso

Caso de Uso Cadastrar Informações	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por efetuar o cadastro das informações utilizadas pelo sistema sugestão de tarefas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das informações necessárias
Pós-condição	Uma opção para realizar um cadastro
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de um dos seguintes cadastros: 2 – Cadastrar Usuário 3 – Cadastrar Sistema 4 – Cadastrar Capacitação 5 – Cadastrar <i>Affordance</i> 6 – Cadastrar Tipos de Interação 7 – Cadastrar Tipos de Inteligência 8 – Cadastrar Tipo de Aprendizado 9 – Cadastrar Tipo de Tarefa 10 – Cadastrar Visão 11 – Cadastrar Tarefa
Fluxo Alternativo	

Caso de Uso Cadastrar Usuário	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro da pessoa ou do perfil de um grupo de pessoas para as quais serão destinadas as tarefas sugeridas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das informações do usuário
Pós-condição	Informações do usuário cadastradas
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar usuário 2 – O professor informa o nome do usuário 3 – O professor fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Sistema	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro dos sistemas onde serão feitos os treinamentos dos usuários por meio das tarefas sugeridas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das informações do sistema
Pós-condição	Informações do sistema cadastradas
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar sistema 2 – O Administrador informa o nome do sistema 3 – O Administrador informa o que o sistema oferece 4 – Ler 5 – Visualizar 6 – Ouvir 7 – Falar 8 – Desenhar 7 – Manipular 8 – Interagir 9 – Mover 10 – Navegar 11 – Redimensionar 12 – Gravar 13 – Acessar 14 – Linkar / Víncular

	15 – Reproduzir 16 – Procurar 17 – Permitir <i>Logon</i> 18 – Sincronizar 19 – Destacar 20 – Focalizar 21 – Encontrar 22 – Combinar 23 – Compartilhar 24 – Colaborar 25 – Escrever 26 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Capacitação	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro da capacitação que é uma característica do usuário.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio da capacitação do usuário
Pós-condição	Capacitação cadastradas
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar Capacitação 2 – O Administrador informa a descrição da capacitação 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar <i>Affordance</i>	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro das <i>affordances</i> utilizadas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das <i>affordances</i>
Pós-condição	<i>Affordances</i> cadastradas
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar <i>affordance</i> 2 – O Administrador informa a descrição da <i>affordance</i> 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Tipos de Interação	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro dos tipos de interações oferecidos pelos sistemas que será usado para o treinamento.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio dos tipos de interações oferecido pelo sistema
Pós-condição	Tipos de Interações com o sistema cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar tipos de interação 2 – O Administrador informa a descrição do tipo de interação 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Tipo de Inteligência	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro dos tipos de inteligências referentes aos usuários cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio dos tipos de inteligência dos usuários
Pós-condição	Tipo de Inteligência do usuário cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar tipo de inteligência 2 – O Administrador informa a descrição do tipo de inteligência 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Tipo de Aprendizado	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro dos tipos de aprendizado referentes aos usuários cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio dos tipos de aprendizado dos usuários
Pós-condição	Tipo de Aprendizado do usuário cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar tipo de aprendizado 2 – O Administrador informa a descrição do tipo de aprendizado 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Tipo de Tarefa	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro dos tipos de tarefa a serem sugeridas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio dos tipos de tarefa
Pós-condição	Tipo de tarefa cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar tipo de tarefa 2 – O Administrador informa a descrição do tipo de tarefa 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Visão	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro dos tipos de visões oferecidas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio dos tipos de visão
Pós-condição	Tipo de visão cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar Visão 2 – O Administrador informa a descrição da visão do sistema 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Cadastrar Tarefa	
Descrição	Este caso de uso é o responsável pelo cadastro das tarefas a serem sugeridas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das tarefas
Pós-condição	Informações da Tarefa cadastradas

Fluxo Básico	<p>1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de cadastrar tarefa</p> <p>2 – O Administrador informa o tipo da tarefa</p> <p>3 – O Administrador informa nível da tarefa</p> <p>4 – O Administrador informa os aspectos motivacionais da tarefa:</p> <p>5 – Interesse</p> <p>6 – Relevância</p> <p>7 – Expectativa</p> <p>8 – Satisfação</p> <p>9 – O Administrador informa o que a tarefa requer para ser realizada:</p> <p>10 – Ler</p> <p>11 – Visualizar</p> <p>12 – Ouvir</p> <p>13 – Falar</p> <p>14 – Desenhar</p> <p>15 – Manipular</p> <p>16 – Interagir</p> <p>17 – Mover</p> <p>18 – Navegar</p> <p>19 – Redimensionar</p> <p>20 – Gravar</p> <p>21 – Acessar</p> <p>22 – Linkar / Vincular</p> <p>23 – Reproduzir</p> <p>24 – Procurar</p> <p>25 – Permitir <i>Logon</i></p> <p>26 – Sincronizar</p> <p>27 – Destacar</p> <p>28 – Focalizar</p> <p>29 – Encontrar</p> <p>30 – Combinar</p> <p>31 – Compartilhar</p> <p>32 – Colaborar</p> <p>33 – Escrever</p> <p>34 – O Administrador informa o objetivo pedagógico da tarefa</p> <p>34 – Destreza e capacitação</p> <p>35 – Resolução de problemas</p> <p>36 – Construção do conhecimento</p> <p>37 - Colaboração</p> <p>38 - O Administrador fecha a tela de cadastro.</p>
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar Informações	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por efetuar o cadastro das relações entre as informações cadastradas e que são utilizadas para a sugestão das tarefas pelo sistema.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio do relacionamento das informações cadastradas
Pós-condição	Uma opção para realizar um relacionamento
Fluxo Básico	<p>1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de um dos seguintes cadastros:</p> <p>2 – Relacionar sistema e tipo de interação</p> <p>3 – Relacionar sistema e tipo de visão</p> <p>4 – Relacionar usuário e capacitação</p> <p>5 – Relacionar usuário e tipo de aprendizado</p> <p>6 – Relacionar usuário e tipo de inteligência</p> <p>7 – Relacionar <i>affordance</i> e tipo de aprendizado</p> <p>8 – Relacionar <i>affordance</i> e tipo de inteligência</p> <p>9 – Relacionar <i>affordance</i> e capacitação</p>

	10 – Relacionar <i>affordance</i> e tipo de inteligência 11 – Relacionar <i>affordance</i> e tipo de interação 12 – Relacionar <i>affordance</i> e visão 13 – Relacionar <i>affordance</i> e tarefa 14 - O professor fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	

Caso de Uso Relacionar Sistema e Tipo de Interação	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar os tipos de interação aos sistemas cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipo de interação e sistema
Pós-condição	Relação entre tipo de interação e sistema cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar sistema e tipo de interação 2 – O Administrador informa: 3 – O sistema 4 – O tipo de interação 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar Sistema e Tipo de Visão	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar os tipos de visão aos sistemas cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipo de visão e sistema
Pós-condição	Relação entre tipo de visão e sistema cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar sistema e tipo de visão 2 – O Administrador informa: 3 – O sistema 4 – O tipo de visão 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar Usuário e Capacitação	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar a capacitação aos usuários cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre capacitação e usuário
Pós-condição	Relação entre capacitação e usuário cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar usuário e capacitação 2 – O Administrador informa: 3 – O usuário 4 – A capacitação 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar Usuário e Tipo de Aprendizado	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar o tipo de aprendizado aos usuários cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipos de aprendizado e usuário
Pós-condição	Relação entre tipos de aprendizado e usuário cadastrados

Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar usuário e tipos de aprendizado 2 – O Administrador informa: 3 – O usuário 4 – O tipo de aprendizado 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar Usuário e Tipo de Inteligência	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar o tipo de inteligência aos usuários cadastrados.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipos de inteligência e usuário
Pós-condição	Relação entre tipos de inteligência e usuário cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar usuário e tipos de inteligência 2 – O Administrador informa: 3 – O usuário 4 – O tipo de inteligência 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar <i>Affordance</i> e Tipo de Aprendizado	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar o tipo de inteligência as <i>affordances</i> cadastradas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipos de aprendizado e <i>affordance</i>
Pós-condição	Relação entre tipo de aprendizado e <i>affordance</i> cadastrados
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar <i>affordance</i> e tipos de aprendizado 2 – O Administrador informa: 3 – A <i>affordance</i> 4 – O tipo de aprendizado 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar <i>Affordance</i> e Capacitação	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar a capacitação as <i>affordances</i> cadastradas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre capacitação e <i>affordance</i>
Pós-condição	Relação entre capacitação e <i>affordance</i> cadastradas
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar <i>affordance</i> e capacitação 2 – O Administrador informa: 3 – A <i>affordance</i> 4 – A capacitação 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar <i>Affordance</i> e Tipo de Inteligência	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar o tipo de inteligência as <i>affordances</i> cadastradas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipo de inteligência e <i>affordance</i>

Pós-condição	Relação entre tipo de inteligência e <i>affordance</i> cadastrada
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar <i>affordance</i> e tipo de inteligência 2 – O Administrador informa: 3 – A <i>affordance</i> 4 – O tipo de inteligência 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar <i>Affordance</i> e Tipo de Interação	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar o tipo de interação as <i>affordances</i> cadastradas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipo de interação e <i>affordance</i>
Pós-condição	Relação entre tipo de interação e <i>affordance</i> cadastrada
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar <i>affordance</i> e tipo de interação 2 – O Administrador informa: 3 – A <i>affordance</i> 4 – O tipo de interação 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar <i>Affordance</i> e Visão	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar o tipo de visão do sistema as <i>affordances</i> cadastradas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tipo de visão do sistema e <i>affordance</i>
Pós-condição	Relação entre tipo de visão do sistema e <i>affordance</i> cadastrada
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar <i>affordance</i> e tipo de visão do sistema 2 – O Administrador informa: 3 – A <i>affordance</i> 4 – A visão 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Relacionar <i>Affordance</i> e Tarefa	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por relacionar a tarefa as <i>affordances</i> cadastradas.
Ator(es)	Administrador
Pré-condição	Levantamento prévio das relações entre tarefa e <i>affordance</i>
Pós-condição	Relação entre tarefa e <i>affordance</i> cadastrada
Fluxo Básico	1 – O Administrador solicita ao sistema a funcionalidade de relacionar <i>affordance</i> e tarefa 2 – O Administrador informa: 3 – A <i>affordance</i> 4 – A tarefa 3 - O Administrador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	-

Caso de Uso Sugerir Tarefa	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por efetuar a sugestão das tarefas de acordo com as informações e relações cadastradas.
Ator(es)	Facilitador

Pré-condição	-
Pós-condição	Uma opção para a sugestão de tarefas
Fluxo Básico	1 – O Facilitador solicita ao sistema a funcionalidade de um dos seguintes tipos de sugestões: 2 – Sugerir tarefa de acordo com a <i>affordance</i> 3 – Sugerir tarefa de acordo com o sistema cadastrado 4 - O Facilitador fecha a tela de cadastro.
Fluxo Alternativo	

Caso de Uso Sugerir Tarefas de Acordo com a <i>Affordance</i>	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por sugerir tarefas a serem executadas pelo usuário no sistema escolhido mediante as características dos mesmos e o relacionamento dessas características com as <i>affordances</i> .
Ator(es)	Facilitador
Pré-condição	-
Pós-condição	Tarefas sugeridas
Fluxo Básico	1 – O Facilitador solicita ao sistema a funcionalidade de sugerir tarefas de acordo com a <i>affordance</i> 2 – O Facilitador informa os dados do usuário: 3 – A capacitação 4 – O tipo de aprendizado 5 – O tipo de Inteligência 6 – O Facilitador informa os dados do sistema 7 – O tipo de visão 8 – O tipo de interação 9 – O Facilitador executa a ação “Tarefa sem a Restrição dos Objetivos Pedagógicos” 10 – O Sistema de sugestão mostra as tarefas sugeridas 11 - O Facilitador fecha a tela de sugestão de tarefas.
Fluxo Alternativo	1 – O Facilitador solicita ao sistema a funcionalidade de sugerir tarefas de acordo com a <i>affordance</i> 2 – O Facilitador informa os dados do usuário: 3 – A capacitação 4 – O tipo de aprendizado 5 – O tipo de Inteligência 6 – O Facilitador informa os dados do sistema 7 – O tipo de visão 8 – O tipo de interação 9 – O Facilitador informa os dados sobre os objetivos pedagógicos 10 – Destreza e capacitação 11 – Resolução de problemas 12 – Construção do conhecimento 13 - Colaboração 14 – O Facilitador executa a ação “Tarefa com a Restrição dos Objetivos Pedagógicos” 15 – O Sistema de sugestão mostra as tarefas sugeridas 16 - O professor fecha a tela de sugestão de tarefas.

Caso de Uso Sugerir Tarefas de Acordo com o Sistema	
Descrição	Este caso de uso é o responsável por sugerir tarefas de acordo com o usuário e o sistema escolhido.
Ator(es)	Facilitador
Pré-condição	-
Pós-condição	Tarefas sugeridas
Fluxo Básico	1 – O Facilitador solicita ao sistema a funcionalidade de sugerir tarefas de acordo com Sistema 2 – O Facilitador informa: 3 – O usuário

	4 – O sistema 5 - O Facilitador executa a ação “Sugestão de Tarefas” 6 – O Sistema de sugestão mostra as tarefas sugeridas 7 - O Facilitador fecha a tela de sugestão de tarefas.
Fluxo Alternativo	-

APÊNDICE M - Avaliação pré-sessão

Instituição: UFTM		Unidade Instrucional: Engenharia Elétrica				
Disciplina: <i>Subestações de Energia Elétrica</i>		Professor:				
Aluno:						
Sexo:			Idade:			
Avalie sua experiência em Ambientes Virtuais 3D:						
<input type="checkbox"/> Nenhuma Experiência			<input type="checkbox"/> Experiência Moderadamente Alta			
<input type="checkbox"/> Alguma Experiência			<input type="checkbox"/> Experiência Alta			
<input type="checkbox"/> Experiência Moderada						
Atribua uma nota de 1 a 5 para seu nível de conhecimento sobre Subestações de Energia Elétrica. Sendo 1 para o nível menor e 5 para o seu nível maior de conhecimento.						
						Nível de Conhecimento
						1 2 3 4 5
Conceito 01						1 2 3 4 5
Reconheço a distribuição física e espacial do conjunto de equipamentos de uma subestação de energia elétrica						
						1 2 3 4 5
Conceito 02						1 2 3 4 5
Compreendo a forma de equipamentos de uma subestação de energia elétrica tais como um transformadores, chave seccionadoras e para-raios.						
						1 2 3 4 5
Conceito 03						1 2 3 4 5
Consigo monitorar as atividades de uma chave seccionadora.						
						1 2 3 4 5
Conceito 04						1 2 3 4 5
Consigo por meio de ferramentas apropriadas checar o estado dos equipamentos como ligados ou desligados.						
						1 2 3 4 5
Conceito 05						1 2 3 4 5
Identifico equipamentos de uma subestação de energia e consigo classificar ou os rotular.						
						1 2 3 4 5
Conceito 06						1 2 3 4 5
Consigo planejar um roteiro para inspecionar um conjunto trifásico.						
						1 2 3 4 5

APÊNDICE N - Avaliação pós-sessão

Instituição: UFTM		Unidade Instrucional: Engenharia Elétrica								
Disciplina: <i>Subestações de Energia Elétrica</i>		Professor:								
Aluno:										
Sexo:			Idade:							
Após a sua interação com o Sistema RV-Cemig atribua uma nota de 1 a 5 para seu nível de conhecimento sobre Subestações de Energia Elétrica. Sendo 1 para o nível menor e 5 para o seu nível maior de conhecimento.										
						Nível de Conhecimento				
Conceito 01						1	2	3	4	5
Reconheço a distribuição física e espacial do conjunto de equipamentos de uma subestação de energia elétrica										
Sugestão de Interação: Alterar os modos de navegação. Exemplo, modificar para 3ª Pessoa, posteriormente 1ª Pessoa e por fim voltar ao modo visão geral.										
Conceito 02						1	2	3	4	5
Compreendo a forma de equipamentos de uma subestação de energia elétrica tais como um transformadores, chave seccionadoras e para-raios.										
Sugestão de Interação: Utilizando minimap, navegue até um dos transformadores, uma chave seccionadora e para-raios e obtenha informações sobre estes componentes.										
Conceito 03						1	2	3	4	5
Consigo monitorar as atividades de uma chave seccionadora.										
Sugestão de Interação: Em 3ª pessoa, realizar leitura do equipamento na camada controle, e posteriormente alterar o estado do equipamento.										
Conceito 04						1	2	3	4	5
Consigo por meio de ferramentas apropriadas checar o estado de um transformador como ligados ou desligados.										
Sugestão de Interação: Clique no transformador, realize a leitura pela janela de informações e posteriormente feche a janela.										
Conceito 05						1	2	3	4	5
Identifico equipamentos de uma subestação de energia e consigo classificar ou os rotular.										
Sugestão de interação: Selecionar, identificar e rotular alguns objetos por meio de ferramentas de informação levantar dados a respeito.										
Conceito 06						1	2	3	4	5
Consigo planejar um roteiro para inspecionar um conjunto trifásico.										
Sugestão de Interação: Sequencie as tarefas e planeje uma inspeção de um conjunto Trifásico.										
Por gentileza, descreva como foi sua experiência no desenvolvimento das tarefas no RV-CEMIG.										

ANEXO A



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

PLANO DE ENSINO

1. Identificação:

ANO		SEMESTRE		SÉRIE	
2018		Primeiro		1° ao 10°	
CURSO(s): Engenharias				TURNO: Integral	
COMPONENTE CURRICULAR: Subestações				CODIGO: SUBE	
NATUREZA: Eletiva					
DEPARTAMENTO: Engenharia Elétrica					
N° DE H/A TEÓRICA:	N° DE H/A PRÁTICA:	TOTAL (H/A) SEMESTRAIS/ANUAL		N° DE H/A SEMANAIS:	
60	0	60		4	
DOCENTE(S) RESPONSÁVEL(is): Prof. Amaldo José Pereira Rosentino Junior					

2. Perfil do Egresso:

Os cursos de engenharia da UFTM visam à formação de um profissional generalista e com sólido conhecimento teórico e prático, capacitado a elaborar, executar e analisar projetos técnicos e científicos em sua área de formação e acompanhar as evoluções tecnológicas da engenharia. Apto a desenvolver pesquisas, utilizando as novas tecnologias para a engenharia de sua formação. Poderá atuar administrativamente no desempenho de funções relacionadas à engenharia. Possuir um conhecimento humanístico e da realidade social do país, visando atender as expectativas da nação. Em suas atividades, considera a ética, a segurança, a legislação e os impactos ambientais.

3. Ementa:

Conceitos gerais sobre subestações. Classificação das subestações. Configurações típicas das subestações. Análise dos efeitos térmicos e dinâmicos provocados pela corrente de curto-circuito. Especificações básicas dos equipamentos encontrados em subestações. Operações de subestações. Sistemas auxiliares em subestações. Desenvolvimento de projeto elétrico de uma subestação de média tensão.

4. Objetivos da Disciplina:

Proporcionar ao corpo discente os fundamentos da teoria de subestações. Portanto, ao final do curso o estudante deverá ser capaz de:

1. Identificar as variáveis principais a serem consideradas em um projeto de subestações;



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

2. Identificar e especificar os principais equipamentos encontrados em subestações;
3. Analisar a operação de subestações em condições normais e anormais de operação;
4. Analisar, comparar e reconhecer arranjos de subestações;
5. Especificar os serviços auxiliares encontrados em subestações.

5. Conteúdo

1. Introdução

1.1. Sistema elétrico de potência

2. Conceitos gerais sobre subestações

2.1. Definição e Funções das subestações

2.2. Processo de implantação das subestações

2.3. Diagrama unifilar

3. Classificação das subestações

3.1. Quanto ao tipo

3.2. Quanto ao isolamento

3.3. Quanto à instalação

3.4. Quanto à natureza da corrente elétrica

3.5. Quanto à função

3.6. Quanto à relação entre tensão de entrada e tensão de saída

3.7. Quanto à tensão

4. Configurações de barra

4.1. Considerações iniciais

4.2. Diagramas unifilares das principais configurações

4.3. Vantagens e desvantagens entre os diversos arranjos

5. Principais Parâmetros para Especificação de Equipamentos

5.1. Tensão Nominal

5.2. Corrente Nominal

5.3. Sobretensões e Níveis de Isolamento

5.4. Distância de Escoamento

5.5. Corrente de curto-circuito

6. Especificações básicas dos equipamentos encontrados nas subestações

6.1. Critérios para especificação de equipamentos

6.2. Para-raios

6.3. Transformadores de instrumento – Transformador de corrente (TC)

6.4. Transformadores de instrumento – Transformador de potencial (TP)

6.5. Chaves seccionadoras

6.6. Disjuntores de média e alta tensão

6.7. Transformadores de potência

6.8. Barramentos

6.9. Dispositivos FACTS

7. Painéis Elétricos

7.1. Definição

7.2. Classificação

7.3. Painéis ABB

7.4. Aplicação – Utilização do programa DOC-ABB



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

8. Sistemas auxiliares em subestações

- 8.1. Sistemas auxiliares em corrente alternada
- 8.2. Sistemas auxiliares em corrente contínua
- 8.3. Cálculo de capacidade da bateria
- 8.4. Cálculo do número de elementos das baterias
- 8.5. Cálculo de retificadores

9. Operações de subestações

- 9.1. Princípios de manobras
- 9.2. Noções de proteção em subestações

10. Subestações isoladas à gás (GIS)

- 10.1. Considerações iniciais
- 10.2. SE convencional x SE híbrida x SE blindada
- 10.3. Características equipamentos isolados à gás
- 10.4. Fatores para comparação e escolha do tipo da SE

11. Tópicos Especiais

- 10.1. Considerações sobre aterramento
- 10.2. SE Digital – IEC61850

6. Metodologias de Ensino e Aprendizagem

Aulas expositivas com recursos de multimídia, exercícios individuais em sala de aula, utilização de simuladores computacionais. Os conteúdos são flexíveis e adaptáveis às necessidades das turmas.

Recomendações:

- **NÃO SERÁ PERMITIDO USO DE CELULAR DURANTE A AULA, INCLUSIVE PARA FOTOGRAFIAS DO QUADRO DE AULA.**
- **SERÁ ADMITIDO ENTRADA NA SALA DE AULA APÓS NO MÁXIMO 15 MINUTOS DO INÍCIO DA AULA;**
- **EVITAR ENTRAR E SAIR DA SALA DE AULA SEM NECESSIDADE.**

7. Avaliação:

O sistema de avaliação será realizado de forma gradual, cumulativa e quantitativa para desenvolvimento teórico da disciplina. A avaliação gradual será aplicada em função do conjunto de conceitos necessários para que o aluno tenha compreensão dos tópicos. Ela é cumulativa, pois os conceitos de um tópico serão utilizados em tópicos posteriores. E, finalmente, quantitativa, por que serão atribuídos pontos às avaliações.

A prova escrita realizada em sala de aula, individual e sem consulta, será pontuada com 30% da nota total. Participação 10%. Trabalhos práticos corresponderão a 60%.

Deste modo, os 100 pontos da disciplina serão, então, distribuídos da seguinte forma:

- Avaliação teórica: 30 pontos;
- Participação efetiva em sala de aula: 10 pontos;



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

- Trabalho Prático 1: 30 pontos.
- Trabalho Prático 2: 30 pontos.

8. Novas oportunidades de aprendizagem

Serão realizados exercícios e exemplos para fixação e revisão de conteúdo. A execução de exercícios exige frequente estudo por parte de cada aluno, de modo que seu domínio da matéria esteja em sintonia com o desenvolvimento das aulas. Este recurso é essencial para uma disciplina que possui características eminentemente acumulativas de conhecimento para sua progressão. Estudos em grupo, fora de sala de aula criam unidade, cooperação e incentivo para o progresso da turma. O professor da disciplina estará constantemente à disposição dos alunos para cooperar com este processo. Além disso, os alunos que não atingirem 70% da nota (média 7) terão nova oportunidade com o exame final oferecido pela Instituição como forma de recuperação para alunos com médias entre 4 e 6,9.

9. Formas de Recuperação da Aprendizagem:

Para recuperação da aprendizagem a disciplina contará com aulas de exercícios e consulta ao professor. Serão ainda realizados exercícios exemplo para fixação e revisão de conteúdo sendo este, portanto, um recurso essencial para a disciplina que possui uma característica eminentemente acumulativa de conhecimento para sua progressão.

10. Bibliografia:

Bibliografia Básica:

1. FILHO, J. M. "Manual de Equipamentos Elétricos", Rio de Janeiro: 3a edição, LTC, 2011;
2. FILHO, J. M. "Instalações Elétricas Industriais", Rio de Janeiro: 8a edição, LTC, 2012.
3. FONTRIN, S. O., "Equipamentos de Alta Tensão – Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas", Brasília: 1a edição, Goya Editora, 2013. Versão gratuita para download disponível em: http://institucional.taesa.com.br/site/wp-content/uploads/livro/INOVAEQ_Livro_Completo.pdf

Bibliografia Complementar:

1. DELAIBA, A. C., "Subestações" (Apostila), Uberlândia, UFU, 2000.
2. SIMONE, G. A., Transformadores: teoria e exercícios, São Paulo: Érica, 2012.
3. ZANETTA JÚNIOR, L. C., Fundamentos de sistemas elétricos de potência, São Paulo: Livraria da Física, 2006.
4. BERGEN, A. R. e VITTAL, V., Power systems analysis, New Delhi: 2a edição, Pearson Education, 2013.