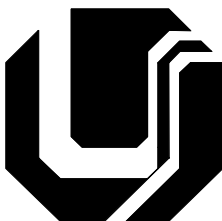


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS CORES EM
AMBIENTES VIRTUAIS PARA ARQUITETURA E
DESIGN DE INTERIORES**

Angélica Pereira Marsicano Tavares

Uberlândia, 22 de Março de 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS CORES EM
AMBIENTES VIRTUAIS PARA ARQUITETURA E
DESIGN DE INTERIORES**

ANGÉLICA PEREIRA MARSICANO TAVARES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, perante a Banca Examinadora abaixo, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Alexandre Cardoso, Dr. (Orientador) - UFU
Décio Bispo, Dr. (Co-orientador) - UFU
Edgard A. Lamounier Júnior, Dr. - UFU
Veronica Teichrieb, Dra. - UFPE

Uberlândia, 22 de Março de 2007.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T231a Tavares, Angélica Pereira Marsicano.
Aplicação da teoria das cores em ambientes virtuais para arquitetura e
design de interiores / Angélica Pereira Marsicano Tavares. - 2007.
100 f. : il.

Orientador: Alexandre Cardoso.

Co-orientador: Décio Bispo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui bibliografia.

1. Realidade virtual - Teses. 2. Projeto arquitetônico - Teses. 3. Cor na arquitetura - Teses. I. Cardoso, Alexandre. II. Bispo, Décio. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 681.3 : 007.52

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS CORES EM AMBIENTES VIRTUAIS PARA ARQUITETURA E *DESIGN* DE INTERIORES

ANGÉLICA PEREIRA MARSICANO TAVARES

Texto da Dissertação apresentada por
Angélica Pereira Marsicano Tavares à
Universidade Federal de Uberlândia,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. Dr. Alexandre Cardoso
Orientador

Prof. Dr. Darizon Alves de Andrade
Coordenador do Curso de
Pós-Graduação

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Heider (in memorian) e à minha querida mãe, Maria Aparecida, aos meus irmãos Heider e Mariângela, ao meu marido Carlos Eduardo e a todos que de alguma forma contribuíram para mais esta conquista. Todo apoio, compreensão, amor, cumplicidade, força e incentivo foram essenciais para a realização desta dissertação, bem como para a transposição de todos os demais obstáculos e desafios superados em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por mais um objetivo alcançado. Pela concessão da graça da vida, pela constante companhia nos momentos mais difíceis e por me conduzir com seus maravilhosos dons.

Ao meu orientador, professor **Alexandre Cardoso**, pela confiança em mim depositada.

Ao professor **Décio Bispo** por todo incentivo, colaboração, amizade e equipamentos cedidos de tão bom grado, fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos professores **José Carlos de Oliveira e Antônio Carlos Delaiba**, pelo auxílio, amizade, pelo espaço físico e apoio logístico possibilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Ao amigo **Sérgio Ferreira de Paula e Silva** pelas incontáveis horas dispensadas aos esclarecimentos de minhas dúvidas, pela prontidão aos meus apelos de socorro, pela grande ajuda, por toda motivação e colaboração.

Aos colegas **Elise, Jordana, Roberta, Daniele, Gisele, Franciele, Ana Cláudia, Marcus Vinícius, Isaque, Fernando, Bismarck, João Felício, João Cezar, Nilo e a toda a galera da Pós** pela amizade e pelas horas de descontração e divertimento.

Ao meu marido **Carlos Eduardo** por tanta paciência, pela constante motivação, cumplicidade, compreensão, companheirismo e reconhecimento que, juntamente com seu amor, me fizeram persistir nesta caminhada com força para vencer, dia-a-dia, cada obstáculo encontrado... E não foram poucos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFU, através de seus professores, pela oportunidade deste aprendizado. À **Marli e Valéria** pela presteza nos encaminhamentos junto à secretaria da Pós-Graduação.

A CAPES pelo suporte financeiro.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a viabilização desta dissertação.

PUBLICAÇÕES

TAVARES, A.P.M., CARDOSO, A., LAMOUNIER, E.A. “*Desenvolvimento de um Software para Aplicação da Teoria Cromática em Ambientes Virtuais*”. SVR 2006 - VIII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA, Brasil, 2006.

TAVARES, A.P.M., CARDOSO, A., LAMOUNIER, E.A. “*Modelagem de uma Casa Virtual para Estudos de Composições Cromáticas de Interiores*”. WARV 2005 - Workshop de Aplicações de Realidade Virtual. Uberlândia-MG, Brasil, 2005.

RESUMO

O cotidiano da Arquitetura e, em especial, o de *Design* de Interiores, envolve um incansável aprendizado de relacionar as pessoas ao meio, ou seja, o estabelecimento de uma interligação direta entre os princípios conceituais do espaço projetado (o que é, qual sua função e a quem se destina), as condições plásticas (estéticas) e de conforto, necessárias ao homem para sua permanência no lugar. Para esta conquista, os estudantes e os profissionais da área precisam ver, com os olhos de outrem, motivados não somente pela arte ou por um senso estético apurado, mas pela consciência de que as cores em suas tonalidades, combinações, detalhes e composições escolhidas têm funções objetivas a cumprir. A cor é, afinal, um dos principais recursos de fortalecimento do conceito, da estética e até da função de um ambiente.

A utilização de programas como o *AutoCAD* e o *3D Studio*, na criação de projetos arquitetônicos ou de interiores, através de sua precisão e possibilidade de criação de modelos tridimensionais com qualidade, oferece um melhor acompanhamento dos projetos tanto pelo projetista quanto por seu cliente. Além disso, com os avanços tecnológicos no campo da Informática e o advento da Realidade Virtual, tornou-se possível a realização de passeios virtuais em ambientes projetados e, desta forma, obter informações visuais e percepções bastante superiores em relação à forma de apresentação convencional.

Neste contexto, esta dissertação de mestrado dedica-se ao desenvolvimento de uma ferramenta computacional que emprega a Realidade Virtual para a aplicação das cores abordando sua Teoria, de maneira explicativa, em ambientes personalizados, garantindo a visualização, a navegação e a interação em projetos, antevendo sua execução. Além disso, pode servir como recurso de apoio às práticas pedagógicas devido ao seu caráter orientativo, ilustrativo e experimental consistindo em uma alternativa para a assimilação dos conceitos teóricos sobre cores, atualmente discutidos nas salas de aula dos cursos de formação profissional da área em foco. Ademais, concorre para a aproximação entre projetista e cliente através de experimentações interativas, explicativas, participativas e dinâmicas do ambiente projetado.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Ambientes Virtuais, VRML, Arquitetura, *Design* de Interiores, Teoria das Cores.

ABSTRACT

The daily of the Architecture and, in special, of the Interior Design, involves untiring learning to relate people to environments, i.e., the establishment of a direct interconnection between the conceptual principles of the projected space (what it is, which is its function and to who it destines) and the plastic conditions (aesthetic) and comfort, necessary to a man for its permanence in the place. To reach this goal, students and professionals of this area need to see, with another people eyes, moved, not only by the art or a refined aesthetic sense, but for the conscience of the colors in its tonalities, combinations, details and chosen compositions have objective functions to fulfill. The color is, after all, one of the main resources of fortifying the concept, the aesthetic and even the environment function.

The use of programs like as AutoCAD and 3D Studio, in the creation of architectural or interiors projects, through its precision and possibility of creation of three-dimensional models with quality offers a better accompaniment of the projects for the designer and its customer as well. However, with the technological advances in the Computer Science area and Virtual Reality has been possible the accomplishment of a virtual stroll through the environment and, in such a way, to get visually superior perceivable information in relation to the conventional presentation.

In this way, this research dedicates to the development of a computational tool that uses the Virtual Reality for colors application, approaching its Theory, in personalized environments, guaranteeing the visualization, the navigation and the interaction with projects, foreseeing its execution. Moreover, it can be used as a pedagogical support tool and an alternative for assimilation of theoretical colors concepts as well. Furthermore, promotes the approach between designer and his customers through interactive and dynamic experimentations of the environment projected.

Keywords: Virtual Reality, Virtual Environments, VRML, Architecture, Interior Design, Color Theory.

SUMÁRIO

Capítulo I

Introdução Geral

1.1 - Considerações Iniciais.....	10
1.2 - Estado da Arte sobre o Tema	11
1.3 - Justificativas para o Presente Trabalho	15
1.4 - Objetivos	16
1.5 - Contribuições desta Dissertação	17
1.6 - Metodologia Estabelecida para os Estudos	18
1.7 - Estrutura da Dissertação.....	20

Capítulo II

Teoria das Cores

2.1 - Considerações Iniciais.....	22
2.1.1 - Cor-Luz	23
2.1.2 - Cor-Pigmento	24
2.2 - História da Teoria das Cores	26
2.3 - Aplicação da Teoria das Cores na Arquitetura e no <i>Design</i> de Interiores	31
2.3.1 - O Círculo Cromático e as Composições Harmônicas	34
2.3.2 - Composições Harmônicas Cromáticas.....	37
2.3.3 - Psicodinâmica das cores.....	42

Capítulo III

Realidade Virtual

3.1 - Considerações Iniciais.....	46
3.2 - A Realidade Virtual como Instrumento de Apoio ao Ensino-Aprendizagem nos cursos de Arquitetura e <i>Design</i> de Interiores	48
3.3 - A Realidade Virtual como Ferramenta Profissional nas Áreas de Arquitetura e <i>Design</i> de Interiores	50

Capítulo IV

Estudo e Análise de *Softwares* Existentes Correlatos ao Tema

4.1 - Considerações Iniciais.....	52
4.1.1 - AutoCAD e 3DStudio	53

4.1.2 - Color Wheel Expert 4.2.....	54
4.1.3 - Color Schemer Studio	54
4.1.4 - Color Scheme Generator 2	55
4.1.5 - Color Impact 2.....	56
4.1.6 - Color Wheel Pro 2.0.....	56
4.1.7 - Color Dabbler.....	57
4.1.8 - Simuladores de Ambientes da Tintas Coral e da Tintas Suvinil.....	58
4.2 - Considerações Finais.....	59

Capítulo V

Descrição do CROMA

5.1 - Considerações Iniciais.....	61
5.2 - Ferramentas Utilizadas.....	62
5.2.1 - <i>Borland Delphi</i>	62
5.2.2 - VRML (<i>Virtual Reality Modeling Language</i>).....	63
5.2.3 - <i>Cortona VRML Client</i>	64
5.2.4 - <i>Parallel Graphics Cortona SDK (VRML ActiveX)</i>	64
5.3 - Arquitetura do Sistema Proposto	64
5.3.1 - GUI (<i>Graphical User Interface</i>)	65
5.3.2 - Ambiente Virtual.....	68
5.3.3 - Módulo de Configuração das Cores	68
5.3.4 - Biblioteca de Texturas.....	70
5.3.5 - Módulo de Iluminação	70
5.4 - Funcionamento do CROMA	71

Capítulo VI

Avaliação e Proposta de Otimização do CROMA

6.1 - Considerações Iniciais.....	79
6.2 - Análise Comparativa entre o CROMA e os <i>Softwares</i> Existentes.....	79
6.3 - Teste de Usabilidade e Análise dos Resultados Obtidos para Proposta de Otimização ..	82

Capítulo VII

Conclusões.....	88
-----------------	----

Referências Bibliográficas e Anexo

Referências Bibliográficas.....	91
Anexo	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Exemplo de RV imersiva - <i>IVR Museum of Color</i>	15
Figura 2.1 – Faixa visível de comprimento de onda (medida em nanômetro)	23
Figura 2.2 – Ilustração do sistema RGB – cor-luz	24
Figura 2.3 – Ilustração do sistema CMY – cor-pigmento	25
Figura 2.4 – Disco de cores de Newton.....	27
Figura 2.5 – Decomposição e recomposição da luz	28
Figura 2.6 – Círculo das cores de Goethe.....	29
Figura 2.7 – Círculo das cores de Johannes Itten	30
Figura 2.8 – Cores de um sofá e suas influências físicas na percepção visual humana	32
Figura 2.9 – Sensações espaciais e térmicas promovidas pelas cores em um ambiente Desenvolvido com auxílio do Simulador de Ambientes <i>on-line</i> Tintas Coral.....	32
Figura 2.10 – Diferentes relações cromáticas e sua influência na percepção espacial.....	33
Figura 2.11 – Sistema tintométrico <i>multicolor</i> RENNER.....	34
Figura 2.12 – Círculo cromático simplificado.....	35
Figura 2.13 – Exemplo de harmonia Monocromática	38
Figura 2.14 – Exemplo de harmonia Complementar.....	38
Figura 2.15 – Exemplo de harmonia por Contraste.....	39
Figura 2.16 – Exemplo de harmonia por Analogia	39
Figura 2.17 – Exemplo de harmonia por Tríade Equidistante.....	40
Figura 2.18 – Exemplo de harmonia Alternada de 60°.....	40
Figura 2.19 – Exemplo de harmonia Alternada de 90°.....	41
Figura 2.20 – Exemplo de harmonia Complementar Dividida Simples.....	41
Figura 2.21 – Exemplo de harmonia Complementar Dividida Dupla.....	42
Figura 4.1 – Interface do programa <i>Color Wheel Expert 4.2</i> – versão demonstrativa	54
Figura 4.2 – Interface do programa <i>Color Schemer Studio</i> – versão demonstrativa.....	55
Figura 4.3 – Interface do programa <i>Color Schemer Generator 2</i> – versão demonstrativa	55
Figura 4.4 – Interface do programa <i>Color Impact 2</i> – versão demonstrativa.....	56
Figura 4.5 – Interface do programa <i>Color Wheel Pro 2.0</i> – versão demonstrativa.....	57
Figura 4.6 – Aplicações em logomarcas, identidades visuais, embalagens e sites.....	57
Figura 4.7 – Interface do programa <i>Color Dabbler</i> – versão demonstrativa	58
Figura 4.8 – Simuladores de Ambientes <i>on-line</i> – Coral (esquerda) e Suvinil (direita)	59
Figura 5.1 – Arquitetura do sistema	65
Figura 5.2 – GUI - Interface Gráfica do Usuário do <i>software</i> CROMA	66
Figura 5.3 – Interface do CROMA e caixa de diálogo para abrir arquivo VRML.....	71
Figura 5.4 – Arquivo *.wrl aberto e <i>menu</i> de seleção das harmonias cromáticas.....	72
Figura 5.5 – Informações teórico-práticas do CROMA	73
Figura 5.6 – Barras deslizantes para alteração do valor e saturação da cor	73
Figura 5.7 – Aplicação das cores escolhidas no ambiente virtual	74
Figura 5.8 – Navegação nos ambientes do projeto.....	75
Figura 5.9 – Troca da câmera via botões “view” e navegação nos ambientes do projeto	75
Figura 5.10 – Aplicação da harmonia Tríade Equidistante via CROMA.....	76
Figura 5.12 – Aplicação de texturas	77
Figura 5.13 – Alteração da escala de texturas (tapete e estante)	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Cores primárias	35
Tabela 2.2 – Cores secundárias	36
Tabela 2.3 – Cores terciárias	37
Tabela 4.1 – Síntese comparativa entre os <i>softwares</i> analisados	60
Tabela 5.1 – Síntese comparativa entre os <i>softwares</i> analisados e o CROMA.....	81

CAPÍTULO I

Introdução Geral

1.1 - Considerações Iniciais

Conforto, felicidade, bem-estar e qualidade de vida são buscas constantes do ser humano e para esta conquista é preciso estar em harmonia com o ambiente vivenciado, quer seja natural ou construído, real ou virtual.

As cores, um dos principais elementos compositivos destes ambientes, presentes na natureza e por consequência, na essência humana, “são o alimento da alma. A falta delas quebraria a harmonia que existe dentro de cada um e na sua relação com a natureza” [1]. São tão importantes em nossas vidas que, desde a infância, nos fascinam apresentando-se como instrumento ativador da imaginação, da inspiração e da sensibilidade.

Na composição de ambientes as cores devem interagir harmoniosamente com o espaço, a luz incidente (natural ou artificial), as sombras, os objetos, suas formas e distribuição no meio imprimindo-lhe personalidade no que tange à percepção do todo e à interatividade entre o universo cromático e o psiquismo humano.

As variadas sensações promovidas por um determinado lugar podem ser simuladas com o auxílio da Realidade Virtual (RV) que, por sua vez, tem contribuído substancialmente para o desenvolvimento do processo projetual e de

digitalização em Arquitetura e *Design*. Tal tecnologia destaca-se como instrumento facilitador da comunicação entre cliente e projetista, pelo benefício da representação, simulação e avaliação do projeto antes da sua execução [2].

No que tange a aplicação da cor em ambientes arquitetônicos, os programas da atualidade, tais como *Color Dabbler*, Simuladores de Ambientes - Tintas Coral e Tintas Suvinil (descritos no Capítulo IV), ainda deixam lacunas quanto à orientação teórica cromática. Limitam-se a tratar imagens pré-definidas, inviabilizando a cromatização de projetos personalizados ainda em fase de concepção. Além disso, não utilizam a tecnologia RV, o que tornaria a experimentação das sensações causadas pelas cores mais próxima da realidade e a percepção do espaço mais atrativa e motivadora. Através da navegação, o usuário poderia vislumbrar o ambiente sob diversos ângulos e pontos de vista em tempo real.

Neste contexto, o escopo desta dissertação envolve o desenvolvimento de um *software*, denominado CROMA, que emprega a RV para a aplicação das cores, de maneira explicativa, em ambientes personalizados, garantindo a visualização, a navegação e a interação em projetos, antevendo sua execução. Além disso, pode servir como recurso de apoio às práticas pedagógicas devido ao seu caráter orientativo, ilustrativo e experimental consistindo em uma alternativa para a assimilação dos conceitos teóricos sobre cores, atualmente discutidos nas salas de aula dos cursos de formação profissional da área em foco.

1.2 - Estado da Arte sobre o Tema

As tecnologias de RV remontam à década de 40, logo após a Segunda Guerra Mundial, quando a Força Aérea norte-americana sentiu necessidade de desenvolver simuladores de vôo para treinamento de pilotos em função da

versatilidade do sistema e redução dos custos. Embora ainda não gerados computacionalmente e tampouco em tempo real, envolveram técnicas para o estímulo dos sentidos do ser humano que posteriormente foram bastante utilizadas [3, 4].

Ivan Sutherland [5] escreveu um artigo denominado “*The Ultimate Display*” que é considerado ponto de partida para o desenvolvimento da RV. O ambiente criado artificialmente por um computador permitia que o usuário do sistema interagisse em tempo real tendo imagens tridimensionais como retorno. Em 1968 foi criado o primeiro capacete de visualização para três dimensões (3D) usando dois televisores em miniatura montados na frente dos olhos e um sensor de movimento [6].

A década de 80 foi de grande importância para o desenvolvimento da RV. Em 1986 a equipe da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) já possuía um ambiente virtual (AV) que permitia aos usuários ordenar comandos pela voz, escutar fala sintetizada e manipular objetos virtuais diretamente através do movimento das mãos [3, 4]. Desde então, empresas de informática passaram também a desenvolver programas de pesquisa em RV e em 1989 a *AutoDesk* apresentava o primeiro sistema de RV baseado num computador pessoal [7, 8].

Contudo, a expressão “Realidade Virtual” foi proposta por Jaron Lanier¹, quando este necessitava de um termo para diferenciar as simulações tradicionais da computação dos mundos digitais que ele tentava criar [8]. A partir daí, o termo tem sido amplamente utilizado para situações em que a simulação da realidade no computador ou a criação de uma realidade específica permitam a interação do usuário com o ambiente.

¹ Jaron Lanier – cientista da computação, compositor, e artista plástico. É um dos precursores da RV e um dos primeiros a construir produtos de RV, no início dos anos 80.

Através do freqüente aumento de usuários e informações disponibilizadas na *Internet*, a RV popularizou-se devido ao uso da VRML – *Virtual Reality Modeling Language* [8]. Esta, foi criada para a *Internet* e também explorada por jogos que, cada vez mais, promovem a interação em ambientes tridimensionais.

O conceito de RV abrange diversas modalidades que diferem entre si pelos níveis de imersão e de interatividade que proporcionam, além de demandarem diferentes custos de implantação e manutenção. Esses níveis dependem dos dispositivos de entrada/saída de dados utilizados (capacetes, óculos e luvas de dados), do desempenho e da configuração do computador que suporta o sistema de RV [3, 4 e 7].

Na área da Arquitetura, a RV tem sido o meio mais rápido e eficaz para a representação dos ambientes, aplicada como ferramenta da representação, simulação, exploração e avaliação do projeto, permitindo uma melhor análise e compreensão do mesmo. Geralmente, as áreas em que a RV atua, em relação à Arquitetura, são: análise de projeto, projetos colaborativos, análise estrutural e desenho urbano [2].

A RV é mais um elemento de auxílio ao usuário na interação em tempo real com modelos tridimensionais de superfícies urbanas, ambientes abertos, fechados e quaisquer elementos formadores do espaço [10]. Além disso, os recursos oferecidos atualmente pelas ferramentas que criam estas representações gráficas são inúmeros; elas permitem um melhor acompanhamento dos projetos, através de simulações de ambiente, de luz, de materiais, etc.

Um exemplo de novas tecnologias na área em questão é a criação do programa conhecido como ARTHUR (criado pelos Engenheiros do *Fraunhofer Institut*, na Alemanha); ele permite que o projeto receba qualquer tipo de modificação, mostrando seus resultados em tempo real. Essas modificações podem ser realizadas em conjunto, permitindo que todos os envolvidos

visualizem como cada uma das mudanças propostas afeta o modelo, e como elas interagem entre si [11].

Uma área em que a RV vem crescendo bastante é na construção de cenários urbanos. Algumas das aplicações relacionadas são: o planejamento urbanístico, sistemas de navegação automível, simulador de catástrofes, impacto ambiental e meteorologia, turismo, educação, entre tantas outras facilitadas pela alta qualidade de renderização (transformação da geometria criada em imagens de qualidade) [12].

O realismo é a principal vantagem dos modelos arquitetônicos computadorizados. Características como tridimensionalidade, animação, representação em escala, simulação de texturas e efeitos luminosos e diversos pontos de observação internos e externos tornam esta tecnologia uma ferramenta eficiente de comunicação com os clientes [2].

No âmbito educacional a RV vem sendo amplamente utilizada em diferentes áreas e níveis de ensino como, por exemplo, o “Projeto Escola TRI-Legal” da UNIFRA - Centro Universitário Franciscano/RS [13]. Este proporciona aos alunos de Ensino Fundamental a exploração de uma escola virtual que disponibiliza diversos jogos interativos como instrumento educacional.

Outras aplicações podem também ser citadas como museus, laboratórios e bibliotecas virtuais, educação pré-escolar [14], educação especial, “Manutenção de Componentes Hidráulicos” [15], “Navegando no Nilo” [16], e “Realidade Virtual como Suporte ao Ensino da Geometria Espacial” [17].

Com um grau tecnológico mais avançado, a RV, incrementada pela possibilidade de imersão (RV imersiva), pode promover interação de conceitos abstratos como, por exemplo, o mundo das cores e seus efeitos, demonstrados no “*IVR Museum of Color*” [18]. Nele, o usuário vivencia a teoria cromática e

seus conceitos através de uma caverna digital, conhecida como *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*) e como *CUBE* (cubo).

No “*IVR Museum of Color*”, conforme apresentado na Figura 1.1, são ensinados os conceitos do valor e da saturação das cores permitindo aos usuários o deslocamento de um ou outro parâmetro de um matiz². Isto se dá através de luvas para interação com uma representação tridimensional e visualização em tempo real do resultado de suas ações.



Figura 1.1 – Exemplo de RV imersiva - *IVR Museum of Color*

1.3 - Justificativas para o Presente Trabalho

De acordo com o estado da arte apresentado, pode-se constatar a não existência de *softwares* que permitam a aplicação da Teoria das Cores em ambientes virtuais de forma assistida - disponibilizando orientações para melhor aplicação da teoria envolvida. Além disso, limitam-se a tratar imagens pré-definidas, ou seja, as cores são simuladas em imagens de ambientes padrões e não nos projetos específicos de cada cliente. Assim, a experimentação da cor se dá num contexto totalmente adverso àquele onde será realmente aplicada.

As aplicações de RV encontradas não exploram a possibilidade da experimentação das sensações causadas pelas cores no *Design* de Interiores e tampouco relacionam as suas influências físicas e psicológicas na relação entre o homem e o ambiente.

² Matiz – a cor propriamente dita. É a característica que define e distingue uma cor. Para se mudar o matiz de uma cor acrescenta-se a ela outro matiz.

Embora seja evidente que os programas específicos da área de Arquitetura e *Design* de Interiores venham agregando valores no tocante à representação e visualização de projetos, demandam treinamento e investimento para o seu uso, não sendo, portanto, acessíveis a qualquer tipo de usuário. Isto, de certa forma, dificulta a participação ativa do cliente no processo projetual e a compreensão do projeto pelo mesmo.

No processo ensino-aprendizagem da Teoria das Cores em cursos de formação profissional são imperativas as experimentações das composições cromáticas para análise de suas influências. Com o auxílio da RV podem-se desenvolver laboratórios virtuais acessíveis e complementares aos recursos didáticos convencionais.

1.4 - Objetivos

Visando o preenchimento das lacunas supracitadas, esta dissertação tem por objetivo elaborar uma arquitetura de *software* que associe RV à Teoria das Cores e desenvolver um *software* capaz de:

- permitir a aplicação da Teoria das Cores a projetos mapeados em ambientes virtuais de maneira assistida, sem a necessidade de treinamentos específicos e dispendiosos;
- possibilitar a simulação e a experimentação das composições cromáticas em modelos tridimensionais personalizados, provendo ao arquiteto e ao cliente condições de melhor percepção do espaço através da aplicação das cores escolhidas de forma envolvente e em seu próprio projeto;
- dar condições de se aplicar texturas nos objetos compositivos do ambiente projetado, de forma a validar os materiais especificados;

- facilitar o processo de compreensão projetual, aprendizagem, e percepção espacial, não somente para estudantes e profissionais da área como também para leigos no assunto;
- servir de apoio ao processo ensino-aprendizagem da Teoria das Cores nos cursos de Arquitetura e *Design* de Interiores complementando as práticas convencionais normalmente utilizadas como: o uso de lápis de cor, giz de cera, tintas, lanternas e papéis celofane, entre outros;
- associar a RV não-imersiva ao cotidiano da Arquitetura e *Design* de Interiores, beneficiando-se por seu baixo custo de implantação e sua possibilidade interativa.

De posse deste *software*, pretende-se, por disponibilização do mesmo ao público alvo, despertar o interesse e conscientização sobre os aspectos psico-interativos e culturais das cores na inter-relação entre o homem e o ambiente vivenciado e validar o mesmo a partir de testes e questionários.

1.5 - Contribuições desta Dissertação

As contribuições oferecidas nesta dissertação de mestrado culminam no desenvolvimento de um programa computacional que poderá colaborar efetivamente tanto em nível educacional, permitindo praticar e provar toda a potencialidade das teorias estudadas de maneira acessível, interativa e dinâmica, quanto profissional, viabilizando a sensibilização para o poder do uso das cores na prática do projeto arquitetônico ou de interiores através da colaboração dos clientes e demais profissionais envolvidos.

1.6 - Metodologia Estabelecida para os Estudos

Entendendo-se por metodologia um conjunto de técnicas e processos que viabiliza a aplicabilidade do método científico e fundamentando-se na taxonomia apresentada por Jung [19] a pesquisa tecnológica em questão pode ser classificada, quanto aos objetivos, como exploratória. Afinal, propõe um novo *software* que através da aliança entre a Teoria das Cores e a tecnologia da RV servirá como ferramenta alternativa tanto no processo ensino-aprendizagem quanto no cotidiano profissional. Ainda envolve características empíricas e de estudo de caso no que tange à aquisição de conhecimentos fundamentais pela necessidade de estudos prévios acerca do funcionamento de *softwares* semelhantes existentes.

Para atingir os propósitos desta dissertação, fizeram-se necessários os seguintes procedimentos detalhados a seguir:

- **Levantamento Bibliográfico**

Esta etapa compreende a fundamentação teórica que busca em pesquisas básicas de conhecimento intelectual e em outras, de ordem tecnológica, a obtenção de um referencial bibliográfico necessário resultando em um expressivo conjunto de informações orientativas sobre os mais distintos trabalhos de pesquisa e avanços do conhecimento no contexto aqui enfocado.

- **Pesquisa e Análise de *Softwares* Correlatos ao Tema**

Promovem-se o estudo e a análise comparativa das características e da usabilidade de *softwares* existentes, correlatos ao tema, ressaltando suas vantagens e desvantagens, servindo de pontos norteadores do projeto do *software* proposto neste trabalho.

- **Definição da Plataforma Computacional**

Esta fase compreende a definição da plataforma computacional para implementação do *software* considerando interface gráfica, usabilidade, possibilidades de comunicação com a linguagem VRML, flexibilidade e diversidade de componentes aplicáveis à RV.

- **Arquitetura do Sistema Proposto**

Envolve o projeto lógico do sistema proposto, organizando as partes componentes do sistema e seu desenvolvimento, estruturando a solução, assim como a interface gráfica com o usuário, para minimizar riscos operacionais e possibilitar mudanças antes da implementação propriamente dita.

- **Implementação**

Corresponde à elaboração e preparação dos módulos necessários à execução do programa computacional, assim como a documentação e dados necessários.

- **Estudo Comparativo entre os Sistemas Atuais e o Proposto**

Análise comparativa entre os *softwares* atualmente utilizados e o fruto desta pesquisa, levantando-se os principais pontos positivos e negativos.

- **Teste de Usabilidade e Análise de Resultados Obtidos**

Compreende o teste de usabilidade do *software*, ou seja, alunos do curso de Decoração e/ou Arquitetura, assim como profissionais da área e pessoas leigas no assunto utilizam o programa e registram comentários e

sugestões. Os resultados deste teste servem para avaliação e proposta de otimização do sistema além de direcionarem futuros estudos.

1.7 - Estrutura da Dissertação

As etapas supramencionadas foram compiladas nesta dissertação, estruturada da seguinte forma:

- **Capítulo I – Introdução Geral:** Apresentou uma revisão da literatura referente ao tema, as justificativas, objetivos e contribuições desta dissertação, assim como a metodologia estabelecida para os estudos realizados;
- **Capítulo II – Teoria das Cores:** Faz uma abordagem histórica, conceitual e prática sobre as cores em suas composições, aplicações e influências físicas/psicológicas na relação do homem com o ambiente vivenciado, no contexto da Arquitetura e *Design* de Interiores;
- **Capítulo III – Realidade Virtual:** Apresenta a tecnologia utilizada e sua potencialidade como ferramenta de apoio educacional e profissional na área de aplicação desta dissertação;
- **Capítulo IV – Estudo e Análise de *Softwares* Existentes Correlatos ao Tema:** Aponta os programas computacionais que envolvem o tema em questão descrevendo e comparando suas características e funcionalidades;

- **Capítulo V – Descrição do CROMA:** Discorre sobre a concepção e arquitetura do sistema, as ferramentas e linguagens computacionais envolvidas, sua construção e funcionamento;
- **Capítulo VI – Avaliação e Proposta de Otimização do CROMA:** Compreende a análise comparativa entre os *softwares* estudados e o CROMA, ressaltando-se suas contribuições. Posteriormente, é apresentada a análise dos resultados obtidos pelo teste de usabilidade elaborado para avaliação e proposta de otimização do CROMA;
- **Capítulo VII – Conclusões:** Sintetiza as principais conclusões associadas às contribuições desta dissertação e aponta as lacunas sugestivas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

Teoria das Cores

2.1 - Considerações Iniciais

Conforme a literatura de Farina [20], a cor exerce uma ação tríplice: a de impressionar, a de expressar e a de construir. Ou seja, quando ela é vista: impressiona a retina; quando é sentida: provoca uma emoção e através do seu valor de símbolo tem capacidade de construir uma linguagem indicando uma idéia.

A cor parece um atributo inerente a todas as coisas que o homem vê. Entretanto, ela não está no objeto e sim na luz que incide sobre ele. Desta forma, sua origem está ligada à luz (artificial ou solar). Se há luz, há cor, afinal, no escuro não se consegue defini-la.

Podemos perceber aqui a inter-relação de três elementos:

- a luz, fonte de calor;
- a matéria, com sua absorção da luz;
- o olho do observador, que percebe a cor.

Sendo assim, pode-se dizer que a cor é a sensação provocada pela luz sobre o órgão da visão. Em outras palavras, é o modo que o olho humano interpreta a luz refletida, refratada ou absorvida pela superfície de um objeto. Quando um objeto reflete toda a luz que incide sobre ele, mostra-se branco. Ao

contrário, se ele absorve toda luz incidente sobre ele, mostra-se preto. Esta mistura recebe o nome de mistura aditiva.

Portanto, a cor é o resultado do reflexo da luz que não é absorvida por um pigmento. Pode ser estudada sob dois aspectos que estão diretamente relacionados, embora sejam aparentemente opostos:

- COR-LUZ: a cor obtida aditivamente;
- COR-PIGMENTO: a cor obtida através da subtração de luminosidade.

2.1.1 - Cor-Luz

Cor-luz é a própria luz que pode se decompor em muitas cores como no experimento de Isaac Newton³, provado pela natureza através de um arco-íris.

Os raios de luz se irradiam em ondas de três comprimentos: longas, médias e curtas e, de acordo com isto, são determinadas as variações cromáticas. Como pode ser visto na Figura 2.1 as ondas mais longas produzem a sensação da luz vermelha. Gradativamente, com a diminuição da onda, o organismo visual humano é impressionado pela sensação de luz laranja, amarela, verde, ciano (azul claro), azul (anil) e violeta.

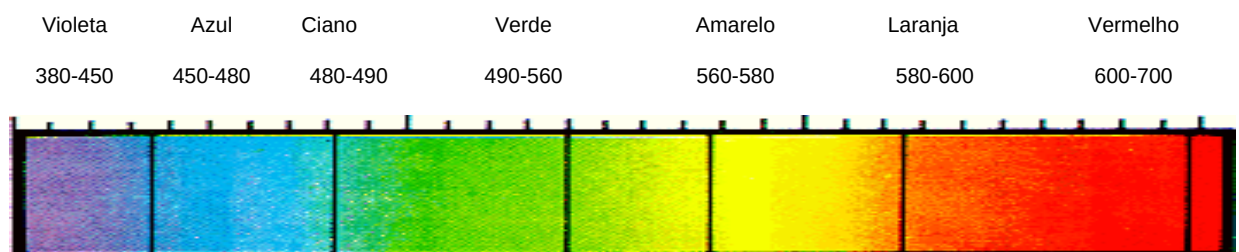


Figura 2.1 – Faixa visível de comprimento de onda (medida em nanômetro)

³ Isaac Newton - físico, matemático e astrônomo inglês. Em 1672 revelou sua teoria das cores, publicando-a no livreto Nova Teoria da Luz e da Cor. Demonstrou que as cores primitivas – amarelo, azul e vermelho – não são passíveis de decomposição.

Neste aspecto, chamado de sistema RGB (*Red, Green and Blue*), tem-se os elementos que emitem luz (Sol, monitores, televisão, máquinas fotográficas digitais, etc.) em que a adição de diferentes comprimentos de onda das cores primárias de luz (vermelho, verde e azul) resulta em branco, conforme ilustrado na Figura 2.2. Também pode ser visto que a interseção de duas cores primárias origina uma cor secundária (amarelo, magenta e ciano).

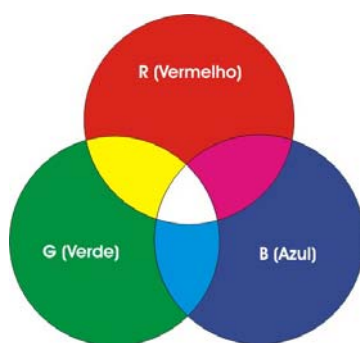


Figura 2.2 – Ilustração do sistema RGB – cor-luz

Os monitores de vídeo trabalham com este sistema, onde valores entre 0 e 255 de vermelho, verde e azul são combinados para formar todos os tons de cores na tela, através da reunião de seus *pixels*. Por exemplo, a cor amarela é formada por 100% de vermelho, 100% de verde e 0% de azul, ou seja, 255, 255, 0, respectivamente.

2.1.2 - Cor-Pigmento

É a substância material que, conforme sua natureza, absorve, refrata e reflete os raios luminosos componentes da luz que se difunde sobre ela. Em outras palavras, é a substância usada para “imitar” os fenômenos da cor-luz e pode ser classificada inversamente a esta, pois é assim que os olhos vêem, percebem e misturam as tintas.

Este sistema é conhecido como "CMY" (*Ciano, Magenta, Yellow*) usado pelas impressoras e serve para obter cor com pigmentos (tintas e objetos não emissores de luz). Imagina-se uma superfície branca manchada com as cores primárias de pigmento (aquelas, consideradas secundárias no sistema cor-luz): ciano, magenta e amarelo, misturadas. Subtraindo-se os três pigmentos, temos um matiz de cor muito escuro, muitas vezes confundido com o preto, de acordo com a ilustração da Figura 2.3.

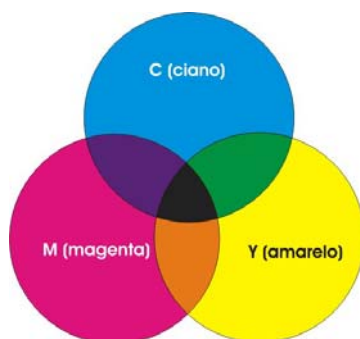


Figura 2.3 – Ilustração do sistema CMY – cor-pigmento

A indústria gráfica utiliza em seus diversos processos de impressão um sistema derivado do “CMY”: o "CMYK" (*Ciano, Magenta, Yellow and Black*).

O CMY tem relação com o RGB na inversão das cores, e a chapa K é gerada a partir da substituição de três valores iguais, quaisquer, do RGB por porcentagens de K (*Black*).

O CMYK é bastante usado na impressão de etiquetas e embalagens através de tecnologias como o *Off-Set*⁴ e a Flexografia⁵.

A diferença entre o sistema de conversão de luz do monitor (cor-luz/RGB) e da impressora (cor-pigmento/CMYK) é um problema comum no

⁴ *Off-Set* - a impressão *off-set* é um processo planográfico (em que imagem e não-imagem estão no mesmo nível da chapa) cuja essência consiste em repulsão entre água e gordura (tinta gordurosa). O nome *off-set* - fora do lugar - vem do fato da impressão ser indireta, ou seja, a tinta passa por um cilindro intermediário, antes de atingir a superfície.

⁵ Flexografia - método de impressão rotativa direta (revelográfico) que utiliza chapas de borracha ou fotopolímero resiliente com uma imagem em relevo e tintas líquidas de secagem rápida.

campo da informática. Esta desigualdade acarreta variações entre cores de imagens impressas ou digitalizadas e aquelas visualizadas no monitor. Porém, as inovações tecnológicas já estão introduzindo no mercado monitores que corrigem tal fato através de *softwares* de gestão de cores, como é o caso do *Natural Color*, desenvolvido pela *Samsung Electronics* em colaboração com o ETRI - *Electronics and Telecommunications Research Institute* (instituto coreano de investigação eletrônica e de telecomunicações) [21].

2.2 - História da Teoria das Cores

A história do uso das cores se confunde com a história da própria humanidade, afinal, o homem faz uso da cor desde os primórdios de sua existência. Porém, as primeiras civilizações deixaram poucas indicações do que pensavam sobre a cor. Os experimentos dos Babilônios relativos à natureza e à luz, assim como o interesse dos antigos egípcios pelas cores que usavam em sua arte não sobreviveram, infelizmente, em teorias escritas.

Desde a Antiguidade, entre os filósofos gregos, Empédocles⁶ considerava que a cor era a "alma da vida e a raiz da existência". Ele acreditava que toda a natureza consistia de quatro elementos: ar, terra, fogo e água. Afirmava que estes elementos combinados em proporções variadas formavam tudo que existia, inclusive as cores. Demócrito⁷, mais conhecido por desenvolver o conceito do átomo, refinou a teoria das cores de Empédocles pesquisando a dialética entre o branco e o preto. Aristóteles⁸, em seu pensamento sobre o mundo colorido acreditava que as cores eram propriedades intrínsecas dos objetos e limitou-as em vermelho, verde, azul, amarelo, branco e negro.

⁶ Filósofo Empédocles (492-334 a.C).

⁷ Filósofo Demócrito (460-360 a.C).

⁸ Filósofo Aristóteles (384-322 a.C).

Na Idade Média, o estudo das cores foi influenciado por aspectos psicológicos e culturais.

Já na Renascença, a natureza das cores era pensamento dos pintores. Leonardo da Vinci⁹ foi contra Aristóteles ao afirmar que a cor não era uma propriedade dos objetos, mas sim da luz. Havia uma concordância de que todas as outras cores poderiam se formar a partir do vermelho, verde, azul e amarelo. Afirmou ainda que o branco e o preto não se tratavam de cores e sim, de extremos da luz [22].

Isaac Newton, em 1665, publicou sua teoria das cores de anos de estudo sobre a luz e descobriu que a cor depende totalmente da refração e reflexão da luz. Desenvolveu o disco de cores, apresentado na Figura 2.4, que ordenava os matizes e mostrava algo sobre as cores complementares.



Figura 2.4 – Disco de cores de Newton

Baseando-se em estudos qualitativos de filósofos como René Descartes, Robert Boyle e Francesco Maria Grimaldi, Newton valeu-se do fenômeno da dispersão da luz do sol através de um prisma de vidro para propor que a luz branca conteria todos os comprimentos de onda do espectro visível. Um feixe de luz solar ao atravessar o prisma se “segmentaria” num feixe colorido composto pelos matizes: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta. A este, Newton deu o nome de “espectro da luz branca solar” e, graças a ele, o

⁹ Leonardo da Vinci – suas anotações sobre cores compuseram o livro “Tratado da Pintura e do Paisagismo”.

fenômeno cromático do arco-íris pôde ser explicado [23 e 24]. A Figura 2.5 mostra este fenômeno.



Figura 2.5 – Decomposição e recomposição da luz

No século XVIII, um impressor chamado Le Blon testou diversos pigmentos até chegar aos três básicos para impressão: o vermelho, o amarelo e o azul.

Em 1802, o físico e médico inglês Thomas Young¹⁰ propôs a idéia de que a percepção das cores começaria nos olhos pela captação tripla da luz através de populações distintas de células foto-sensoras, uma para cada cor primária, isto é, vermelho (R), verde (G) e azul (B).

Em 1855, a idéia de Thomas Young foi confirmada e posta em bases quantitativas pelo fisiologista alemão Hermann von Helmholtz¹¹ que estudou a cor como um fenômeno óptico provocado pela ação de um feixe de fótons sobre células especializadas da retina, que transmitem através de informações pré-processadas no nervo ótico, impressões para o sistema nervoso. No centro visual do olho, na fóvea, existem células foto-receptoras do tipo bastonetes e do tipo cones. As primeiras são responsáveis pela adaptação da visão à luz noturna e à penumbra. As outras, por sua vez, captam a informação luminosa durante o dia. Os cones dividem-se em três grupos e respondem a comprimentos de ondas diferentes. Existem cones sensíveis aos vermelhos e laranjas - R (*red*), aos verdes e amarelos - G (*green*) e aos azuis e violetas - B (*blue*) [25 e 26].

¹⁰ Thomas Young – físico e médico britânico famoso pelo experimento da dupla fenda que possibilitou a determinação do carácter ondulatório da luz.

¹¹ Hermann von Helmholtz – físico e médico alemão que desenvolveu a teoria tricromática de Young.

Ainda no mesmo século, o poeta J. W. Goethe¹² se interessou pela questão da cor e passou trinta anos tentando terminar um tratado sobre as cores que poria abaixo a teoria de Newton. Porém, isso não ocorreu. De qualquer forma, sua pesquisa contribuiu deveras sobre aspectos relevantes como a fisiologia e psicologia da cor [27 e 28]. Observou a complementaridade das cores em uma paisagem, que durante o dia, devido aos tons amarelados da luz do sol, as sombras tendem a tornar-se violeta. Ao pôr-do-sol, quando seus raios difusos são mais vermelhos, a cor da sombra torna-se verde. Reforçou as cores pigmentos de Le Blon renomeando-as: púrpura (*magenta*), amarelo (*yellow*) e azul claro (*ciano*) [29]. Juntando-se estas três com aquelas, principais do espectro de Newton - laranja, verde e azul violeta, foi concebido o círculo de cores apresentado na Figura 2.6.



Figura 2.6 – Círculo das cores de Goethe

Os estudos de Goethe serviram de ponto de apoio para que a percepção das cores extrapolasse o universo da física-ótica, alcançando a fisiologia e a psicologia.

No início do século XX, a teoria de Goethe foi retomada pelos estudiosos da Gestalt¹³ e por pintores abstratos modernos como Paul Klee e Kandinsky.

No início da década de 20, na Alemanha, uma escola de arquitetura e desenho foi criada pelo arquiteto Walter Gropius: a *Staatliches Bauhaus*, ou Casa Estatal de Construção. Esta escola deu início ao movimento que ficou

¹² Johann Wolfgang von Goethe – escritor, cientista e filósofo alemão.

¹³ Gestalt é um termo intraduzível do alemão, utilizado para abarcar a teoria da percepção visual baseada na psicologia da forma.

conhecido como Bauhaus¹⁴ e procurava integrar a arte à tecnologia do mundo moderno. Seus alunos participavam, juntamente com os artistas, de diversas pesquisas e experimentações, envolvendo especialistas em diversas modalidades, como a fotografia, o teatro, a música, a dança e a pintura. Gropius chamou algumas pessoas para liderar a escola, entre elas o pintor suíço Johannes Itten¹⁵ que percebeu certo senso comum entre as cores utilizadas pelos diversos pintores famosos. Eles faziam instintivamente diversas combinações harmônicas de cores, sem recorrer aparentemente a nenhuma teoria pré-concebida. Foi observando o modo como esses pintores combinavam as cores em seus trabalhos ao longo dos séculos que ele criou uma teoria para isso e a publicou em um livro, chamado *The Art of Color, The Subjective Experience and Objective Rationale of Color* [30].

Neste livro, Itten mostra que embora as pessoas possuam diferentes julgamentos em relação à harmonia das cores, é possível estabelecer algumas regras que fazem sentido para quase a totalidade das pessoas. Para mostrar como isso acontecia, ele desenhou o disco de cores ou círculo cromático apresentado na Figura 2.7.

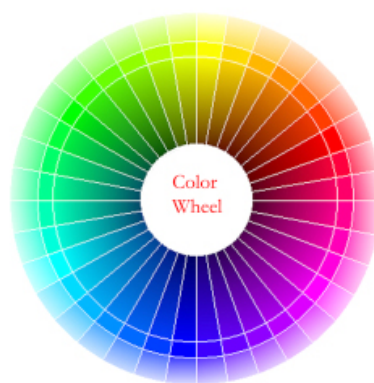


Figura 2.7 – Círculo das cores de Johannes Itten

¹⁴ A Bauhaus foi uma das maiores e mais importantes expressões do que é chamado Modernismo no *Design* e Arquitetura, sendo uma das primeiras escolas de *design* do mundo.

¹⁵ Johannes Itten - amigo de alguns pintores famosos como Wassily Kandinsky e Paul Klee.

Itten descobriu a busca natural do olho humano pelo complemento de uma determinada cor e, por isso, no círculo cromático o complemento de uma cor é aquela situada diametralmente oposta à mesma.

À base da teoria de Newton, com os acréscimos de Leonardo da Vinci e as contribuições de Goethe, Itten e outros, convencionou-se chamar “Teoria das Cores” [29] que atualmente é lecionada em cursos de Arquitetura, *Design* e Artes.

2.3 - Aplicação da Teoria das Cores na Arquitetura e no *Design* de Interiores

"A cor é, em si mesma, uma realidade plástica. Mais especificamente: a cor na arquitetura (...) tem (...) função dinâmica ou estática, decorativa ou destrutiva". Léger¹⁶

A importância de considerar as cores em projetos de arquitetura e de *design* de interiores está na influência que exercem na vida das pessoas, quer seja em âmbito físico, fisiológico ou psicológico. Podem ser utilizadas para transformar ambientes, imprimindo-lhes efeitos diversos e valorizando sua funcionalidade, seus elementos compositivos e sua percepção espacial.

Existe uma tendência mundial da maioria dos arquitetos, *designers*, decoradores, desenhistas, projetistas, ergonomistas e industriais no sentido de impulsionar o uso de cores e tons tirando partido da iluminação natural e artificial tanto em espaços internos quanto externos.

As relações cromáticas geram mobilidade espacial. As distâncias visuais podem tornar-se relativas e elásticas [31]. A cor pode alterar o volume de um

¹⁶ Jules Fernand Henri Léger - pintor francês que se distinguiu como pintor e desenhista cubista. Trabalhou como aprendiz de arquiteto e mais tarde, em Paris, ingressou na Escola de Artes Decorativas, após uma tentativa frustrada de ingressar na Escola das Belas-Artes.

objeto ou superfície, assim como pode sugerir variação de peso ou sensações térmicas. Uma determinada cor, por exemplo, quando aplicada em uma superfície maior, parece mais luminosa do que em superfície menor. Outra situação equivalente é indicada na Figura 2.8, onde uma superfície mais clara ou branca parece sempre maior e mais leve que uma escura, em função da luz por ela refletida lhe conferir amplitude. Tal ilustração foi desenvolvida com o auxílio do Simulador de Ambientes *on-line* Tintas Coral [32].



Figura 2.8 – Cores de um sofá e suas influências físicas na percepção visual humana

As cores quentes (vermelho, laranja e amarelo) se expandem mais, parecem saltar de seus planos, são salientes e agressivas enquanto as cores frias (azul, verde e violeta) se retraem e criam ilusão de profundidade e recuo. A Figura 2.9 ilustra esta sensação.



Figura 2.9 – Sensações espaciais e térmicas promovidas pelas cores em um ambiente
Desenvolvido com auxílio do Simulador de Ambientes *on-line* Tintas Coral

Adicionalmente, a Figura 2.10 demonstra como o uso de diferentes possibilidades cromáticas interfere na percepção espacial de um mesmo ambiente [33]. Nota-se que as duas primeiras soluções (em verde claro e amarelo) sugerem ampliação do espaço, enquanto o uso do vermelho e do azul produz retração espacial.



Figura 2.10 – Diferentes relações cromáticas e sua influência na percepção espacial

Através do estudo das diferentes relações cromáticas para um mesmo ambiente, o profissional e seu cliente ampliam elementos visuais para fundamentação de suas escolhas. O processo de tomada de decisão torna-se mais claro na medida em que se tem a possibilidade de simular as idéias de harmonização cromática.

Neste sentido, a indústria das tintas tem apresentado inovações tecnológicas e desenvolvimento de novas soluções para o mercado. Atualmente, além dos simuladores de ambientes, os fabricantes e revendedores contam com o sistema tintométrico para reprodução de cores. O Sistema Tintométrico Multicolor - RENNER, por exemplo, disponibiliza este serviço com mais de 2000 variações cromáticas em acrílicos, PVA, esmaltes e textura acrílica. Entretanto, se a cor solicitada não constar no catálogo do fabricante, pode-se ainda recorrer ao Espectrofotômetro, um aparelho que lê e faz a decodificação digital da cor de uma amostra (tecido do sofá, da almofada, etc.) para, então, o

sistema produzir cores de tintas praticamente iguais às das superfícies que foram lidas. A Figura 2.11 ilustra um modelo do equipamento que executa o sistema tintométrico [34].



Figura 2.11 – Sistema tintométrico *multicolor* RENNER

Na Arquitetura e *Design* de Interiores são utilizados instrumentos que auxiliam na identificação, assimilação e escolha das harmonias e esquemas cromáticos. São conhecidos como “Roda de Cores” ou “Círculo Cromático”.

2.3.1 - O Círculo Cromático e as Composições Harmônicas

O Círculo Cromático representa as cores do espectro na acepção pigmentaria. É uma maneira de representar o espectro visível de forma circular, organizado conforme a frequência espectral [30], permitindo o aprendizado e a prática da utilização de combinações harmoniosas de cores.

Todas as cores do Círculo são chamadas de matizes, ou seja, a cor pura propriamente dita ou a cor predominante no caso dela ser misturada. Porém, são classificadas, segundo sua formação, como primárias, secundárias e terciárias.

A Figura 2.12 apresenta o Círculo Cromático simplificado, normalmente utilizado como recurso didático nos cursos de formação profissional da área, onde seu preenchimento é promovido a partir da mistura das tintas de cores-pigmento primárias (magenta, ciano e amarelo).

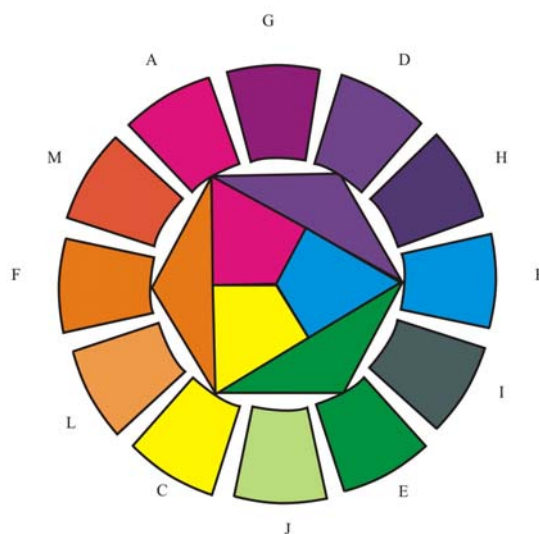


Figura 2.12 – Círculo cromático simplificado

No triângulo central da Figura 2.12 destacam-se as cores primárias. Nos triângulos externos estão as cores secundárias que, juntamente com as primeiras são levadas ao círculo para formar os campos A, B, C, D, E e F. As terciárias, por sua vez, encontram-se localizadas entre uma secundária e uma primária, complementando a formação final do círculo (G, H, I, J, L e M).

- **Cores Primárias**

As cores primárias também são chamadas de cores puras, básicas ou fundamentais, pois a partir delas todas as outras são formadas. A Tabela 2.1 apresenta estes matizes.

Tabela 2.1 – Cores primárias

		
Magenta (vermelho)	Ciano (azul)	Amarelo
(A)	(B)	(C)

Quando colocadas em composição nos ambientes, resultam em puro contraste.

- **Cores Secundárias**

As cores secundárias (violeta, verde e laranja) são formadas através de combinações duas a duas das primárias em partes iguais, em consonância com a Tabela 2.2.

Quando trabalhadas juntas ou duas a duas, resultam em uma combinação harmônica bastante vibrante.

Tabela 2.2 – Cores secundárias

				
Magenta (A)	+	Ciano (B)	=	Violeta (D)
				
Ciano (B)	+	Amarelo (C)	=	Verde (E)
				
Magenta (A)	+	Amarelo (C)	=	Laranja (F)

- **Cores Terciárias**

As cores terciárias são obtidas através da mistura de uma primária e uma secundária do mesmo matiz, mostrado na Tabela 2.3. Dependendo da proporção desta mistura, estas podem se abrir em um leque de variada gama, embora o círculo simplificado apresente apenas um exemplo.

É possível também obter uma cor terciária quando misturadas duas primárias em proporções diferentes, isto é, uma em maior quantidade que a outra; ou a partir das três primárias, seja em proporções iguais ou não.

Tabela 2.3 – Cores terciárias

				
Violeta (D)	+	Magenta (A)	=	Violeta Avermelhado (G)
				
Violeta (D)	+	Ciano (B)	=	Violeta Azulado (H)
				
Verde (E)	+	Ciano (B)	=	Verde Azulado (I)
				
Verde (E)	+	Amarelo (C)	=	Verde Amarelado (J)
				
Laranja (F)	+	Amarelo (C)	=	Laranja Amarelado (L)
				
Laranja (F)	+	Magenta (A)	=	Laranja Avermelhado (M)

2.3.2 - Composições Harmônicas Cromáticas

Tradicionalmente, há diversas combinações de cores consideradas especialmente agradáveis. São chamadas composições harmônicas cromáticas e consistem na relação de duas ou mais cores do Círculo Cromático, organizadas de maneira a ressaltar uma delas como dominante na ambiente. Em seguida apresentam-se tais composições com exemplos ilustrativos desenvolvido com o auxílio dos Simuladores de Ambientes da Tintas Coral [32] e da Tintas Suvinil [35] São elas:

- **Monocromática**

É a combinação de vários valores (índices de luminosidade) de uma mesma cor dispostas em uma escala gradiente, como exemplifica a Figura 2.13. Nesta escala, a chave alta é composta por cores de valores altos, ou que foram adicionadas gradativamente de branco. A chave baixa é composta por cores de valores baixos ou aquelas que receberam preto, gradativamente. Esta combinação permite um resultado simples e sóbrio, contudo, podendo tender a monotonia.

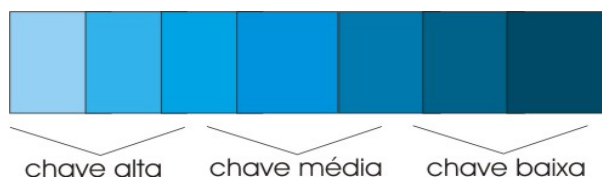


Figura 2.13 – Exemplo de harmonia Monocromática

- **Complementar**

Cores que estão diretamente opostas no círculo cromático (Figura 2.14). Esta composição proporciona uma idéia de movimento, força e vibração, principalmente quando se usam cores saturadas¹⁷.



Figura 2.14 – Exemplo de harmonia Complementar

¹⁷ Saturação, em teoria das cores, é a proporção de quantidade de cor em relação ao brilho/luminosidade. Quanto menos cinza na composição da cor, mais saturada ela é. Coloquialmente, uma cor muito saturada é chamada de "cor viva".

- **Contraste**

Utilização de mais de um par de cores complementares para causar contraste, variedade e animação, conforme Figura 2.15.



Figura 2.15 – Exemplo de harmonia por Contraste

- **Analogia**

Os esquemas de cores análogas usam, no mínimo, três cores vizinhas no círculo cromático, ou seja, que participam da formação umas das outras, conforme ilustra a Figura 2.16. Frequentemente encontrada na natureza, esta harmonia satisfaz o olhar do observador criando um clima sereno, porém, alegre e descontraído. É usada, em geral, para dar sensação de uniformidade e elegância. Porém, pode tender à monotonia.

Para esta aplicação, deve-se escolher uma cor dominante, uma segunda como suporte à primeira e a terceira, geralmente adicionada de preto, branco ou cinza, como um acompanhamento.



Figura 2.16 – Exemplo de harmonia por Analogia

- **Tríade Eqüidistante**

Consiste no emprego de três cores situadas eqüidistantes umas das outras no círculo (em ângulos de 120°), conforme Figura 2.17. Esta harmonia apresenta belas composições de cores e tendem a ser vibrantes mesmo quando utilizadas tonalidades “pastéis” (com adição de cinza). Sua utilização requer uma cor escolhida como dominante e as demais dando apenas suporte à primeira.



Figura 2.17 – Exemplo de harmonia por Tríade Eqüidistante

- **Alternada de 60°**

Compreende a utilização de quatro cores, sendo que a partir da complementar da cor principal escolhida, outras duas distam de 60° para cada lado. Esta configuração é apresentada na Figura 2.18.

As cores a 60° proporcionam maior suavidade “quebrando” a forte vibração da composição harmônica complementar.



Figura 2.18 – Exemplo de harmonia Alternada de 60°

- **Alternada de 90°**

É formada por quatro cores que se apresentam distantes entre si por um ângulo de 90° no círculo cromático exposto na Figura 2.19. Esta harmonia trabalha com tons quentes e frios e os mesmos devem ser equilibrados no ambiente sempre evidenciando uma das cores como dominante.



Figura 2.19 – Exemplo de harmonia Alternada de 90°

- **Complementar Dividida Simples**

É uma variação da composição complementar para a utilização de três cores. A partir de uma cor escolhida no círculo, as vizinhas de sua complementar direta são selecionadas (veja Figura 2.20). Este esquema de cor tem o mesmo contraste visual forte que o complementar, mas tem menos tensão. É mais utilizado em projetos de interiores por seu resultado bastante satisfatório.



Figura 2.20 – Exemplo de harmonia Complementar Dividida Simples

- **Complementar Dividida Dupla**

Utilização de quatro cores arranjadas em dois pares de complementares. A partir da escolha de uma cor dominante, encontra-se sua complementar direta. Saltando-se uma cor subsequente em sentido horário são selecionadas a próxima e a sua complementar (Figura 2.21). Este esquema cromático é abrangente e dinâmico, oferecendo muitas possibilidades de variação.



Figura 2.21 – Exemplo de harmonia Complementar Dividida Dupla

2.3.3 - Psicodinâmica das cores

Pesquisas e descobertas realizadas através dos tempos permitiram a compreensão que o uso de uma ou várias cores em um ambiente pode alterar a comunicação, as atitudes, o relacionamento e o estado de ânimo das pessoas nele presentes [20, 22 e 28]. Ainda que subjetivas e associadas à interpretação pessoal, tais investigações têm demonstrado que de maneira geral, inconscientemente, as reações, na maioria dos indivíduos, são comuns no que tange a sensação produzida por uma determinada cor. Por exemplo, impressão de frio em um ambiente pintado de azul ou de calor, quando pintado de vermelho. Portanto, a psicodinâmica das cores estuda o aspecto psico-interativo entre o indivíduo e os ambientes. Aplicada na Arquitetura e *Design* de

Interiores, também analisa os aspectos de estética e funcionalidade considerando as relações cromáticas com formas geométricas e símbolos.

Para facilitar o entendimento das influências psicológicas das cores, estas são classificadas em seis famílias que envolvem diferentes tonalidades de um mesmo matiz, além do branco e do preto [29]. Tais influências são descritas a seguir:

- **Família dos Violetas**

- Tem o quente do vermelho e o frio do azul, mas é tida como fria;
- representa a verdade e a ternura. Atrai sucesso intelectual;
- para a Igreja Católica está ligada ao sacrifício e à paixão de Cristo;
- na China simboliza a morte;
- em excesso pode causar depressão;
- possui mais rápida captação (ondas mais curtas);
- dispersa o olhar, leva à introspecção e alerta o inconsciente, sendo bom para ambientes de meditação. É a cor do silêncio.

- **Família dos Vermelhos**

- Representa o amor, o ódio e a tentação;
- com adição de preto, perde luminosidade, podendo ficar agressivo;
- com adição de branco torna-se suave e jovem, às vezes até infantil;
- fortalece o senso de auto-estima e dá vitalidade;
- cor da ação, vida ardente, agitada, força, energia, decisão, glória, riqueza. Sinônimo de juventude;
- induz o apetite e auxilia na digestão;
- em excesso gera agressividade;
- quando utilizado em ambientes externos, deve receber adição de azul para que desbote menos, mantendo por mais tempo a cor viva.

- **Família dos Amarelos**

- É a cor que recebe luminosidade e a única que quase consegue transformar iluminação artificial em natural;
- estimula o intelecto, a criatividade e a clareza de raciocínio. Aciona a capacidade mental, aumentando a sua imaginação, atraindo pessoas intelectuais;
- não é indicado para pessoas imaturas e inseguras;
- ajuda a comunicação e transmite alegria;
- dá um calor mais morno por possuir uma energia mais suave;
- não é recomendado para ser usado em pisos por sua movimentação. Quando observado por longo período pode causar desequilíbrio físico ou ilusão de ótica.

- **Família dos Laranjas**

- É a cor simbólica da infidelidade. Estimula o entusiasmo e aumenta o astral;
- cor da felicidade e de novos empreendimentos;
- associado ao branco, transmite receptividade;
- induz o apetite;
- aquece suavemente os ambientes.

- **Família dos Azuis**

- Muito fria;
- acalma, estimula o pensamento, a paciência e a serenidade;
- é a mais profunda das cores. Evidencia o vício;
- em tonalidades escuras, evidencia o sonho;
- em excesso gera depressão;
- em tons claros, suaviza o ambiente;

- assim como o amarelo, também ocasiona ilusão de ótica.

- **Família dos Verdes**

- Representa o equilíbrio. Não agita e nem acalma demais;
- é mediador entre o frio e o calor, o alto e o baixo;
- é tranqüilizador, refrescante e humano. Aumenta a autoconfiança;
- significa esperança, satisfação e representa as energias da natureza;
- com adição do branco, emoldura e dá tranqüilidade ao ambiente;
- se for forte, facilita a aproximação e a comunicação entre as pessoas.

- **Branco**

- Representa a luz da lua e o frio. Paz, calma e necessidade de estar limpo e puro;
- favorece o silêncio (anfiteatros e bibliotecas);
- alivia o peso dos objetos e é uma cor de apoio ou complemento;
- conduz à ausência e ao desaparecimento da consciência.

- **Preto**

- É a negação da luz, ausência de cor;
- significa prudência, sabedoria e tristeza;
- para o ocidental é símbolo de luto;
- é captado pela retina em forma de bastonetes, o que favorece a absorção da cor mais próxima se tornando facilmente esverdeado, avermelhado, etc.;
- envia mensagem de distância e isolamento. Isola a inveja e outras energias;
- transmite sobriedade e elegância ao ambiente. Mas, fecha e masculiniza o espaço.

CAPÍTULO III

Realidade Virtual

3.1 - Considerações Iniciais

Visando o desenvolvimento de um *software* de aplicação na área de Arquitetura e Interiores com uma interface gráfica amigável, de fácil manuseio e assimilação, optou-se por agregar a tecnologia de RV em virtude de sua abrangência tridimensional, capacidade de manipulação, interação e atualização em tempo real. Tais fatos destacam-se como facilitadores da visualização e do entendimento de um projeto, tanto em âmbito educacional quanto profissional.

Os sistemas de RV são divididos em duas vertentes principais: a imersiva e a não-imersiva [36].

A idéia de imersão está ligada à sensação do usuário de estar inserido no ambiente. É obtida através do uso de capacete de visualização ou salas com projeções das visões nas paredes, teto, e piso onde o usuário adentra. A RV não-imersiva baseia-se no uso de monitores de vídeo, CPU's (Unidades Centrais de Processamento) e *mouses* convencionais que, de qualquer maneira, dão algum grau de imersão à RV, mantendo sua caracterização e importância.

Equiparados à idéia de imersão, a RV trás consigo os conceitos de interação e envolvimento. A interação relaciona-se com a capacidade do computador detectar as entradas do usuário e modificar instantaneamente o

mundo virtual. Já o envolvimento, refere-se ao grau de motivação para o engajamento de uma pessoa com determinada atividade. Pode ser passivo ou ativo. O primeiro ocorre quando da exploração de um AV e o segundo ao propiciar a interação do usuário com um mundo virtual dinâmico [36].

Embora a RV imersiva tenha evoluído bastante e seja considerada típica, a RV não-imersiva, apesar de mais restritiva, apresenta alguns pontos positivos como:

- utiliza as vantagens da evolução industrial de computadores;
- dispensa periféricos específicos;
- evasão às limitações técnicas e problemas decorrentes do uso de capacete e outros dispositivos como possível perda do equilíbrio, desconforto no uso dos capacetes ou peso dos equipamentos;
- facilidade de uso no que tange a satisfação do usuário em alcançar seus objetivos de maneira mais rápida e simplificada, através de funções apresentadas mais diretamente, sem a necessidade de acessos a *menus* e *submenus*, utilização de imagens explicativas e controle da maioria dos comandos com o próprio *mouse*, com pouca entrada de textos, por exemplo;
- acessibilidade devido ao seu baixo custo de implantação.

Tais aspectos conduziram à escolha da RV não-imersiva para o desenvolvimento desta pesquisa. Ainda que somente visual, a sensação promovida pela experimentação tridimensional de um espaço arquitetônico, interior ou exterior, aproxima substancialmente o cliente ao projeto e sua realidade construtiva, tornando possível a percepção do espaço como um todo através da interação.

3.2 - A Realidade Virtual como Instrumento de Apoio ao Ensino-Aprendizagem nos cursos de Arquitetura e *Design* de Interiores

Com o desenvolvimento, a difusão e a evolução da informática e da RV, esta tecnologia passou a ser um instrumento utilizado em prol da educação através de novos tipos de sistemas para o ensino.

De acordo com Maria de Lurdes Camacho [37], educar não é apenas transmitir conhecimentos; abrange uma atuação muito vasta, que vai desde a simples transmissão do saber ao desenvolvimento de capacidades e à aquisição de comportamentos pessoais e sociais, que auxiliem a integração do indivíduo na sociedade. Educar é formar e preparar para o futuro; é proporcionar aos alunos, tanto a nível acadêmico, como social e humano, as ferramentas que lhes permitam a descoberta e a construção de seu próprio caminho.

Neste sentido, educar implica em atender fatores que, durante muito tempo, foram esquecidos e que ainda hoje são, por vezes, negligenciados.

Impulsionada pela indústria e geralmente associada ao entretenimento, a RV possui, no entanto, um grande potencial educativo tornando-se um instrumento versátil e de muita eficácia que se destaca na gama de ferramentas educativas para o ensino atual. Inovar não significa, necessariamente, substituir o antigo pelo novo. E a RV, como nova forma de comunicação, deve ser vista como complemento das técnicas já existentes e não como substituição [37].

A exploração de mundos virtuais pelo próprio aluno permite a vivência de novas e diferentes realidades através da extensão dos sentidos por meio do controle ativo sobre movimentos, visões, manipulações, transformações e até sons, em alguns casos. Os mundos virtuais constituem-se como verdadeiros “laboratórios do espírito”, tornando a pesquisa mais dinâmica e revolucionando a absorção da informação que passa a ser explorada, não simplesmente

deduzida, promovendo motivação pela busca de conhecimentos antes simplesmente transmitidos pelo professor. Assim, através da interação, da experimentação, da análise e da crítica o aluno participa mais ativamente do processo ensino-aprendizagem. Conforme Skinner e Piaget, teóricos da Educação, o aprender-fazendo tem tido sua eficácia comprovada, sobretudo em se tratando de ciências exatas e tecnológicas [38].

“Temos que pensar em Realidade Virtual como uma ferramenta que não somente seja mais uma forma de aprendizagem, mas sim uma forma de atingir aquelas áreas onde os métodos tradicionais estão falhando” [36].

A RV permite que sejam feitas experiências interativas com o conhecimento. A vantagem frente às outras tecnologias como TV, fotografia e multimídia, por exemplo, é a de permitir o aprendizado com o aluno inserido no contexto do assunto envolvido e a cada ação promovida recebe uma realimentação deste contexto [39].

Conforme a Dra. Verônica Pantelides da East Carolina University [40], há diversas razões para usar a RV na educação, entre elas:

- o alto poder de ilustração da RV;
- possibilidade de uma análise de muito perto ou de longe;
- acessibilidade;
- possibilidade de promover experiências e prosseguir com elas extra período de aula;
- desenvolvimento do trabalho no próprio ritmo do aprendiz;
- imersão, interação e envolvimento motivando e estimulando a participação ativa do estudante.

Como afirma Byrne, citado por Schirmer [41], a RV é uma maneira nova e diferente que habilita as pessoas a fazerem coisas que elas não poderiam fazer

no mundo físico. Portanto, sua aplicação no processo ensino-aprendizagem promove, além da instrumentação das atividades didáticas, uma nova forma de comunicação, expressão, interação, aprendizagem e o dinamismo das aulas, promovendo a imersão do aluno ao tema estudado, enriquecendo os ambientes de apoio educacional.

3.3 - A Realidade Virtual como Ferramenta Profissional nas Áreas de Arquitetura e *Design* de Interiores

O impacto da tecnologia CAD (*Computer Aided Design*) na prática projetual de arquitetura e interiores é, sem dúvida, substancial, promovendo o aumento da precisão e da velocidade no desenvolvimento de desenhos técnicos e, principalmente, criando um novo ambiente de expressão projetual [42].

A RV tem contribuído neste setor com a possibilidade de percursos virtuais ao ambiente disponibilizando diferentes pontos de observação, facilitando a visualização e análise das alternativas por parte dos arquitetos, clientes e demais profissionais envolvidos, ainda durante a concepção do projeto.

A Universidade da Carolina do Norte em *Chapel Hill* foi uma das primeiras a investigar o uso da RV em percursos [2]. Porém, os percursos nas cozinhas da “*Matsushita Tóquio Showroom*” foram uma das principais utilizações da RV na arquitetura em sua vertente imersiva. Dentre outras aplicações destacam-se: “*Conceptual Design Space*” que possibilita a modificação do modelo em tempo real [43] e “*Walt Disney Concert Hall*” [44], sendo um meio para discussão de equipes multidisciplinares em projetos de grande porte.

O projeto colaborativo virtual, por exemplo, vem adquirindo notoriedade e aos poucos vão sendo desenvolvidos aplicativos de modelagem que combinem as vantagens dos desenhos à mão com as oportunidades criadas pelos modelos

virtuais, permitindo a interação dos participantes com o espaço virtual. A tendência é a incorporação de ferramentas que possibilitem a reflexão sobre um problema de projeto e o desenvolvimento de uma solução aos estúdios virtuais [45].

Gelband, citado por Macleod [46], acredita que os arquitetos, cada vez mais, poderão desenvolver seus projetos a partir de ambientes virtuais, gerando modelos 3D interativos. Assim sendo, o uso da VRML ou suas variações, na expressão do projeto, será fundamental contribuindo na mobilidade de arquivos apresentados a clientes, empreendedores e colaboradores.

Atualmente, os modelos desenvolvidos em sistemas CAD podem ser convertidos através de *softwares* específicos para o formato da VRML. A maioria dos programas destinados à elaboração de maquetes eletrônicas, como o AutoCAD, o Microstation, o 3D Studio Max, entre outros, já disponibilizam filtros para exportar a malha 3D para VRML. Desta forma, qualquer usuário CAD pode, sem maiores dificuldades, exportar desenhos 3D para visualização e interação em AV com auxílio de um navegador.

Embora muitas das utilizações da RV em Arquitetura contemplem sua característica imersiva, as formas não-imersivas se apresentam como dispositivos promissores de auxílio à prática profissional que, devido ao baixo custo e a facilidade de acesso em qualquer tipo de computador, com seus periféricos e acessórios básicos, podem ser disseminados de forma mais rápida e abrangente.

CAPÍTULO IV

Estudo e Análise de *Softwares* Existentes Correlatos ao Tema

4.1 - Considerações Iniciais

Neste capítulo, são apresentados alguns sistemas utilizados para a aplicação de cores em ambientes, imagens, *websites* e produtos, assim como *softwares* para modelagem 3D, normalmente utilizados na área de Arquitetura. São avaliados aspectos como:

- Área de Aplicação;
- Facilidade de utilização: avalia o nível de dificuldade nas realizações das tarefas de tratamento (cores e texturas) do ambiente/imagem;
- *Layout* da interface gráfica: de caráter mais subjetivo, influencia na primeira impressão sobre o *software*. Consideram-se a distribuição física e os tamanhos de elementos compositivos da GUI como: círculo, *menus*, painéis, barras, textos, campos informativos, AV, etc.;
- Abordagem da Teoria das Cores: forma de apresentação e nível de explicação sobre a aplicação das cores;

- Integração com a RV: pondera sobre o interfaceamento do *software* com a RV analisando-se, por exemplo, a possibilidade de se trabalhar com modelos 3D, navegação e interação com o mesmo ou sua alteração em tempo real;
- Visualização: considera a forma de visualização (bi ou tridimensional) do ambiente/ imagem a ser trabalhada no *software*;
- Tipo de projeto trabalhado no *software*: trata-se da restrição de se trabalhar em projetos pré-definidos ou personalizados.

Tendo utilizado e analisado cada um dos sistemas correlatos encontrados, são comentadas, a seguir, suas funcionalidades ressaltando-se as vantagens e desvantagens, sob os aspectos tratados nesta pesquisa.

4.1.1 - AutoCAD e 3DStudio

Das ferramentas CAD, disponíveis no mercado, o AutoCAD da *Autodesk* [47], lançado em 1989, é uma das mais comumente utilizadas pelos arquitetos, *designers* e projetistas da área. Com um sistema de unidade bastante preciso é voltado à criação e manipulação de desenhos técnicos e projetos de ambientes 2D, além da modelagem tridimensional e aplicação de iluminação.

Em sua versão mais atual, a 2007, incorpora os benefícios do *software* 3DStudio possibilitando a criação, animação e visualização dos modelos tridimensionais, bem como o uso de cores, texturas e iluminação com renderização bastante realista, contudo sem envolver a Teoria das Cores e a orientação quanto à sua aplicação. Por este motivo, não serão considerados na análise comparativa dos *softwares* correlatos ao tema.

4.1.2 - Color Wheel Expert 4.2

O *Color Wheel Expert* da Abitom Software [48], apresentado na Figura 4.1, é direcionado ao processo de seleção de cores adequadas para *websites*, porém com padrões pré-estabelecidos. Envolve a aplicação de cores em elementos individuais (texto, fundo, etc.) ou através de esquemas harmônicos utilizando um disco de 12 cores que podem ser decodificadas em seus respectivos códigos HTML, DEC, Hex e RGB. Não apresenta orientação sobre a teoria cromática, demandando este conhecimento por parte do usuário.

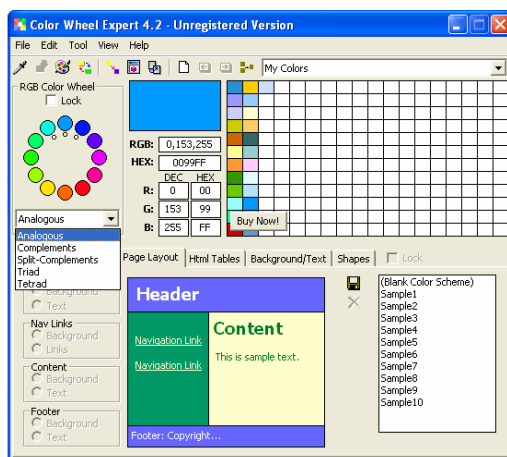


Figura 4.1 – Interface do programa *Color Wheel Expert 4.2* – versão demonstrativa

4.1.3 - Color Schemer Studio

O *Color Schemer Studio* [49] da *Color Schemer* é um combinador de cores de boa usabilidade que trabalha as harmonias cromáticas através de um círculo dinâmico. Apresenta a vantagem da captação das cores de uma imagem para aplicá-las em um modelo padrão de *webpage*. Não possibilita trabalhar com modelos tridimensionais e tampouco apresenta os benefícios da RV. Para sua utilização correta faz-se necessário o conhecimento prévio da Teoria das Cores e sua aplicação.

A Figura 4.2 exibe a interface deste *software* e uma das possibilidades de harmonia, neste caso, a tríade.

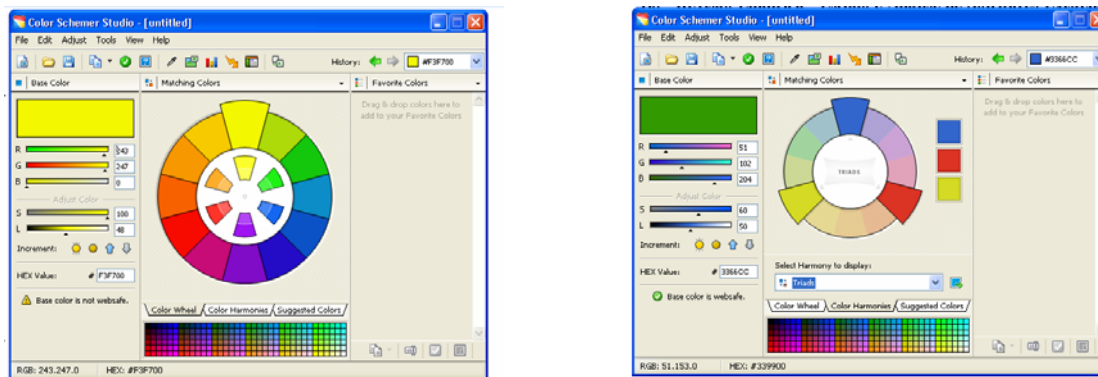


Figura 4.2 – Interface do programa *Color Schemer Studio* – versão demonstrativa

4.1.4 - Color Scheme Generator 2

O *Color Scheme Generator 2* [50] é um laboratório *on-line* da *WellStyled* para experimentação das harmonias cromáticas, também direcionado para a construção de *websites*. Conforme a Figura 4.3 apresenta um padrão único como forma de visualização das simulações. Não permite a importação ou criação de um modelo próprio, além de não apresentar nenhum tipo de orientação quanto à Teoria das Cores.

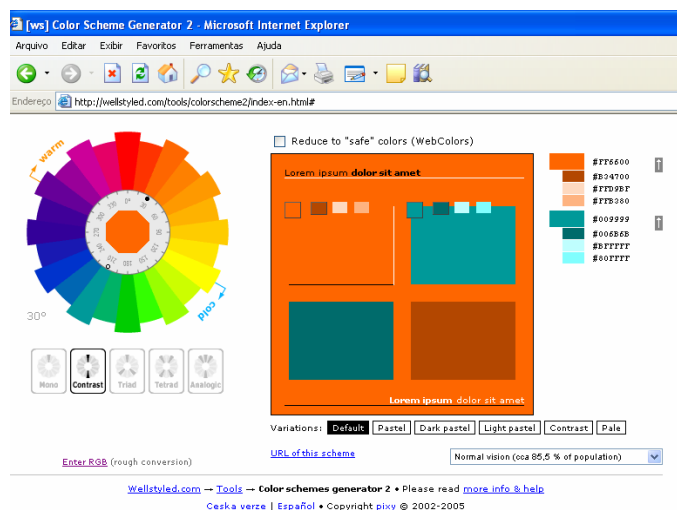


Figura 4.3 – Interface do programa *Color Schemer Generator 2* – versão demonstrativa

4.1.5 - Color Impact 2

O *Color Impact 2* da *Trond Grottoft and TigerColor* [51] é um laboratório de harmonias cromáticas também para *webdesign*. Proporciona a seleção de cores de três formas, como pode ser visto na Figura 4.4: via paleta padrão, via círculo cromático com saturação em direção ao centro e também através de um círculo simplificado. Porém, sua aplicação não se dá de maneira prática e nem orientada.

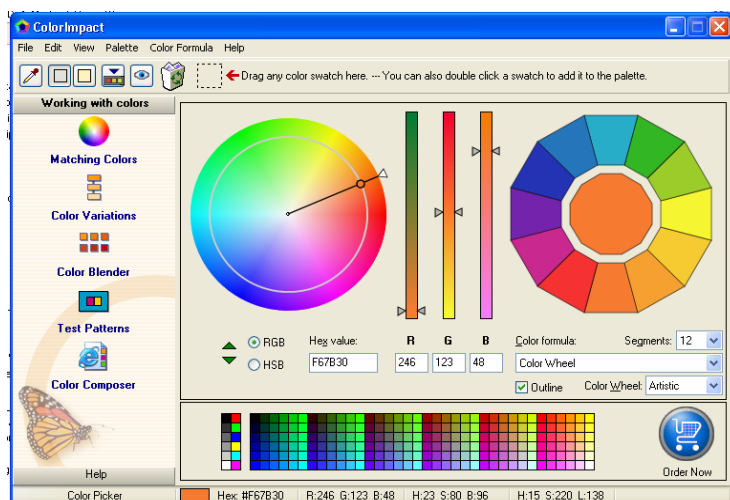


Figura 4.4 – Interface do programa *Color Impact 2* – versão demonstrativa

4.1.6 - Color Wheel Pro 2.0

O *Color Wheel Pro 2.0* do *QSX Software Group* [52] apresenta uma alta usabilidade e a aplicação das harmonias cromáticas pode ser visualizada em tempo real nos modelos padrões existentes, conforme mostram as Figuras 4.5 e 4.6. É um *software* direcionado a trabalhos de identidade visual como logomarcas, embalagens e *websites*, porém, na versão analisada, não permite a importação de modelos personalizados e não apresenta uma interface de navegação tridimensional.

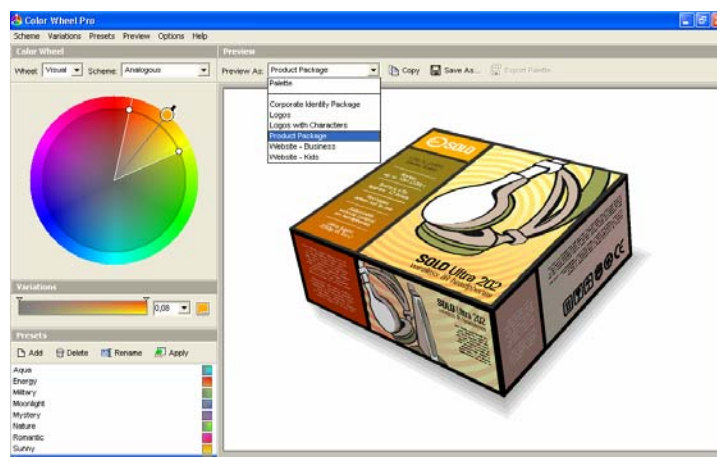


Figura 4.5 – Interface do programa *Color Wheel Pro 2.0* – versão demonstrativa



Figura 4.6 – Aplicações em logomarcas, identidades visuais, embalagens e *sites*

4.1.7 - Color Dabbler

Direcionado para Arquitetura e *Design* o *Color Dabbler* [53], da *Arctic Owl Software*, apresenta uma interface amigável, trabalha com um disco de cores bastante simplificado e apenas três harmonias cromáticas (análoga, tríade e complementar). Aceita importação de uma imagem personalizada, porém, não envolve a terceira dimensão. Assim como todos os anteriores, não apresenta nenhuma orientação quanto à Teoria das Cores e sua aplicação. Sua interface é apresentada na Figura 4.7.

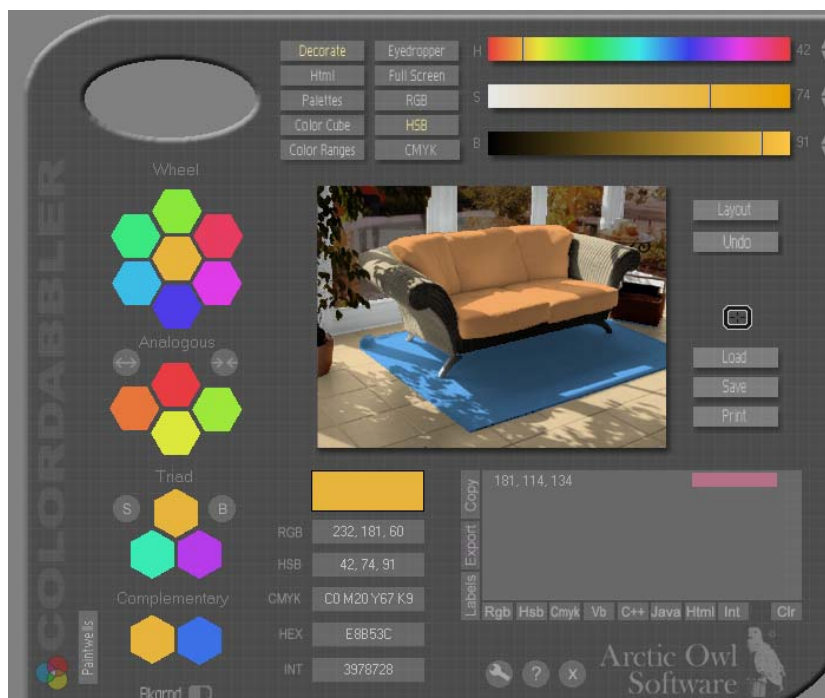


Figura 4.7 – Interface do programa *Color Dabbler* – versão demonstrativa

4.1.8 - Simuladores de Ambientes da Tintas Coral e da Tintas Suvinil

Desenvolvidos pelos respectivos fabricantes de tintas, também são direcionados para a Arquitetura e *Design* de Interiores. Estes simuladores *on-line* envolvem uma gama bastante variada de cores e relaciona a sensação que cada uma provoca. Apesar de apresentarem a ciência das cores nos seus *sites* próprios, a Coral e a Suvinil não relacionam a teoria nas opções de composição cromática dos simuladores. Além disso, não trabalham com navegação e não permitem a importação de projetos personalizados. Só simulam as cores em imagens padrão de seus bancos de dados, classificadas conforme o tipo e estilo de ambiente a ser trabalhado, ficando assim, distantes da realidade. A Figura 4.8 mostra estes simuladores [32 e 35].

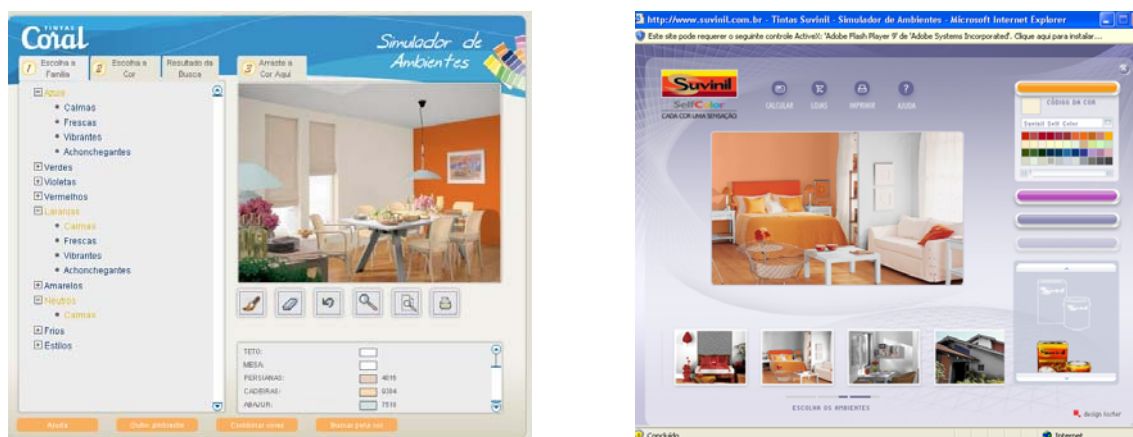


Figura 4.8 – Simuladores de Ambientes *on-line* – Coral (esquerda) e Suviniil (direita)

4.2 - Considerações Finais

A análise dos sistemas apresentados permitiu o apontamento das principais limitações que justificam a construção do *software* proposto:

- nenhum deles apresenta explicações da Teoria das Cores e não orienta quanto à sua aplicação. Desta forma, há necessidade de conhecimento prévio por parte do usuário para a devida utilização e exploração das opções dos programas;
- poucos deles envolvem a aplicação das cores em ambientes arquitetônicos e, os que permitem, apresentam a limitação de se trabalhar com imagens pré-definidas, padrões do *software*;
- para uso de *softwares* mais elaborados que possibilitam uma melhor renderização da cena, há necessidade de treinamento específico que demanda tempo, investimento e restringe a utilização pelos profissionais e estudantes da área;
- nenhum deles está diretamente relacionado à RV, não havendo a interação com o ambiente ou objeto de maneira mais envolvente, o

que facultaria ainda em fase projetual a experimentação do que será executado no real.

A Tabela 4.1 apresenta uma síntese da análise entre os *softwares* estudados.

Tabela 4.1 – Síntese comparativa entre os *softwares* analisados

<i>Softwares e Simuladores</i>	Aspectos Analisados						
	Área de Aplicação	Facilidade de Utilização	Interface Gráfica	Teoria das Cores	Integração com a RV	Visualização	Projetos Personalizados
Color Wheel Expert 4.2	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Schemer Studio	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Scheme Generator 2	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Impact 2	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Wheel Pro 2.0	WebDesign, Publicidade e Design Gráfico	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D/3D	Não
Color Dabbler	Arquitetura e Design de Interiores	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Simuladores Coral e Suvinil	Arquitetura e Design de Interiores	Fácil	Amigável	Não	Não	2D	Não

Fundamentando-se nestas observações, reforça-se a necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta computacional que abarque a Teoria das Cores, sua aplicação orientada e as vantagens tecnológicas da RV. Tudo isso em um sistema que permita ao usuário inferir na composição cromática de projetos personalizados, modelados tridimensionalmente em programas típicos da área, de forma interativa, orientada e divertida.

CAPÍTULO V

Descrição do CROMA

5.1 - Considerações Iniciais

Vislumbrando o preenchimento das lacunas até então apontadas, este capítulo destina-se à concepção do *software* proposto e implementação computacional do mesmo, apresentando-se sua arquitetura e funcionalidade com exemplos ilustrativos.

Tendo em vista sua aplicabilidade, o sistema recebeu o nome CROMA, em alusão ao seu processo de cromatização de ambientes virtuais.

Embora, inicialmente desenvolvido em *Borland C++Builder*, em virtude da incompatibilidade e da falta de suporte com a tecnologia VRML adotada, houve a migração para *Borland Delphi*, que facilitou as relações com os aspectos de interface entre este e o *Parallel Graphics Cortona ActiveX*. Outras pesquisas, que correlacionam a linguagem VRML com estas duas plataformas, reforçam esta justificativa [54].

Embora a abordagem sobre as harmonias cromáticas tenha tratado sobre o sistema pigmentário (CMY), o desenvolvimento do CROMA foi realizado em RGB devido às suas características de implementação computacional. Afinal, com o uso da função *GetRGBColor* o *Delphi* faz o reconhecimento cromático dos *pixels* de qualquer objeto ou figura, neste caso, o Círculo de Cores. Este fato não invalida os objetivos almejados por este trabalho, uma vez que as

transmutações cromáticas dos códigos RGB e CMY(K) podem ser promovidas através de *softwares* conversores ou por meio do próprio sistema tintométrico. Como já mencionado, este último é disponibilizado pelos revendedores de tinta e decodificam o RGB escolhido para produzir a tinta equivalente em CMY(K).

5.2 - Ferramentas Utilizadas

5.2.1 - Borland Delphi

O *Delphi* é um IDE (*Integrated Development Environment*) visual, ou seja, um ambiente integrado de desenvolvimento que fornece ao programador, em um único ambiente, todos os recursos necessários para a criação de um programa, tais como: compilador, editor de texto e ferramenta de depuração. Além disso, é uma ferramenta RAD (*Rapid Application Development*) - “Ambiente Rápido de Desenvolvimento” - utilizando a linguagem de programação *Object Pascal* que, por sua vez, contém uma série de conceitos da Programação Orientada a Objetos (POO) [55].

Esta plataforma foi utilizada para o desenvolvimento do *software* devido às questões já mencionadas e também por sua difusão e conseqüente disponibilidade de material de consulta (fóruns na *Internet*, apostilas e livros) facilitando o aprendizado e domínio das ferramentas e componentes.

O *Delphi* possibilita trabalhar com um *ActiveX Control*. Este, também conhecido como *Component Object Model* (COM), apresenta-se como um *software* criado para facilitar a integração entre diversas aplicações. Neste caso, utilizou-se o *ActiveX* específico para a linguagem VRML, o *Parallel Graphics Cortona ActiveX* que será detalhado no decorrer deste documento.

5.2.2 - VRML (*Virtual Reality Modeling Language*)

VRML é a abreviação para *Virtual Reality Modeling Language* ou Linguagem para Modelagem em Realidade Virtual. Seu objetivo é a descrição de objetos e mundos tridimensionais interativos através da *World Wide Web* na *Internet*. Esta linguagem é independente de plataforma e permite a modelagem/criação de ambientes interativos em 3D, os quais podem ser aplicados em diferentes áreas como: engenharia, arquitetura, visualizações científicas, títulos educacionais, páginas da *Internet*, apresentações multimídia, entretenimento e mundos virtuais compartilhados [56 e 57].

Arquivos VRML possuem extensão *.wrl* e sua visualização, local ou através da *Internet*, é facultada por aplicativos auxiliares ou *plugins*¹⁸ VRML que podem ser adquiridos, gratuitamente, através dos *sites* de seus respectivos fabricantes, tais como *Cortona* [58] da *Parallel Graphics* ou o *Cosmo Player* [59] da *Silicon Graphics*.

A idéia de criar essa linguagem surgiu no ano de 1994, em Genebra, na Primeira Conferência sobre *World Wide Web* com o intuito de levar a RV para a *Internet*. Assim, seria possível criar ambientes virtuais onde um usuário poderia interagir, passear e visualizar objetos em ângulos diferentes.

A estrutura de cena de um arquivo VRML se comporta como uma hierarquia de entidades bem definidas, que se adapta perfeitamente ao modelo de orientação a objetos. Este tipo de modelagem é bastante adequada para representações nas quais é necessário ter acesso a cada elemento que compõe a cena, como acontece nos *browsers* e *softwares* modeladores [54].

¹⁸ Um *plugin* ou *plug-in* é um programa de computador que serve normalmente para adicionar funções a outros programas para prover alguma função particular ou muito específica.

5.2.3 - Cortona VRML Client

O *Cortona VRML Client* da *Parallel Graphics* é um *plugin* gratuito do VRML para *browsers* populares (*Internet Explorer*, *Netscape*, *Mozilla*, *Mozilla Firefox*, etc.). É uma ferramenta para ver, navegar e interagir em cenas do VRML, projetado com base na tecnologia de componente universal. Permite a visualização e navegação no mundo virtual pela interface gráfica desenvolvida no *Delphi*.

5.2.4 - Parallel Graphics Cortona SDK (VRML ActiveX)

O Cortona SDK (*Sistem Development Kit*) fornece uma API (*Application Programming Interface*) que permite a integração da tecnologia RV da *Parallel Graphics* com outras aplicações em *Visual C++*, *Visual Basic* e *Delphi*, por exemplo. Através de sua utilização tornam-se possíveis diversos eventos fundamentais para a descrição, acesso e alteração dos objetos, suas propriedades e métodos expostos pelo controle do *Cortona ActiveX*.

5.3 - Arquitetura do Sistema Proposto

Envolve o conjunto dos componentes do sistema proposto considerando suas interações e combinações. É ilustrada pela Figura 5.1 em forma de um diagrama representativo.

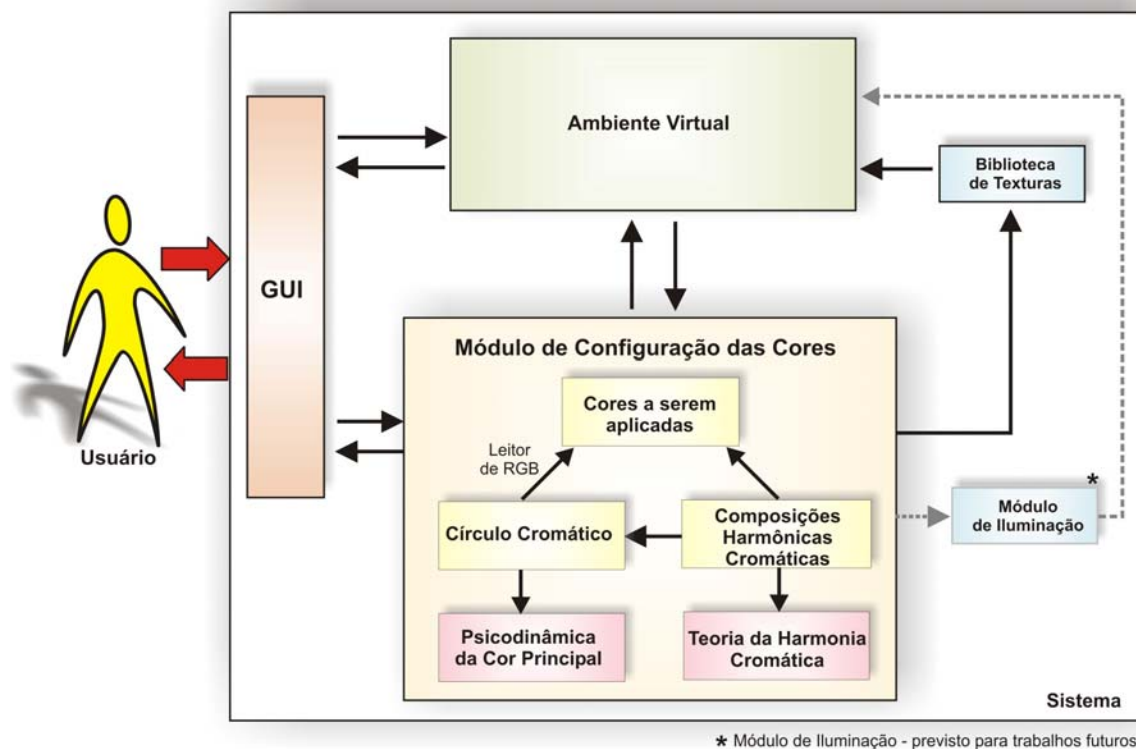


Figura 5.1 – Arquitetura do sistema

Os detalhes dos elementos componentes da configuração ilustrada na Figura 5.1 são descritos na sequência.

5.3.1 - GUI (*Graphical User Interface*)

No intuito de disponibilizar uma ferramenta de cunho didático e de fácil manuseio para o usuário, o CROMA apresenta uma interface gráfica amigável, onde todos os comandos e campos são dispostos de forma direta e prática. A Figura 5.2 exhibe esta interface.

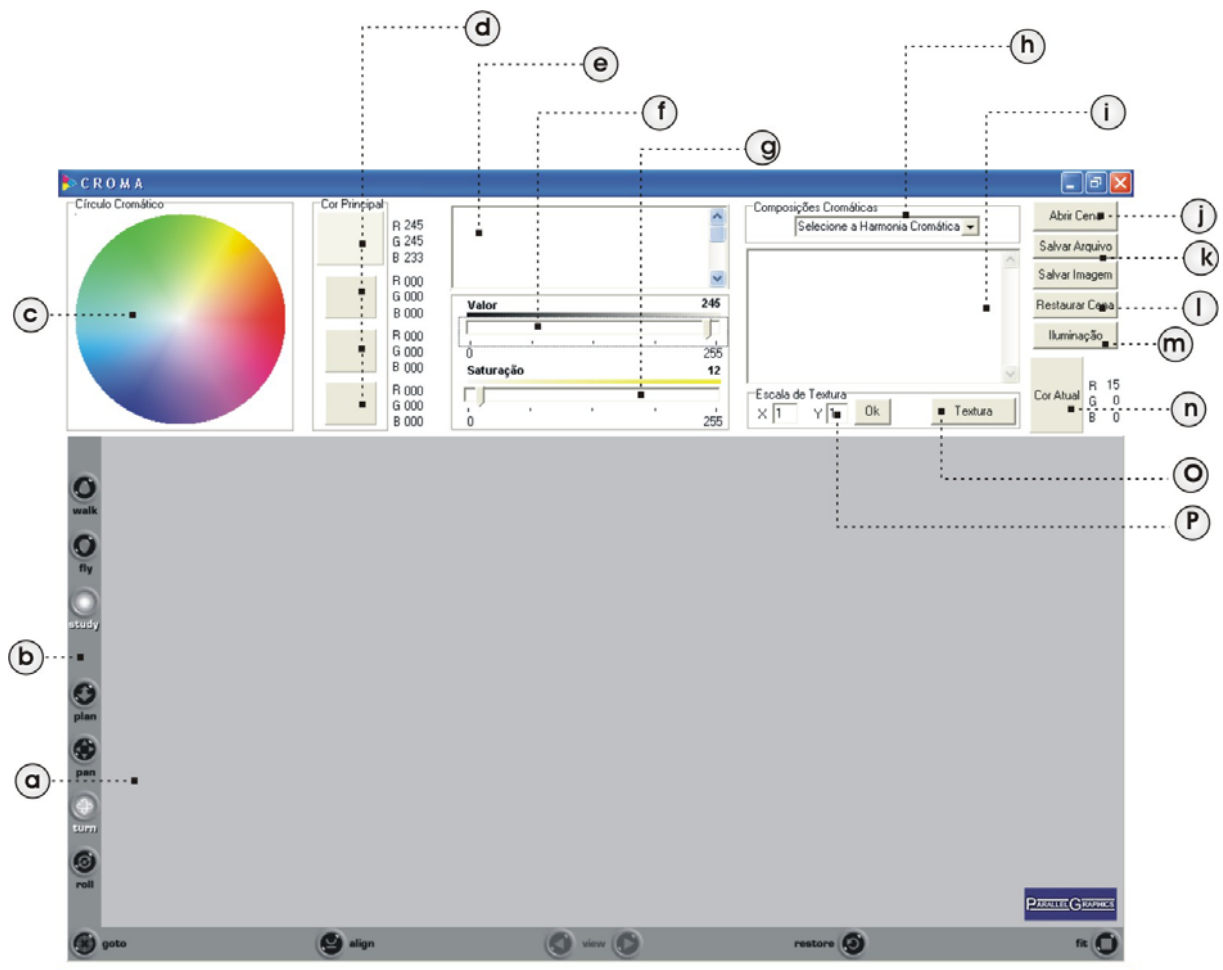


Figura 5.2 – GUI - Interface Gráfica do Usuário do *software* CROMA

A interface gráfica do CROMA é, então, constituída por:

- Janela de visualização interativa:** onde se carrega o arquivo VRML a ser cromatizado;
- Barra de Navegação:** onde o usuário escolhe a forma de deslocamento e visualização no AV;
- Círculo cromático:** onde o usuário seleciona a cor principal a ser aplicada no ambiente;
- Painéis para visualização das cores envolvidas na seleção:** são dispostos em coluna hierárquica da cor principal (retângulo maior) para as demais (retângulos subsequentes, menores). Ao lado,

localizam-se as traduções das cores visualizadas nos painéis em códigos RGB (*Red-Green-Blue*);

- e. **Campo informativo 1:** apresenta a psicodinâmica da cor principal escolhida, de acordo com sua família;
- f. **Barra de alteração do valor da cor:** o usuário pode adicionar preto gradativamente ao círculo e, conseqüentemente, às cores dos painéis, possibilitando também a composição em tons “pastéis”;
- g. **Barra de alteração da saturação da cor:** permite a adição gradativa de branco à cor principal. Assim, tons mais claros podem ser adicionados na composição sem necessariamente sair da harmonia escolhida;
- h. **Menu de seleção da composição harmônica cromática:** onde o usuário escolhe a composição a ser aplicada ao ambiente, tendo a liberdade de trabalhar com mais de uma no mesmo espaço;
- i. **Campo informativo 2:** oferece informações teóricas específicas sobre a aplicação de cada harmonia cromática selecionada no *menu* (item g);
- j. **Botão de abertura do arquivo:** possibilita a escolha de qualquer arquivo *.wrl* a ser aberto e trabalhado no AV (item a);
- k. **Botões para salvar:** o primeiro deve salvar o arquivo VRML respeitando-se as alterações cromáticas aplicadas. O segundo deve salvar como imagem (*.jpg*) cada ambiente cromatizado;
- l. **Botão de restauração:** permite a restauração do arquivo VRML originalmente aberto, desconsiderando todas as intervenções promovidas;
- m. **Botão de iluminação:** possibilita a configuração da iluminação (tipo, cor, intensidade e localização de fontes de luz adicionais, etc.);

- n. **Painel de leitura das cores do AV:** mostra a cor do objeto no qual está posicionado o *mouse*. Esta função possui uma atualização dinâmica, retornando uma resposta imediata a cada movimento com o *mouse* sobre o ambiente trabalhado. O código RGB da cor reconhecida é mostrado ao lado deste painel;
- o. **Botão de textura:** implica na escolha de uma imagem (.jpg ou .gif) do banco de dados, a ser aplicada como textura em qualquer objeto da cena;
- p. **Escala de textura:** o usuário pode configurar a escala da textura aplicada.

5.3.2 - Ambiente Virtual

Utiliza o navegador *Cortona VRML Client 5.1*, que possibilita a visualização, navegação e cromatização do projeto tridimensional escolhido, permitindo maior interação do usuário com o seu projeto através do *mouse* e da barra de ferramentas de navegação disponível (item b da Figura 5.2).

O projeto mapeado pelo navegador deve ser previamente modelado via VRML, AutoCAD, 3DStudio ou qualquer outra plataforma que salve ou exporte o arquivo trabalhado na extensão *.wrl.

5.3.3 - Módulo de Configuração das Cores

Este módulo é dividido em conjuntos específicos de funções que envolvem toda a sistematização da aplicação cromática assistida no AV, sendo constituído por:

- Composições Harmônicas Cromáticas: conjunto de funções que se relacionam trigonometricamente ao círculo cromático. Cada uma destas é responsável por uma configuração diferente, composta por retas divergentes que aparecem no círculo quando o usuário clica sobre ele para escolher a cor;
- Círculo Cromático: imagem circular, carregada pelo *Delphi* como “TImage”, desenvolvida a partir da mistura gradativa das cores primárias de luz em relações percentuais, adicionadas de saturação (adição de branco) em direção ao centro. Nele, através de um clique com o *mouse*, o usuário faz a escolha da cor principal a ser trabalhada no ambiente; quanto mais próxima ao centro do círculo for a seleção, maior será a saturação (adição de branco) da cor;
- Cores Seleccionadas a serem Aplicadas: reunidas através de painéis laterais ao círculo cromático a fim de enfatizá-las e disponibilizá-las para a aplicação no AV. Conforme as ações de escolha da harmonia cromática, são dispostos dois a quatro painéis que receberão as pigmentações a partir da seleção da cor principal, no círculo. O primeiro painel, o maior, captura o código RGB do *pixel* clicado. Os demais capturam os códigos RGB dos *pixels* do final das retas da Figura surgida no círculo, representativa da composição;
- Teoria da Harmonia Cromática: é responsável por exibir a informação teórica sobre cada harmonia escolhida pelo usuário. Trabalha interligada com o campo de escolha das composições harmônicas cromáticas e, por isso, exhibe, instantaneamente, a orientação através de um “TMemo” do *Delphi*;

- **Psicodinâmica das Cores:** diretamente relacionada ao painel de cor principal e à imagem do círculo, baseada em relações trigonométricas a partir da cor principal selecionada, este campo exibe em um “TMemo” do *Delphi*, instantaneamente, uma orientação teórico-prática ao usuário, quanto à influência psicológica, física e até cultural do matiz a ser utilizado como dominante no ambiente.

Este módulo de configuração de cores, interligado, por sua vez, ao AV carregado, processa as alterações solicitadas pelo usuário aplicando-as em tempo real.

5.3.4 - Biblioteca de Texturas

Além da cromatização assistida, O CROMA disponibiliza ao usuário a aplicação de texturas nos elementos do AV utilizando uma biblioteca pessoal, ou seja, um diretório com imagens de materiais, padrões, pessoas, animais e paisagens que podem incrementar o tratamento das cenas trabalhadas. O usuário pode adicionar quantas imagens desejar quer sejam obtidas por fabricantes, catálogos virtuais ou até mesmo por câmeras fotográficas digitais.

5.3.5 - Módulo de Iluminação

Tendo conhecimento da influência da luz sobre a visualização da cor é proposta a implantação do módulo de iluminação como estudos futuros. Em virtude de sua grande complexidade a aplicação da iluminação prima pela pesquisa da influência de vários fatores como, por exemplo, as características das lâmpadas normalmente utilizadas (halógena, fluorescente, incandescente,

etc.), temperatura da cor, índice de reprodução de cores, fluxo luminoso, localização e o seu efeito impresso em cada pigmentação.

5.4 - Funcionamento do CROMA

Disponibilizado em arquivo executável, o CROMA não carece de instalação. Basta inserir o arquivo em qualquer diretório do computador a ser utilizado. Além disso, devido a simplicidade da linguagem VRML, não requer grandes esforços computacionais sendo, portanto, executável em qualquer computador atualmente disponível no comércio. Todavia, para que funcione perfeitamente, faz-se necessária a instalação prévia do *plugin* navegador *Cortona VRML Client 5.1* [58]. Além disso, o usuário precisará ter o arquivo a ser trabalhado, previamente modelado via AutoCAD, 3DStudio ou VRML, por exemplo, salvo em seu diretório na extensão *.wrl*.

Ao executar o CROMA, frente à interface gráfica já apresentada, com um clique do *mouse* sobre o botão “Abrir Cena” (a direita da interface) o usuário visualiza uma caixa de diálogo, conforme a Figura 5.3.

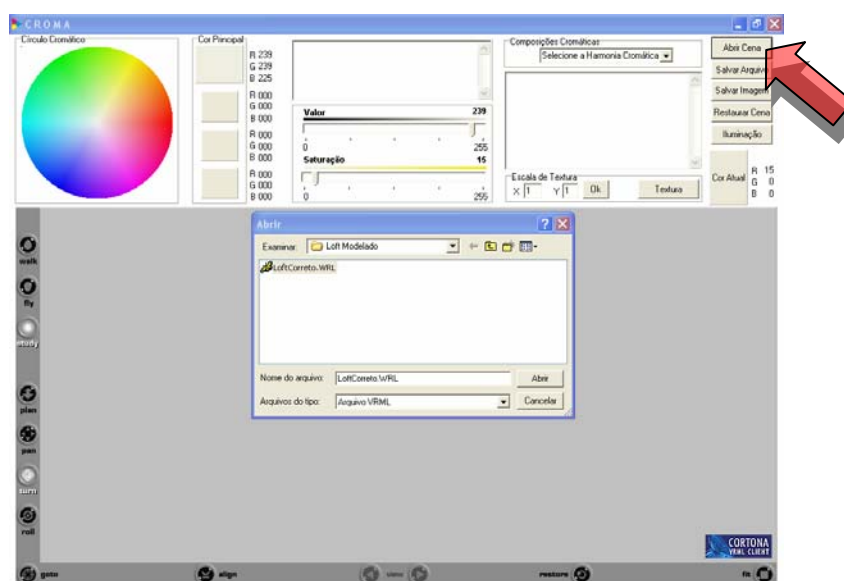


Figura 5.3 – Interface do CROMA e caixa de diálogo para abrir arquivo VRML

Por meio da mencionada caixa de diálogo, o arquivo *.wrl é escolhido para ser interpretado pelo navegador da *Parallel Graphics* em forma de AV.

A Figura 5.4 mostra o ambiente aberto e ressalta o *menu* de escolha da harmonia cromática a ser aplicada no ambiente.

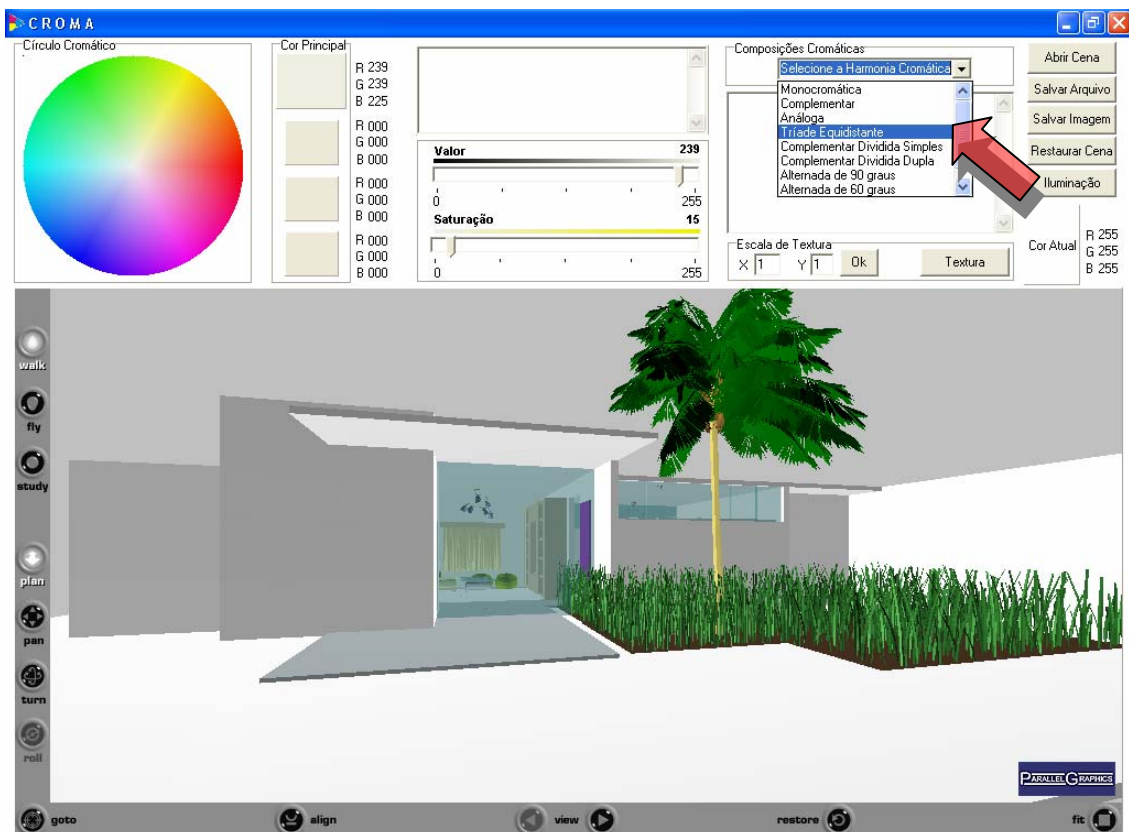


Figura 5.4 – Arquivo *.wrl aberto e *menu* de seleção das harmonias cromáticas

Tendo escolhido a harmonia complementar, por exemplo, o usuário visualiza, no campo inferior, a teoria referente àquela composição selecionada. Pelo clique do *mouse* no círculo cromático, habilita o aparecimento automático da reta, vista na Figura 5.5, representativa da composição escolhida. Instantaneamente, as cores situadas nos extremos desta reta são capturadas e levadas para painéis ao lado. A cor clicada no círculo é chamada cor principal e deverá ser aplicada como dominante no ambiente. Sua psicodinâmica é imediatamente descrita, pela família de seu matiz, no campo apropriado.

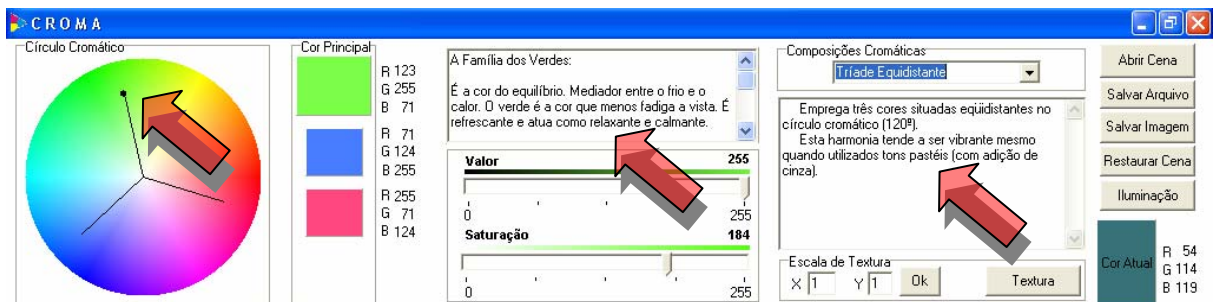


Figura 5.5 – Informações teórico-práticas do CROMA

Ainda é possível alterar o grau de valor e saturação da cor escolhida com o uso de barras deslizantes, ampliando a gama de tonalidades sem perder a harmonia da composição, salientado na Figura 5.6.

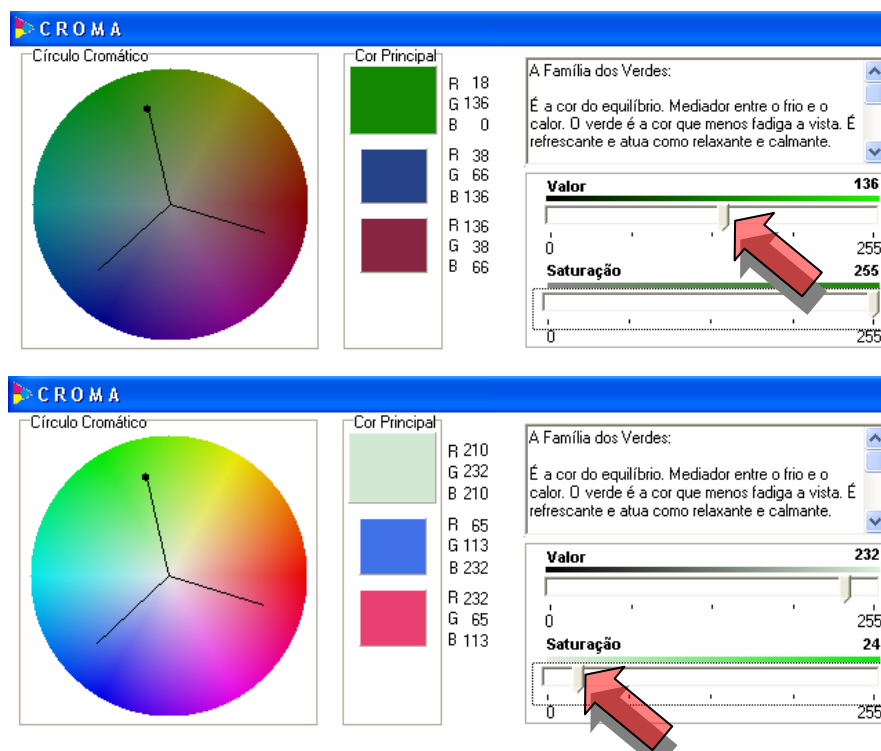


Figura 5.6 – Barras deslizantes para alteração do valor e saturação da cor

Clicando sobre um dos painéis coloridos, sua cor é capturada para ser aplicada com dois cliques sobre qualquer objeto do AV que é atualizado em tempo real. A Figura 5.7 mostra esta função.

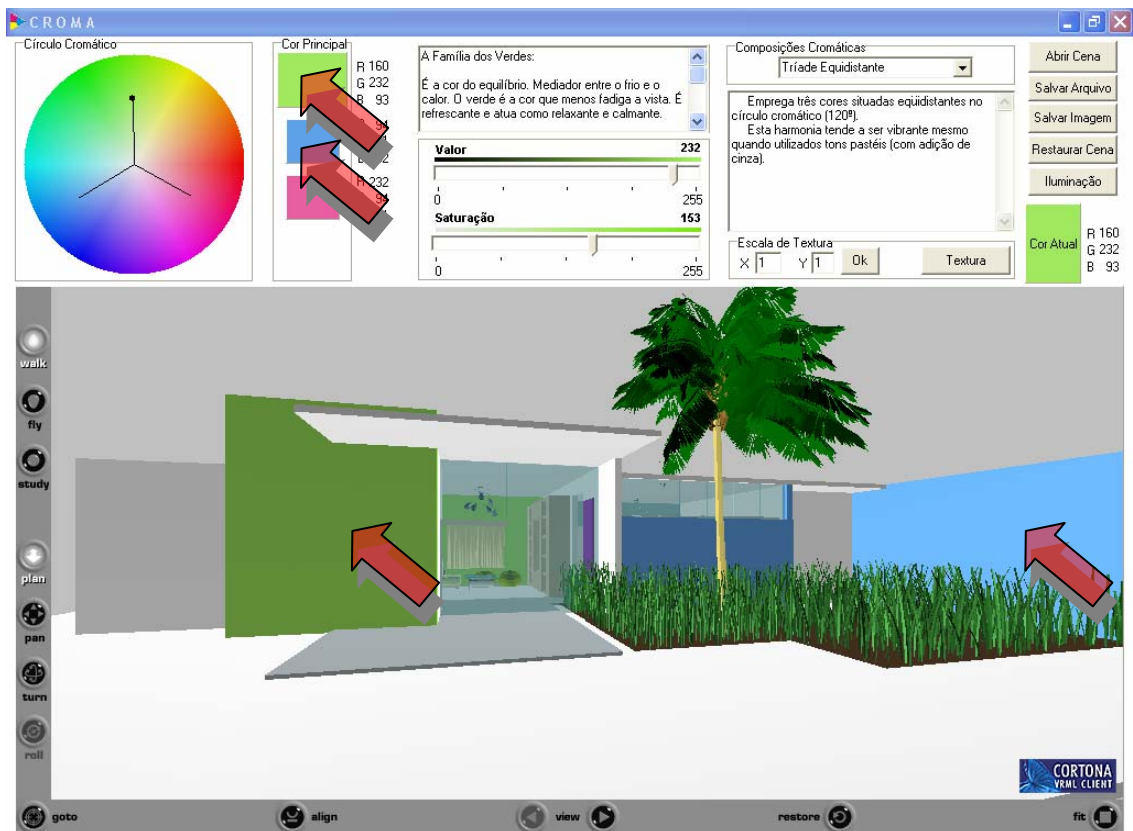


Figura 5.7 – Aplicação das cores escolhidas no ambiente virtual

Desde a abertura do arquivo escolhido o usuário, a qualquer momento, pode navegar no modelo 3D com o arraste e direcionamento do *mouse*, desfrutando dos recursos localizados na barra de ferramentas em forma de “L”, disponibilizados pelo navegador *Cortona VRML Client 5.1*.

Os botões “Walk”, “Fly”, “Study” combinados com o “Plan”, “Pan”, “Turn” e “Roll” conferem liberdade à navegação na qual o usuário, com o controle e movimentação do *mouse* pode ir em frente, para o lado, acima, abaixo, rotacionar, etc. A Figura 5.8 ilustra cenas de navegação utilizando-se os botões “Fly” e “Plan” para visualização do quarto (à esquerda) e os botões “Study” e “Pan” para visualização da cozinha (à direita).

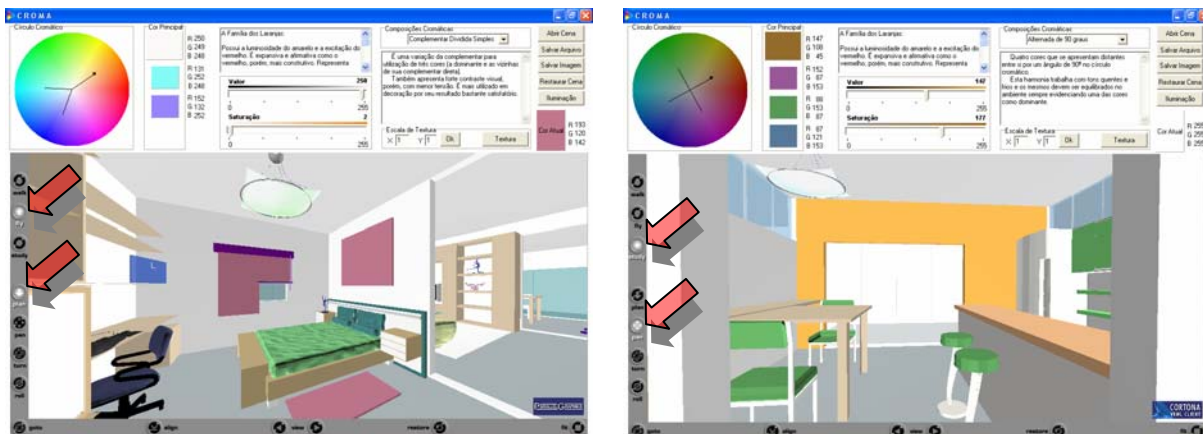


Figura 5.8 – Navegação nos ambientes do projeto

Os botões de ação denominados “View” carregam câmeras implantadas durante a modelagem prévia do ambiente. Assim, caso não existam câmeras na modelagem original, estes botões não terão ação correspondente. A Figura 5.9 mostra o acionamento de câmeras interiores dispostas em diferentes pontos de vista da sala de estar.

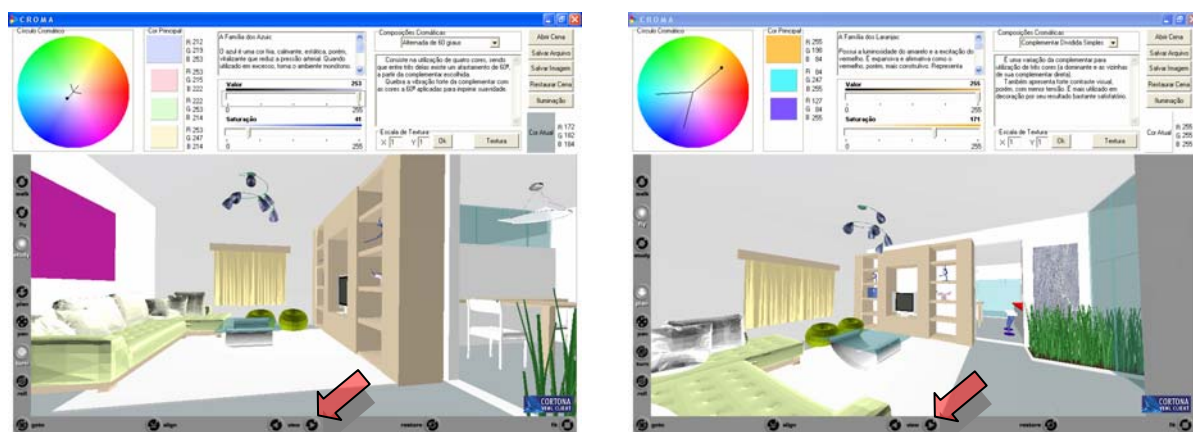


Figura 5.9 – Troca da câmera via botões “view” e navegação nos ambientes do projeto

A Figura 5.10 mostra uma nova harmonia cromática, a Tríade Eqüidistante, aplicada a um dos ambientes internos, a sala.

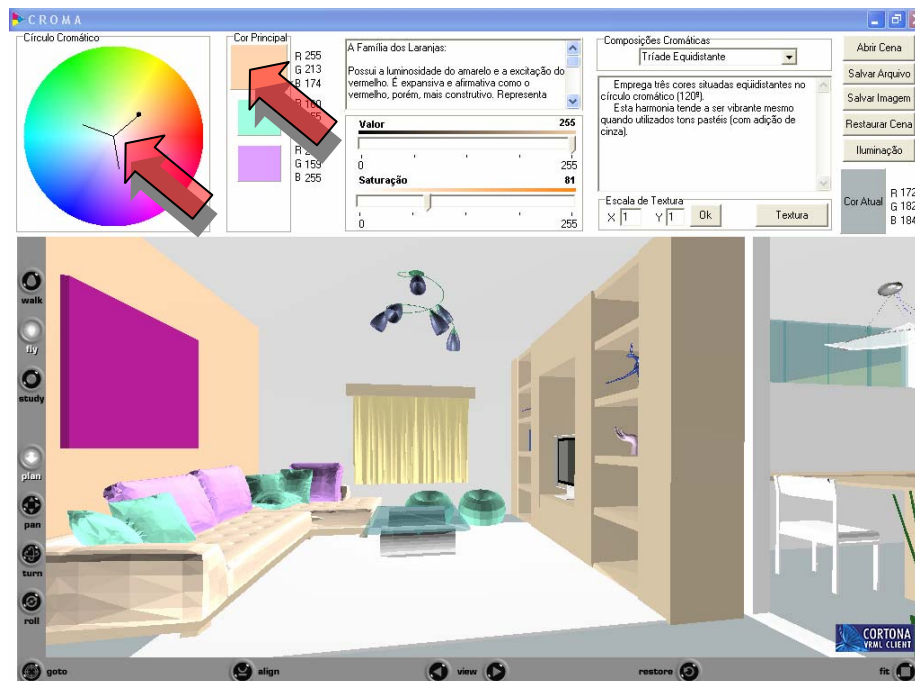


Figura 5.10 – Aplicação da harmonia Triade Equidistante via CROMA

O botão “Textura” (Figura 5.11) permite acesso ao banco de imagens a serem inseridas no modelo.

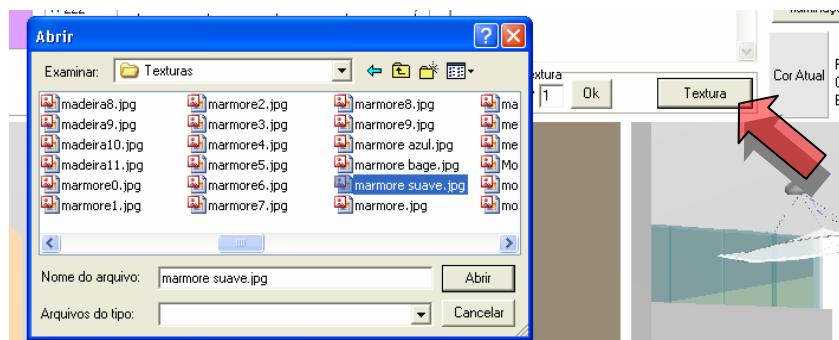


Figura 5.11 – Botão de textura e caixa de diálogo respectiva

A textura dos objetos é obtida a partir do mapeamento de um padrão do espaço bidimensional (imagem) sobre os objetos tridimensionais. A Figura 5.12 demonstra esta ação sobre o quadro, na parede à esquerda, no tapete, piso, mesa e estante do ambiente.

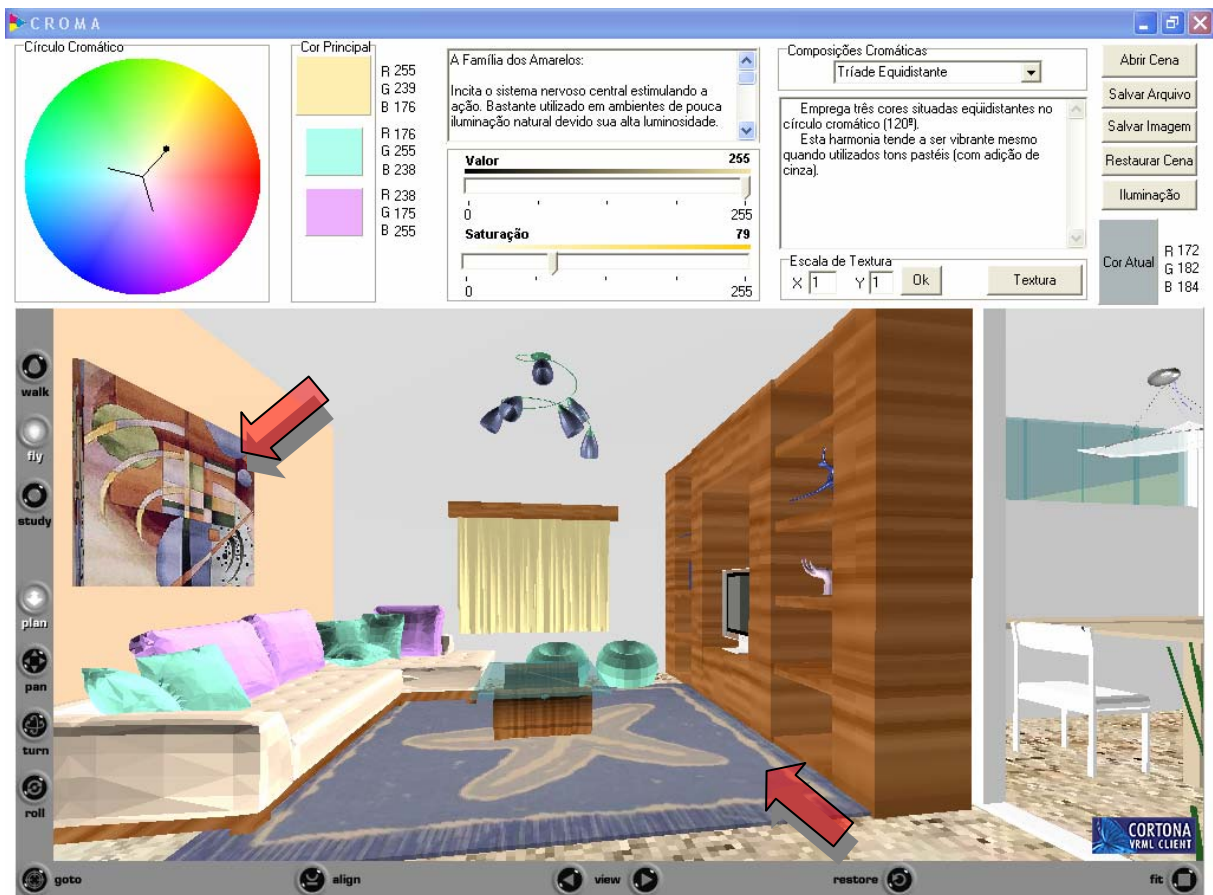


Figura 5.12 – Aplicação de texturas

A textura oferece várias vantagens para a RV, uma vez que aumenta o nível de detalhe e de realismo da cena. Entretanto, quando esta não se adapta perfeitamente às proporções do ambiente ou ao gosto do usuário faz-se necessário a alteração da escala. Visando maior flexibilidade nesta questão o CROMA apresenta um quadro de configuração da escala pelos eixos X e Y, de maneira independente. Tal fato pode ser apreciado na madeira da estante e na repetição do padrão do tapete, comparando-se as Figuras 5.12 e 5.13.

CAPITULO V – Descrição do CROMA

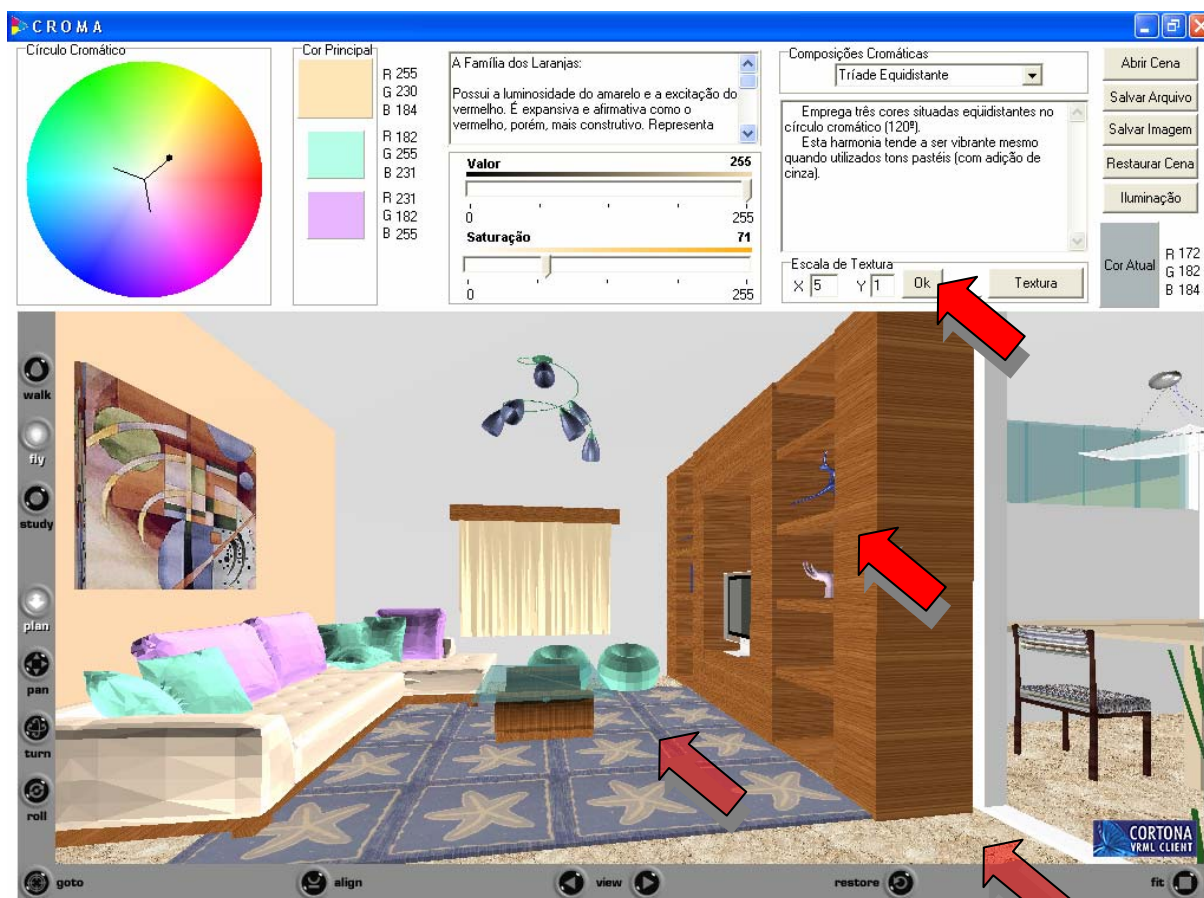


Figura 5.13 – Alteração da escala de texturas (tapete e estante)

CAPÍTULO VI

Avaliação e Proposta de Otimização do CROMA

6.1 - Considerações Iniciais

Após a apresentação da interface gráfica, bem como da funcionalidade do CROMA, é realizada, neste capítulo, uma avaliação de suas características operacionais no âmbito experimental.

Em um primeiro momento, promoveu-se uma comparação das funções e características do CROMA em relação aos *softwares* existentes no mercado, a fim de ressaltar suas vantagens e contribuições.

Posteriormente, são apresentados os resultados obtidos pelo teste de usabilidade que foi realizado por pessoas de diversos níveis de escolaridade e áreas de atuação.

6.2 - Análise Comparativa entre o CROMA e os *Softwares* Existentes

Comparando o CROMA aos programas correlacionados ao tema, atualmente disponíveis, cujas características foram mencionadas no Capítulo IV desta dissertação, pode-se chegar às seguintes constatações:

- **Quanto à aplicação de cores**

Embora todos os *softwares* estudados façam a aplicação das cores, não apresentam nenhuma explicação automática quanto às composições cromáticas e tampouco relacionam as sensações promovidas pelas mesmas. Já o CROMA apresenta a teoria cromática, orienta sua aplicação e trás à tona, instantaneamente, a psicodinâmica de cada família de cores escolhida pelo usuário.

- **Quanto à usabilidade**

Não obstante a maioria dos programas analisados tenha uma boa usabilidade, nenhum possui todos os comandos diretamente relacionados na interface gráfica, como é o caso do CROMA, o que o torna uma ferramenta muito fácil de aprender. Além disso, com este tipo de configuração, o usuário pode explorar toda a sua potencialidade mesmo sem nenhuma experiência de utilização ou conhecimento na área de arquitetura e interiores.

- **Quanto aos anseios dos estudantes e profissionais de Arquitetura e Design de Interiores**

Os programas da área como o AutoCAD e o 3DStudio não disponibilizam aplicação de cores de forma assistida, prática e facilitada, apresentando-se como desvantagem frente ao apoio no ensino e a instrumentação profissional que o CROMA sugere neste campo. Outro benefício do *software* aqui desenvolvido é o incentivo ao desenvolvimento do projeto colaborativo, facilitado pelas vantagens da RV e por não demandar treinamento extenso ou conhecimento específico por parte dos clientes e outros profissionais envolvidos.

- **Quanto às sensações promovidas e a percepção do espaço**

O uso da tecnologia da RV proporciona uma imersão satisfatória e desperta maior interesse para estudantes da área de arquitetura e interiores. Além disso, permite “equalizar” a visualização técnica do profissional com a do seu cliente que consegue navegar, imprimir sua personalidade, experimentar e sugerir alterações em seu projeto, antes de ser construído, de forma interativa e divertida.

A Tabela 5.1 apresenta uma síntese comparativa do CROMA e os *softwares* correlatos ao tema, seguindo-se os mesmos parâmetros anteriormente descritos.

Tabela 5.1 – Síntese comparativa entre os *softwares* analisados e o CROMA

Softwares e Simuladores	Aspectos Analisados						
	Área de Aplicação	Facilidade de Utilização	Interface Gráfica	Teoria das Cores	Integração com a RV	Visualização	Projetos Personalizados
Color Wheel Expert 4.2	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Schemer Studio	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Scheme Generator 2	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Impact 2	WebDesign	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Color Wheel Pro 2.0	WebDesign, Publicidade e Design Gráfico	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D/3D	Não
Color Dabbler	Arquitetura e Design de Interiores	Fácil	Amigável	Sim, porém não assistida	Não	2D	Não
Simuladores Coral e Suvinil	Arquitetura e Design de Interiores	Fácil	Amigável	Não	Não	2D	Não
CROMA	Arquitetura e Design de Interiores	Fácil	Amigável	Sim, de forma assistida	Sim	3D	Sim

6.3 - Teste de Usabilidade e Análise dos Resultados Obtidos para Proposta de Otimização

A usabilidade está diretamente ligada ao diálogo com a interface e à capacidade do *software* em permitir que o usuário alcance suas metas de interação com o sistema. Ser de fácil aprendizagem, permitir uma utilização eficiente e apresentar poucos erros são os aspectos fundamentais para a percepção da boa usabilidade por parte do indivíduo [60]. Mas, esta pode ainda estar relacionada com a facilidade de memorização e com a satisfação do usuário.

De acordo com Clarindo Pádua [60] os atributos de usabilidade são:

- Facilidade de aprendizado: rápida exploração do sistema e realização das tarefas;
- Eficiência de uso: tendo aprendido a interagir com o sistema, o usuário atinge níveis altos de produtividade na realização de suas ações;
- Facilidade de memorização: após certo período sem utilizar o *software*, o indivíduo é capaz de retornar ao sistema e realizar suas tarefas sem a necessidade de reaprender como interagir com ele;
- Baixa taxa de erros: realização das tarefas sem maiores transtornos e capacidade de recuperar erros, caso ocorram;
- Satisfação subjetiva: o usuário considera agradável a interação com o sistema e se sente subjetivamente satisfeito com ele.

Considerando os aspectos levantados, o teste de usabilidade foi realizado com o envolvimento de estudantes e profissionais de arquitetura, decoração e engenharia. Ainda, para conferir a sua acessibilidade a “clientes” e pessoas alheias ao tema, foi também experimentado por profissionais de outras áreas, como por exemplo, advogados, professores da rede pública, técnicos e outros,

objetivando colher informações sobre os seus “pontos de vista”. Não foram estabelecidas tarefas a serem cumpridas objetivando a satisfação própria do usuário. Assim, todos utilizaram o CROMA de forma livre, e responderam a um questionário (disponível em anexo), no qual expressaram suas opiniões sobre o mesmo, o que resultou em uma amostragem de 29 (vinte e nove) indivíduos.

Os resultados oriundos desta avaliação deram subsídios à construção dos gráficos representados nas Figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5. Nestas, o eixo das ordenadas classifica a amostragem em valores percentuais, enquanto o eixo das abscissas retrata o quesito avaliado. Os números situados no interior de cada barra trazem os valores absolutos, ou seja, o número de entrevistados que sentenciaram a respectiva opção/opinião.

As Figuras 6.1 e 6.2 correspondem à compilação dos resultados de questões optativas do teste, com os seguintes itens avaliados:

- Organização das informações: considera a organização visual do fluxo de informação (textual e gráfica) visando torná-la útil e inteligível;
- *Layout* da interface gráfica: de caráter mais subjetivo, influencia na primeira impressão sobre o *software*. Consideram-se a distribuição física e os tamanhos de elementos compositivos da GUI como: círculo, *menus*, painéis, barras, textos, campos informativos, ambiente virtual, etc.;
- Assimilação das informações: facilidade de absorção da Teoria das Cores e das explicações envolvidas;
- Facilidade de utilização: avalia o nível de dificuldade nas realizações das tarefas de tratamento (cores e texturas) do ambiente;
- Aplicabilidade na Arquitetura e *Design* de Interiores: pondera sobre o grau de aproveitamento do *software* enquanto apoio ao ensino da teoria cromática e enquanto instrumento profissional na área.

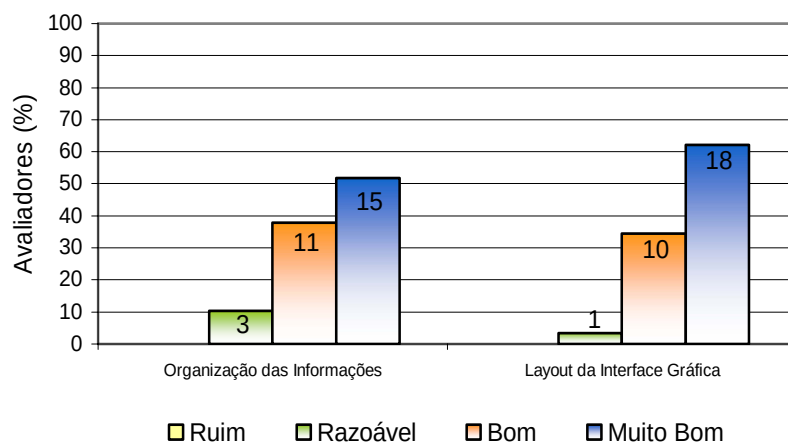


Figura 6.1 – Resultado das avaliações optativas 1

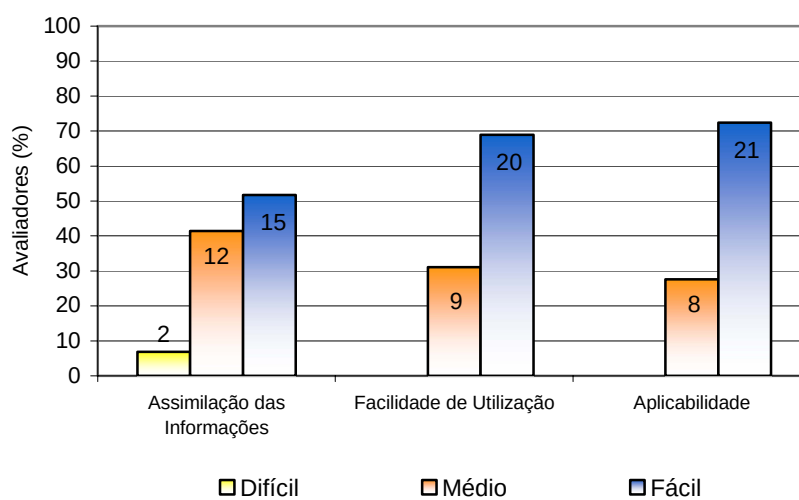


Figura 6.2 – Resultado das avaliações optativas 2

As Figuras 6.3, 6.4 e 6.5 sintetizam, respectivamente, as opiniões, críticas e sugestões dos avaliadores quanto aos quesitos vantagens, dificuldades/desvantagens e sugestões para melhoria.

Em se tratando de questões dissertativas, para a interpretação das próximas figuras, faz-se necessário considerar que cada um dos avaliadores possa ter opinado em mais de um dos itens evidenciados.

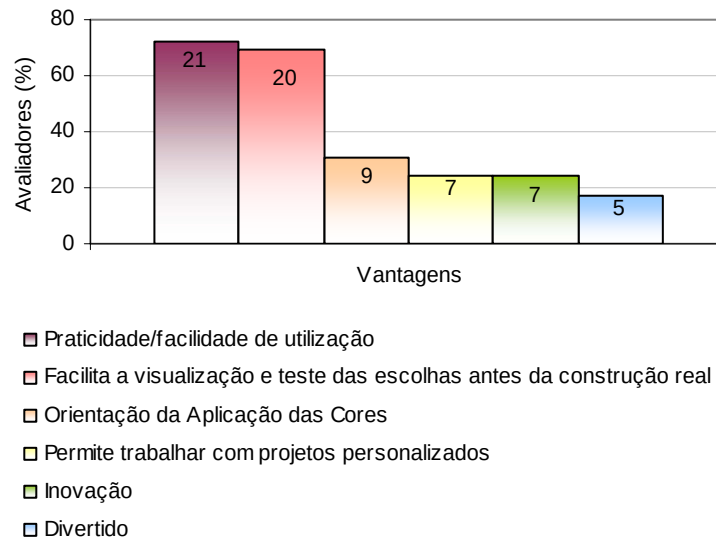


Figura 6.3 – Resultado das avaliações – vantagens

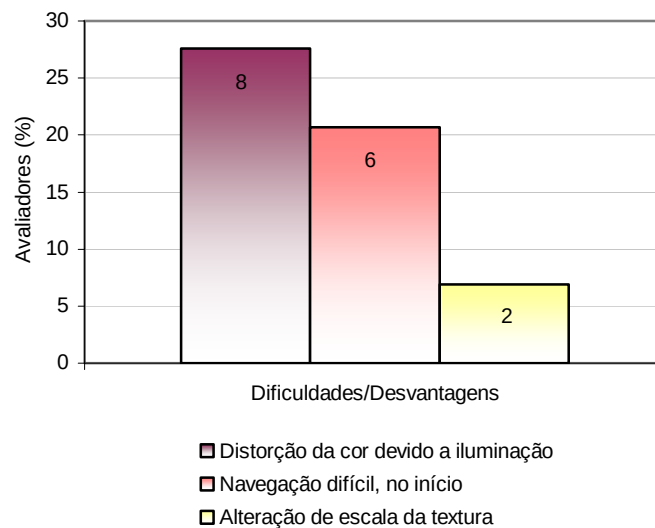


Figura 6.4 – Resultado das avaliações – dificuldades/desvantagens

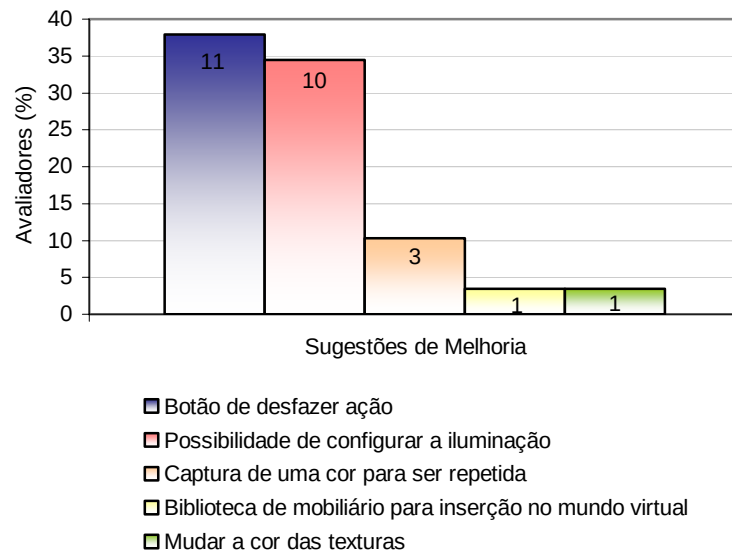


Figura 6.5 – Resultado das avaliações – sugestões de melhoria

A análise dos gráficos de resultado do teste de usabilidade deu margens às seguintes observações:

- A grande maioria, cerca de 90% dos avaliadores, qualificou a interface gráfica como boa ou muito boa quanto ao *layout* e a organização das suas informações.
- Apenas com uma breve explicação sobre o seu funcionamento, o CROMA permitiu a aplicação da Teoria das Cores em AV de maneira assistida, sem a necessidade de treinamentos específicos e demorados. A Figura 6.2 sustenta esta afirmação, uma vez que a maioria dos entrevistados o julgou de fácil utilização e assimilação das informações, como também de bastante aplicabilidade na área a que se destina.
- De maneira geral o CROMA se destacou como uma nova ferramenta de aplicação na área de Arquitetura e *Design* de Interiores; Isto se confirma pelas vantagens apontadas na Figura 6.3, tais como:

visualização e percepção do ambiente com experimentação das escolhas cromáticas antes de sua construção, podendo auxiliar tanto no aprendizado da teoria envolvida quanto na prática profissional.

- Quase 30% dos avaliadores apontaram como desvantagem a distorção da cor devido a iluminação do AV. Isto deu margens à confirmação da necessidade do módulo de configuração da iluminação citado no Capítulo V, na arquitetura do sistema. Porém, devido à sua complexidade e o surgimento de dúvidas quanto a restrições no que tange sua possibilidade de implementação via VRML, reforça-se a sugestão do mesmo para estudos futuros que culminariam na otimização do CROMA.
- 21% dos usuários manifestaram uma dificuldade temporária na adaptação aos comandos de navegação e domínio do *mouse*, mas apenas nos primeiros instantes do teste.
- Quanto às sugestões de melhoria, 40% dos avaliadores apontaram a necessidade de um botão para desfazer ações acidentais ou insatisfatórias. Também foi ressaltada a necessidade de configuração de iluminação por 35% dos usuários.
- Do total de 29 pessoas, 3 sugeriram a captura de uma cor qualquer do ambiente virtual para ser utilizada novamente em outras áreas ou objetos.

Esta última observação foi também percebida durante a fase de implementação do *software*, porém, devido a um erro numérico de truncamento/arredondamento, não foi possível disponibilizar esta função no CROMA a tempo do teste de usabilidade. Posteriormente, esta questão foi contornada, em parte, disponibilizando-se o reconhecimento da cor de qualquer objeto da cena através do *mouse*.

CAPÍTULO VII

Conclusões

Este trabalho apresentou um compêndio de informações a respeito da história, conceitos e práticas da teoria cromática e as influências das cores em um ambiente. Evidenciou que a utilização da RV gera reações de curiosidade e empatia desenvolvendo o raciocínio, a criatividade e a crítica pela associação da fantasia e da imaginação. Fundamentado nisto, desenvolveu um *software*, denominado CROMA, destinado a auxiliar na prática educacional e profissional da área de Arquitetura e *Design* de Interiores, no que tange a aplicação da teoria cromática em AV.

Baseado nas vantagens oferecidas pela RV, o CROMA, em sua forma não-imersiva, de implantação a custos reduzidos, pode promover o compartilhamento e discussão das idéias de projeto com clientes, permitindo uma rápida, inovadora e participativa forma de compreender e representar os espaços da edificação ainda durante a sua concepção.

No que tange a implementação e utilização do CROMA, pôde-se concluir que:

- mostra-se como uma ferramenta profissional e instrumento de apoio ao ensino-aprendizagem da Teoria das Cores e sua aplicação;
- não exige treinamentos específicos e demorados em virtude de sua interface gráfica de fácil leitura e compreensão das suas informações;

- para a área de Arquitetura e *Design* de Interiores, apresenta-se como uma forma de agregar valores à concepção, elaboração, visualização e apresentação dos projetos;
- aborda a Teoria das Cores permitindo sua aplicação em AV de forma assistida, o que possibilita a sua utilização tanto em cursos de formação profissional da área quanto para outros profissionais ou leigos no assunto;
- envolve a simulação das composições cromáticas em modelos tridimensionais personalizados, ou seja, os usuários não precisam se deter à experimentações de ambientes pré-definidos, podendo trabalhar em projetos diversos;
- desperta o interesse e conscientização sobre as influências físicas, psicológicas e até culturais das cores na inter-relação entre o homem e o ambiente vivenciado;
- permite a retratação de qualquer material especificado no projeto através da aplicação de texturas nos objetos compositivos do ambiente.

Enfim, o CROMA resulta em uma nova ferramenta de comunicação e expressão que incentiva a pesquisa e a exploração dos meios de se trabalhar a criatividade com constante motivação para, através da aplicação assistida e experimentada das cores, proporcionar ao homem uma melhor percepção do espaço vivenciado.

Mediante aos avanços oferecidos por esta pesquisa, os desenvolvimentos e discussões feitos ao longo deste trabalho ainda deixaram lacunas cuja necessidade de preenchimento foi confirmada através da análise dos resultados

do teste de usabilidade aplicado. Desta forma, destacam-se como sugestões para trabalhos futuros:

- possibilidade de desfazer ação, viabilizando o resgate de pigmentação fortuita ou erroneamente efetuada;
- desenvolvimento do módulo de configuração de iluminação incluindo pontos de inserção de luz com opções de escolha do tipo de iluminação, sua cor e demais parâmetros necessários à interpretação e estudo de sua influência sobre a tonalidade dos objetos no ambiente;
- opção de capturar a cor de qualquer objeto da cena para repeti-la em outros pontos do AV;
- inserção de “blocos” tridimensionais como mobiliário, vegetação, pessoas, etc.
- decodificação dos códigos RGB em CMYK ou a utilização de uma tabela de conversão, facilitando a relação pigmentária do *software* com a efetiva pintura do ambiente construído.

Referências Bibliográficas

- [1] GOETHE, J. W. **Doutrina das Cores**. São Paulo: Ed. M. Giannotti, 1993.
- [2] GRILO, L. et al. **Possibilidades de Aplicação e Limitações da Realidade Virtual na Arquitetura e na Construção Civil**. Anais do II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade do Trabalho no Ambiente Construído (SIBRAGEQ'2001) - Fortaleza, 2001.
- [3] PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual Reality - Through the new Looking Glass**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1995.
- [4] MACHADO, L. S. **Conceitos Básicos da Realidade Virtual**. Monografia, INPE-5975-PUD/025, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, novembro, 1995. Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/~liliane/conceitosrv.html>. Acessado em: Janeiro de 2006.
- [5] SUTHERLAND, I. **The Ultimate Display**. New York: IFIP, 1965.
- [6] SUTHERLAND, I. **A Head-Mounted Three Dimensional Display in Fall Joint**. Computer Conference 1968, Thompson Books, Washington, p. 757-764, 1968.
- [7] JACOBSON, L. **Realidade Virtual em Casa**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.
- [8] MACHOVER, C.; TICE, S. E. **Virtual Reality**. IEEE Computer Graphics and Application, pp. 15-16, January, 1994.
- [9] CAREY, R.; BELL, G. **The Annotated VRML 97 Reference**. Addison: Wesley, 1997.
- [10] REBELO, I. B.; LUZ, R. P. **Simulação do Espaço Urbano Através da RV para o Desenvolvimento e Análise de Projetos**. Laboratório de Realidade Virtual UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: dezembro, 1999.
- [11] Inovação Tecnológica, 2004. **Realidade Virtual para Arquitetura e Planejamento Urbano**. Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010150040512> Acessado em fevereiro de 2006.
- [12] PIMENTEL, J. et al. **Construção e Gestão da Complexidade de Cenários Urbanos 3D em Ambientes Virtuais Imersivos**. Instituto Superior Técnico - Secção de Ambiente e Energia. Lisboa: IST, 2001.

Referências Bibliográficas

- [13] VENDRUSCOLO, F.; CASSAL, M.; DIAS, J. **Projeto Escola TRI-Legal**. Revista Digital da CVA-RICESU. Vol.3 – nº9 . Disponível em: <http://www.ricesu.com.br/colabora>. 2005. Acessado em fevereiro de 2006.
- [14] PEREIRA, A.; PERUZZA, A. P. M. **Tecnologia de Realidade Virtual Aplicada à Educação Pré-Escolar**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, São Leopoldo, RS, 2002.
- [15] SCHIRMBECK, F.; COHEN, M. **Realidade Virtual na Educação Profissional**. Workshop Brasileiro de Realidade Virtual, 1999.
- [16] COX, L. **Cruising Down the Nile**. VR in the Schools. Vol 4, 2000. Disponível em: <http://vr.coe.edu/vrits/4-3Cox.htm> Acessado em: março de 2006.
- [17] KELLER, R.; SCHREIBER, J. **GEO-3D: A Realidade Virtual como Suporte ao Ensino da Geometria Espacial**. Workshop Brasileiro de Realidade Virtual, 1999.
- [18] SPALTER, A. M. et al. **Interaction in an IVR Museum of Color: Constructivism Meets Virtual Reality**. Leonardo, Volume 35, Number 1, MIT Press, 2002. Disponível em: <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/002409402753689380?cookieSet=1&journalCode=leon> Acessado em janeiro de 2006.
- [19] JUNG, P.F. **Metodologia para Pesquisa e Desenvolvimento – Aplicada a Novas Tecnologias, Produtos e Processos**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2004.
- [20] FARINA, M. **Psicodinâmica das Cores em Comunicação**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1990.
- [21] Samsung Electronics Brazil. (*site*) Disponível em: www.samsung.com/br/products/monitor/index.asp] Acessado em: Fevereiro de 2007.
- [22] PEDROSA, I. **Da Cor a Cor Inexistente**. Brasília: UnB – Universidade de Brasília, 1989.
- [23] FIGUEIREDO, A.; PIETROCOLA, M. **Luz e Cores – Física um outro Lado**. São Paulo: FTD, 1997.
- [24] NEWTON, Isaac. **Óptica**. São Paulo: EDUSP, 1996.
- [25] AGOSTON, G. A. **Color Theory and Its Application in Art and Design**., New York: Springer-Verlag, 1987.
- [26] WONG, W. **Principles of Color Design**. 2 ed. EUA: John Wiley & Sons, 1986.
- [27] CARNRIGHT, C. **Emotional and Psychological Impact of Color**. Disponível em: http://www.carnrightdesign.com/color4business/emotional_impact_color.htm. Acessado em março de 2006.

Referências Bibliográficas

- [28] TOOPS, D. **Psychological Impact of Color**. EUA: News and Trends Editor, 2001.
- [29] CORTÉS, M. C. **Color in Motion**. Site oriundo de Dissertação de Mestrado, 2004. Disponível em: <http://www.mariaclaudiacortes.com/#>. Acessado em abril de 2006.
- [30] ITTEN, J. **The Art of Color, The Subjective Experience and Objective Rationale of Color**. EUA: John Wiley & Sons Inc, 1974.
- [31] NEVES, P.; PEREIRA, A. **O Conceito de Harmonização Cromática Aplicado em Ambientes Internos**. PPGE/ CTC - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.cce.ufsc.br/~pereira/artigos/conceito/artigo6.htm> Acessado em: 06 de novembro de 2006.
- [32] *Simulador de Ambientes On-line – Tintas Coral*. Disponível em: http://www.coral.com.br/visualizer/default.htm?WT.mc_id=header_dicas_simulador Acessado em: Novembro de 2006
- [33] *THE COLOR*, Reed International Books Limited - San Francisco, 1997.
- [34] Tintas RENNER. (site) Disponível em: www.tintasrenner.com.br Acessado em: Fevereiro de 2007.
- [35] *Simulador de Ambientes On-line – Tintas Suvinil*. Disponível em: http://www.suvinil.com.br/produtos/simulador/simulador_ambientes.asp Acessado em: Novembro de 2006
- [36] PINHO, M.; KIRNER, C. **Uma Introdução à Realidade Virtual**. SIBGRAPI - Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Campos do Jordão, São Paulo, 1996.
- [37] CAMACHO, M. L. S. M. **Realidade Virtual e Educação**. I Simpósio Investigação e Desenvolvimento de *Software* Educativo. Costa da Caparica, Portugal, 1996.
- [38] SKIRNNER, F. B. **Ciência e Comportamento Humano**, 5ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1981.
- [39] PINHO, M. S. **Realidade Virtual como Ferramenta de Informática na Educação**. Belo Horizonte: SBIE, 1996. Disponível em: <http://grv.inf.pucrs.br/Pagina/Educa/educa.htm>. Acessado em: janeiro de 2007.
- [40] PANTELIDES, V. **Reasons to use Virtual Reality in Education**. VR in the Schools, vol. 1, no. 1, jun. 1995.
- [41] SCHIRMER, F. B. **Realidade Virtual na Educação**. 2001. Disponível em: <http://dns.inf.ufsm.br/~cacau/elc202/BaltazarFracao.html>. Acessado em: Março de 2006.

Referências Bibliográficas

- [42] FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. **Impactos da Tecnologia da Informação no Conhecimento e Métodos Projetuais**. TIC 2002 - Seminário de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil – Oportunidades e Futuro. Curitiba, PR, Novembro, 2002.
- [43] BOWMAN, D. A. **Conceptual Design Space – Beyond Walk-through to Immersive Design** in D. Bertol, “**Designing Digital Space – An Architect’s Guide to Virtual Reality**”. New York: John Wiley and Sons, 1997.
- [44] HAYMAKER, J.; FISCHER M. **Challenges and Benefits of 4D Modeling on the Disney Concert Hall Project**. CIFE Working Paper #64. Stanford University, 2001. Disponível em: <http://cife.stanford.edu/online.publications/WP064.pdf> . Acessado em: março de 2006.
- [45] GARNER, S. **Is Sketching Still Relevant in Virtual Design Studios?**. In: DCNet’00 Proceedings, 2000. Disponível em: <http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/journal> Acessado em Dezembro de 2006.
- [46] MACLEOD, D. **Computer: Virtual Reality**. Progressive Architecture. April, Ohio: Pento Pub., 1992.
- [47] AUTODESK Brasil (site) Disponível em: <http://www.autodesk.com.br/adsk/servlet/home?siteID=1003425&id=7952020> Acessado em: Fevereiro de 2007
- [48] *Color Wheel Expert* – Versão Demonstrativa Disponível em: <http://www.abitom.com/color-wheel-expert.html>. Acessado em: maio de 2006.
- [49] *Color Schemer Studio OSX* – Versão Demonstrativa Disponível em: http://www.apple.com/downloads/macosx/imaging_3d/colorschemerstudioosx.html Acessado em: maio de 2006.
- [50] *Color Scheme Generator* - On-line. Disponível em: <http://wellstyled.com/tools/colorscheme2/index-en.html>
- [51] *Color Impact* - Versão Demonstrativa Disponível em: <http://www.tigercolor.com/>
- [52] *Color Wheel Pro 2* – Versão Demonstrativa Disponível em: <http://www.color-wheel-pro.com/color-theory-basics.html>
- [53] *Color Dabbler* - Versão Demonstrativa Disponível em: <http://www.arcticowlsoftware.com/>
- [54] POLLO L.F. **Software para a Geração Automática de Modelos 3D em VRML**. Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Informática do Departamento de Eletrônica e Computação UFSM, Santa Maria, RS, 1997.

Referências Bibliográficas

- [55] Borland Delphi. (site) Disponível em:
<http://www.borland.com/br/products/delphi/index.html> Acessado em: Novembro de 2006.
- [56] VRML, 2004. **Full details of the history and specifications can be seen at the VRML repository.** Disponível em: <http://www.sdsc.edu/vrml/>. Acessado em: março de 2006.
- [57] CARDOSO, A., LAMOUNIER JUNIOR, E. A. **Ambientes Virtuais - Projeto e Implementação.** 1 ed. Porto Alegre - RS: SBC, 2003.
- [58] Parallel Graphics. (site)
Disponível em: <http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/>
Acessado em: março de 2006.
- [59] Silicon Grapgics. (site)
Disponível em: <http://www.sgi.com/products/evaluation/>
Acessado em: março de 2006.
- [60] PÁDUA, C. I. P. S. **Engenharia de Usabilidade.** Laboratório Synergia, Departamento de Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais. Maio, 2003. Disponível em:
<http://homepages.dcc.ufmg.br/~clarindo/disciplinas/eu/material/index.htm> Acessado em: 15 de janeiro de 2007.

Anexo

Teste de Usabilidade do *Software* CROMA

Informações Pessoais

Qual é a sua idade? _____ anos.

Sexo: ☐ masculino ☐ feminino

Informações Educacionais

Qual é o seu grau de instrução?

☐ 2º grau ☐ 3º grau completo ☐ 3º grau incompleto ☐ Pós-graduado

Qual o curso?

Informações sobre Informática

Há quanto tempo você utiliza o computador?

☐ 1 a 2 anos ☐ 2 a 3 anos ☐ 3 a 5 anos ☐ a mais de 5 anos

Em que local você utiliza o computador? (pode marcar mais de uma opção)

☐ Em casa ☐ na escola/faculdade ☐ no trabalho

Quais ferramentas você mais utiliza em suas atividades diárias? (pode marcar mais de uma opção)

☐ Word ☐ Excel ☐ AutoCAD ☐ 3DStudio ☐ Corel Draw ☐ SketchUP /FormZ
☐ DOS ☐ PowerPoint ☐ Outros? Qual?

Avaliação do *software* CROMA

Marque o número correspondente ao que você mais concorda

1. Organização das Informações	Ruim 0	Razoável 1	Bom 2	Muito Bom 3
2. Layout da Interface Gráfica	Ruim 0	Razoável 1	Bom 2	Muito Bom 3
3. Assimilação das Informações	Difícil 0	Médio 1	Fácil 2	
4. Facilidade de Utilização	Difícil 0	Médio 1	Fácil 2	
5. Aplicabilidade na Arquitetura e Design de Interiores	Difícil 0	Médio 1	Fácil 2	

1) Aponte diferenciais do *software* em comparação aos demais utilizados por você:

2) Aponte situações em que você sentiu dificuldade durante a utilização do sistema:

3) Você acha que o CROMA responde aos objetivos de aplicação das cores, de maneira orientada, em ambientes virtuais? O que poderia melhorar no sistema?

4) Qual sua opinião sobre a tecnologia de realidade virtual empregada para visualizar, navegar e interagir com o projeto aplicando as cores/texturas e experimentando as sensações por elas promovidas:
