

UMA ARQUITETURA PARA DISTRIBUIÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS DE REALIDADE AUMENTADA APLICADA À EDUCAÇÃO

Wender Antônio da Silva

Cursos de Informática

Faculdade Atual da Amazônia

wender_silva@yahoo.com.br

Marcos Wagner de Souza Ribeiro

Grupo de Realidade virtual de Goiás

Instituto Luterano

de Ensino Superior de Goiás

marcos_wagner@yahoo.com.br

Edgard Lamounier Júnior

Grupo de Realidade Virtual

Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU

lamounier@ufu.br

Alexandre Cardoso

Grupo de Realidade Virtual

Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU

alexandre@ufu.br

Resumo: *O processo de ensino-aprendizagem, baseados em aulas expositivo-dialogadas, tendo como principal recurso didático o quadro negro e o giz, não traz atualmente atratividade condizente e coerente com o meio ao qual os alunos da educação básica estão inseridos, repleto de tecnologias e inovações. O computador teve e tem um papel decisivo na mudança desse cenário. Sua implantação na educação levou três gerações, e a quarta geração começa a surgir com a Realidade Virtual (RV). A forma de aprendizagem depende de cada pessoa, umas aprendem visualmente, outras verbalmente, algumas exploram e outras deduzem. Um exemplo de objeto de aprendizagem que necessita que o aluno faça uma abstração ou crie mentalmente um modelo para compreensão do mesmo é a fisiologia vegetal. Esta área do conhecimento aborda a anatomia das plantas, a qual não deveria mais ser ensinada apenas com o uso dos instrumentos tradicionais de ensino, pois apresenta dinamicidade e complexidade que somente podem ser visualizadas por meio de simulações. Nesse contexto a Realidade Aumentada (RA) se apresenta como ferramenta para visualização, interação e envolvimento com objetos de aprendizagem. Para tanto é objetivo deste trabalho apresentar uma arquitetura para distribuição de ambientes virtuais de RA como ferramenta de apoio a projetos de ensino. Foi criada uma interface cognitiva de RA que possibilita a interação do usuário com o ambiente virtual por meio de menus de interação e também por meio de marcadores reais. Com a implementação, as interações feitas em um ambiente são replicadas para os outros ambientes, gerando um sistema fortemente aplicável à educação, pois proporciona múltiplas visualizações dos objetos virtuais sobre os objetos reais. Entende-se que ao se distribuir as interações realizadas, os usuários conseguem fazer colaboração em um ambiente de RA, possibilitando um maior nível de entendimento do conteúdo.*

Palavras-chave: Ambientes Virtuais Distribuídos, Educação, Realidade Aumentada.

Abstract: *The process of teaching-learning based on lessons spoken-exposed, having the blackboard as the main didactic resource, does not currently brings attractiveness consistent and coherent with the environment in which elementary school students are involved with, full of technologies and innovations. Computers had and have a decisive role in changing this scenario. They had in education three generations, and the fourth generation begins to emerge with Virtual Reality (VR). The way of learning depends upon each person, some learn visually, other verbally, some explore and other deduct. An example of learning object that requires the student to make an abstraction or mentally to create a model for understanding is a three physiology. This area of knowledge covers the anatomy of plants, which can not only be taught with the use of traditional tools of education, since it presents complexity and dynamic ways that can only be viewed through simulations. In this context, the Augmented*

Reality (AR) fits as a tool for viewing, interaction and involvement with objects of learning. The purpose of this paper is to present an architecture for distribution of virtual environments of AR as a tool to support projects in education. A cognitive interface has been created to allow AR user interaction with a virtual environment through interaction menus and also through real markers. With this implementation, the interactions made in an virtual environment are replicated for other environments, creating a system strongly applied to support education, since it provides multiple views of virtual objects. It is understood that when one distributes the interactions made, users can make cooperate in an AR environment, enabling a greater level of understanding for the taught subject.

Keywords: Distributed Virtual Environments, Education, Augmented Reality.

1. INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) é, antes de tudo, uma “interface avançada do usuário” para acessar aplicações executadas no computador, tendo como características, a visualização de, e movimentação em, ambientes tridimensionais em tempo real e a interação com elementos do mesmo [1]. Nesse aspecto, pode-se considerar que a Realidade Virtual é considerada uma tecnologia revolucionária, pois possibilita a simulação de mundos reais e imaginários na tela do computador ou em outros dispositivos, criando no usuário a sensação de presença em um “mundo” virtual. Relacionado com a Realidade Virtual, a Realidade Aumentada (RA) é a inserção de objetos virtuais no mundo real por meio de um dispositivo computacional. Dessa forma, a interface do usuário é aquela, que ele usa no ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos virtuais colocados no seu espaço [2].

Entende-se que a RA enriquece o ambiente físico com objetos virtuais, assim essa, foi beneficiada pelo progresso da tecnologia da computação, tornando viável aplicá-la com objetos virtuais, beneficiou-se desse progresso, tornando viáveis também 3D, ou gestos detectados por algum dispositivo dessa tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares. Diferentemente da RV, que transporta o usuário para o ambiente virtual, a RA mantém o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo a interação com o mundo virtual, de maneira mais natural e sem necessidade de treinamento ou adaptação [1].

Nesse contexto, novas interfaces multimodais vêm sendo desenvolvidas para facilitar a manipulação de objetos virtuais no espaço do usuário, usando as mãos ou dispositivos mais simples de interação. Assim, tem-se que pensar em Realidade Aumentada 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. Para dar a sensação de presença e de fato proporcionar a colaboração entre usuários, o objeto de estudo deste trabalho é a distribuição de ambientes de RA com interfaces flexíveis, deixando claro que as principais pesquisas concentram-se na melhoria do processo de comunicação entre as cópias de um ambiente. Porém, dependendo da aplicação, nem sempre a preocupação será com a comunicação entre cópias de um ambiente, mas também com a comunicação entre ambientes virtuais distintos, além da colaboração nos ambientes virtuais. Sendo assim, a motivação para este trabalho é a necessidade de desenvolvimento de técnicas para distribuição de ambientes virtuais (AV) para RA com suporte a uma interface que possua flexibilidade considerável para interações de objetos virtuais distribuídos que necessariamente possam ser utilizados no processo de ensino-aprendizado, no qual a distribuição deve ocorrer em decorrência de interações realizadas em interfaces de RA. É por esta razão que este trabalho procura apresentar uma abordagem computacional/algorítmica e, ainda, uma arquitetura que seja suficiente flexível para suportar o funcionamento de um AV de Realidade Aumentada Distribuída voltada para aplicabilidade no processo de ensino-aprendizagem.

2. APLICAÇÕES EDUCACIONAIS EM AMBIENTES DE REALIDADE AUMENTADA

Os sistemas virtuais possibilitam experiências com a sensação de presença, por meio da integração dinâmica de diferentes modalidades perceptivas, que envolvem imagens, sons, tato, etc. Assim, torna-se possível a capacidade de manipular, relacionada às reações sensorio-motora em tempo real [3]. Ainda, tem-se que, por outro lado, os ambientes educativos devem oferecer condições

favoráveis à criação, comportando-se como um espaço agradável e permitindo aplicações práticas e a relação do conhecimento com experiências, necessidades e realidade do aprendiz (usuário) [4]. Dessa forma e, de maneira geral, a construção do conhecimento dá-se por meio da reflexão, da crítica, da identificação e da busca de resoluções dos problemas, propiciando situações que determinem o desafio-papel importante na formação de atitudes [5]. Dentro desse contexto, os AVs podem contribuir, estimulando a curiosidade e auxiliando no desenvolvimento da autonomia. Assim, entende-se que a aprendizagem ocorre quando o indivíduo está engajado e utiliza de forma consciente estratégias de resolução de problemas para a construção significativa. Portanto, entende-se que a possibilidade de interação entre objetos reais e virtuais, que ocorre por meio da RA, pode oferecer ao usuário maiores informações sensíveis, facilitando a associação e a reflexão sobre a situação. Os sistemas de RA permitem que o usuário decida sobre os ambientes, compondo cenas com imagens de objetos tridimensionais geradas por computador misturadas com imagens reais, aumentando as informações do cenário e oferecendo condições para a imersão no ambiente criado [4]. Desta forma, a principal característica desses ambientes é que as informações do mundo real são utilizadas para criar um cenário incrementado com elementos gerados por computador [6].

3. INTERVENÇÕES EDUCACIONAIS COM RA

Três características são responsáveis por tornar as situações de intervenção educacionais interessantes: *curiosidade, fantasia e desafio*. Por meio dos ambientes de RA, é possível proporcionar ao aprendiz (usuário) situações lúdicas, tornando as atividades mais motivadoras [7].

Em ambientes de RA, o mundo real é “aumentado” com informações que não estão presentes na cena capturada, e o usuário passa ser um elemento participativo no cenário em que imagens reais são misturadas com virtuais para criar uma percepção aumentada [2]. Dessa forma, a interface deve ser entendida como um espaço de comunicação, um sistema semiótico, no qual os signos são usados para interação, possibilitando o acesso ao ambiente [8]. Assim, para garantir uma boa usabilidade, os fatores humanos devem ser respeitados. Isso remete à questão da diversidade dos usuários, suas características cognitivas, de personalidade, cultura, idade, comportamento, habilidades e necessidades especiais [9]. Entende-se que um ambiente educativo deve ser atrativo e, interessante, oferecendo, por meio de situações lúdicas e espontâneas, atividades que proporcionem o desenvolvimento cognitivo [3]. A RA enriquece o ambiente real com objetos virtuais, com base em tecnologias que permitem misturar o cenário real com virtuais. Com esse fator motivacional, a RA possibilita implementar ambientes que permitam a aplicação de estratégias diferenciadas para o desenvolvimento cognitivo [10]. O sistema de RA desta pesquisa consistiu-

se de três etapas: a) desenvolvimento tecnológico, b) aplicações educacionais e) teste de usabilidade do software desenvolvido.

4. TRABALHOS RELACIONADOS

Dentre os trabalhos analisados, verificou-se os que utilizam o ARToolKit¹ ou similar, buscando verificar a existência de alguma interface que proporcione interações com os objetos virtuais em tempo real e, que faça a distribuição em uma rede de computadores dessas interações realizadas e, ainda, que tenha uma “Camada” que possa ser re-utilizada, com muita facilidade, em outras aplicações de RA, independentemente de linguagem de programação ou de arquitetura de projeto e, por fim, buscou-se verificar as características que pudessem ser utilizadas como apoio pedagógico, ou seja, software com características educacionais. Para a construção desta análise verificou-se trabalhos em três vertentes: *Interfaces de RA, RV Distribuída e RA Distribuída*. Assim, buscou-se como metodologia analisar os seguintes itens:

- a) Quanto à distribuição de AVs em RA: Arquitetura de distribuição; Modelo de distribuição; Replicação; Distribuição; Camada de Comunicação.
- b) Quanto às interações em interfaces de RA: Existência de colisão; Marcadores com interação; Realização de transformações geométricas em tempo real de execução; Uso do teclado e mouse; Troca de objetos na cena em tempo real de execução; Uso de menus, E por fim, verifica-se o potencial do software para a utilização em sala de aula. Assim, destaca-se os trabalhos seguintes:

Os autores [12] relatam um sistema de entretenimento baseado em cubos interativos e tangíveis. O software possui fortes características educacionais, pois trabalha como se fosse um contador de histórias, sua primeira versão, basicamente é uma extensão do MagicBook [13], porém é acrescido de interações por meio de uma “pá” (em formato de um marcador) que permite a troca de objetos virtuais de um marcador para outro em uma cena e, ainda possui efeitos de sons. A segunda versão veio em forma de cubos interativos nos quais o usuário faz manuseio do cubo e, em cada extremidade existe uma história interativa.

Neste trabalho [14], ao relatar uma arquitetura para distribuição de ambientes virtuais multidisciplinares de ensino, os autores avaliaram diferentes arquiteturas de distribuição com o objetivo de identificar aquela que com mais eficiência permita que interações ocorridas em um ambiente alterem o comportamento de outros, mesmo que estes sejam relacionados a outras áreas do conhecimento.

¹ ARToolKit utiliza-se de técnicas de visão computacional para calcular o ponto de vista da câmera em relação a um marcador existente no mundo real [11].

Protótipos construídos sobre a plataforma escolhida para a distribuição, seguindo uma mesma metodologia (na qual os aspectos do modelo de dados foram alterados) e ainda, tendo a latência, escalabilidade e extensibilidade como parâmetros de comparação demonstraram qual a melhor abordagem para construção de ambientes virtuais multidisciplinares. Cada protótipo foi construído com base em algoritmos de distribuição que permitiram ao sistema funcionar corretamente em situações passíveis de erros. Ambientes Virtuais de Biologia (paisagem com plantas, água, luz e terra) e Química (membrana de uma folha) foram utilizados tendo o fenômeno da fotossíntese como estudo de caso e relação entre os dois ambientes. O sistema foi avaliado por professores e alunos e os resultados alcançados permitiram concluir que o protótipo é eficaz e aplicável.

Os autores [15] desenvolveram um software de RA que apresenta uma arquitetura para distribuição e colaboração de um espaço de trabalho tri-dimensional. Assim, o sistema permite que vários usuários possam compartilhar uma experiência qualquer em 3D, que por sua vez conta com várias aplicações, montando uma espécie de quebra-cabeças que é agrupado por vários monitores e outros sistemas de projeção, tais como capacetes e projeção em Realidade Aumentada.

Neste trabalho [16], os autores descrevem o desenvolvimento de um trabalho bastante interessante. Baseado no uso do software ARToolKit e, configurado para funcionar em rede por meio do uso de soquetes. Para isso, os autores relatam que o ARToolKit foi modificado para importar e exportar posições, permitindo a inserção de objetos virtuais em posições recebidas pela rede de computadores e, ainda, o envio das posições das placas marcadoras existentes no ambiente local para o ambiente remoto. Dessa forma, os autores destacam que inicialmente, os objetos virtuais que foram compartilhados, são cadastrados em todos os computadores de uma rede, enquanto cada local terá cadastrado suas placas marcadoras associadas aos objetos virtuais. Assim, quando um usuário insere sua placa marcadora no campo de visão da “webcam”, o objeto virtual associado aparece sobre a placa marcadora, de forma que ao move-se a placa, o objeto se move junto. Como a posição e a identificação da placa são exportadas para outros computadores, todos os computadores remotos recebem as informações e adicionam o mesmo objeto virtual na mesma posição, permitindo que os usuários enxerguem e manipulem seus objetos no mesmo ambiente.

5. ARQUITETURA DO SISTEMA

Novas tecnologias têm sido criadas para dar suporte ao desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual e Aumentada [17].

5.1. CORBA

O padrão CORBA é uma plataforma que permite às aplicações distribuídas (local ou mesmo na internet) comunicar entre si e trocar informações em uma rede de computadores.

Esta tecnologia subsidia a distribuição e é um dos principais componentes da arquitetura proposta para este trabalho.

5.2. VISIBROKER

Pode-se afirmar que existem muitas implementações CORBA disponíveis [14]. Para implementação desse sistema, foi utilizada a implementação CORBA da Borland^{TM2}. O produto CORBA é chamado visibroker, que é um ORB (*Object Request Broker*) desenvolvido pela INPRISE. Para a escolha deste tipo de implementação recorre-se à trabalhos que relatam e comparam as arquiteturas de distribuição, demonstrando o potencial da implementação do CORBA[14, 18].

5.3. ARTOOLKIT

O ARToolKit é um *toolkit* que viabiliza o desenvolvimento de interfaces de RA. Disponível gratuitamente no site do laboratório HITLAB³ da Universidade de Washington, o ARToolKit emprega métodos de visão computacional para detectar marcadores na imagem capturada por uma câmera. O rastreamento óptico do marcador permite o ajuste de posição e orientação para realizar a renderização do objeto virtual, de modo que esse objeto pareça estar “atrelado” ao marcador. O ARToolKit funciona por meio de suporte e integração com a biblioteca Gráfica OpenGL na renderização dos objetos virtuais e na criação da janela gráfica onde são visualizados os objetos virtuais da cena em RA e, ainda, trabalha com as premissas e funções do OpenGL quando da criação de interações, animações, transformações geométricas, iluminação e criação menus.

5.4. ARQUITETURA PARA DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA

O propósito desse tópico é a demonstração de uma arquitetura que permita a existência de n computadores capazes de hospedar m ambientes de RA, fazendo assim, a distribuição dos objetos virtuais visualizados e manipulados na cena. Ainda, destaca-se a implementação de uma interface que permita a interação de objetos virtuais na cena em tempo real. Dessa forma, propõe-se a arquitetura para distribuição do sistema de RA, conforme a Figura 1. O sistema proposto neste trabalho (*RA Distribuída*) é composto pelos seguintes módulos:

- **Interface de Realidade Aumentada:** A interface propicia a manipulação dos parâmetros interativos que são distribuídos e, também a visualização dos objetos distribuídos que podem ser manipulados por outros usuários.

- **Servidor:** O servidor da aplicação recebe dos clientes e distribui na rede de computadores as informações acerca dos objetos que são tratados e visualizados nos marcadores em todas as interfaces de Realidade Aumentada

² <http://info.borland.com.br>

³ Laboratório de Tecnologia em Interface Humana.

localizadas em uma rede de computadores. Esse servidor é independente da interface de Realidade Aumentada, sendo inicializado automaticamente no computador do primeiro cliente que for ativado.

- **Clientes:** Para cada interface RA têm-se um Cliente de Comunicação. Esse cliente faz parte da camada de Realidade Aumentada Distribuída.

- **ARToolKit:** *Toolkit* de código aberto para criação de ambientes de Realidade Aumentada, neste caso o produto de sua compilação é a interface de RA.

- **Camada de Comunicação:** Junção das implementações feitas no ARToolKit e nos Clientes de Distribuição, onde é feita a passagem dos parâmetros para distribuição da interface de Realidade Aumentada para os Clientes de Distribuição e vice-versa.

A Figura 1 ilustra a existência de n computadores, sendo que cada computador pode hospedar apenas um único ambiente virtual de RA e sempre haverá uma aplicação servidora que proverá serviços para os clientes. Cada objeto “RA Distribuída” possui uma interface de RA, uma Camada de Comunicação e um Cliente de Distribuição. A interface RA possui um ambiente baseado na *fisiologia vegetal*⁴, já o Cliente de Comunicação trabalha diretamente com a distribuição.

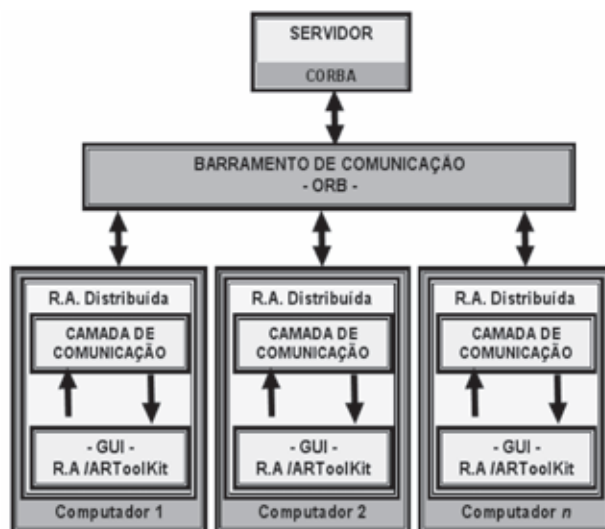


Figura 1: Arquitetura proposta para a distribuição do sistema.

Resumidamente, verifica-se que:

Cada interface de RA pode ser executado separadamente e possui interações dentro do próprio ambiente. A distribuição ocorre quando uma interação feita por meio da oclusão for disparada. Os objetos virtuais foram modelados em VRML e carregados no ARToolKit, onde são transformados em uma matriz de pontos e vértices OpenGL.

Por meio da integração das implementações realizadas no ARToolKit e na plataforma de distribuição CORBA, criou-se uma **Camada de Comunicação**. O usuário interage com um ambiente virtual em RA de tal forma que as informações capturadas pela interface de RA são repassadas para a Camada de Comunicação. Desta forma, a aplicação-cliente fica lendo a Camada de Comunicação, verificando o que está sendo posicionado e, assim, fica enviando as informações para a aplicação-servidora que, por sua vez disponibiliza a informação para todas as outras aplicações-clientes.

Quando iniciada, a aplicação-cliente localiza na rede de computadores uma aplicação-servidora com a ajuda do Visibroker (implementação CORBA), que responderá à requisição da aplicação-cliente. As informações de cada aplicação estarão armazenadas sempre em um objeto-servidor. Porém, cada cliente armazena informações sobre sua atual situação. Dentro do contexto da implementação CORBA, é importante deixar claro que neste caso, não foi implementado nenhum algoritmo com aspecto de tolerância à falhas, ou seja, caso o servidor venha a parar de funcionar, a aplicação de RA continua a funcionar, porém os parâmetros de distribuição são interrompidos por uma falha de falta de servidor ativo para os clientes.

5.5. PIPELINE DA INTERFACE DO SISTEMA

De acordo com a Figura 2, ilustra-se o funcionamento do Pipeline⁵ de funcionamento do algoritmo apresentado neste artigo e adaptado à arquitetura do ARToolKit, onde pode-se relatar:

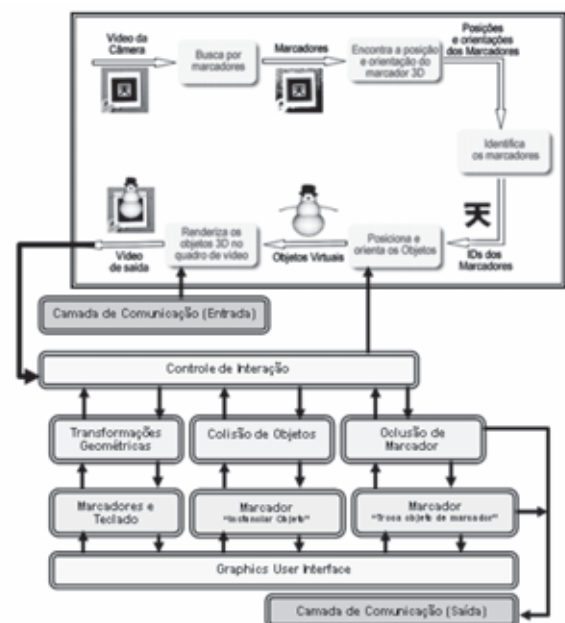


Figura 2: Diagrama da interface adaptada à Arquitetura do ARToolKit

⁴ A fisiologia vegetal estuda os fenômenos vitais que concerne às plantas.

⁵ Pipeline: conjunto de processos encadeados por meio das suas saídas padrões, de forma que a saída de um processo é utilizada como entrada do processo seguinte.

Camada de Comunicação: Essa camada recebe parâmetros do Cliente de Distribuição, que por sua vez, recebe os parâmetros do Servidor de Distribuição. Então estes parâmetros são lidos pela interface de RA (ARToolKit) e, de acordo com o parâmetro é então feita a visualização do objeto virtual na cena para todos os clientes e interfaces RA que tenham o marcador de referência do objeto.

Controle de Interação: O controle realizado nas interações da interface de RA é feito por meio de várias técnicas que se permite obter um ambiente com um nível satisfatório de interatividade. Assim, pode-se destacar as interações na interface do sistema proposto: a) Transformações geométricas: o sistema realiza em tempo de execução, todas as transformações geométricas. b) Colisão de objetos virtuais: o sistema realiza a colisão de objetos virtuais, esses objetos estão dispostos na interface em forma de menus suspensos, onde o usuário ao colidir o marcador em qualquer um dos objetos disponíveis, faz a sua captura, ou seja, o objeto virtual que está sendo visualizado na tela é instanciado para o marcador que realizou a colisão. c) Oclusão de marcadores: ao realizar o item “b” deste parágrafo, o objeto virtual com seu respectivo marcador ao ser posicionado à frente de um outro marcador, onde o sistema de RA verifica se o marcador que esta sendo sobreposto está ocluído ou não, caso a oclusão tenha ocorrido, o marcador que foi ocluído recebe o objeto virtual do marcador que realizou a oclusão.

Graphics User Interface (GUI): Este bloco permite ao usuário visualizar graficamente, de modo interativo e em tempo real, a entrada de dados e a saída de informações. A GUI exibe então o cenário, apresentando os ambientes virtuais em RA, em uma janela gráfica por meio de dispositivo de captura de vídeo e saída no monitor. Essa interface gráfica com o usuário permite realizar interações em tempo real. Essas interações ocorrem por meio das transformações geométricas, troca de objetos virtuais na cena, colisão de objetos virtuais e oclusão de marcadores.

6. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

Os objetos virtuais visualizados no sistema de RA são baseados nos conceitos da *fisiologia vegetal*. Dessa forma, com a concepção de objetos virtuais baseados em uma área do conhecimento específica, neste caso a biologia, pode ilustrar o potencial que este protótipo possui para a aplicação em áreas educacionais. Nesse sentido, o presente protótipo possui sete objetos virtuais, porém é válido ressaltar que podem ser acrescentados uma quantidade maior de objetos virtuais. Esses objetos foram modelados com a ferramenta 3D Studio Max. Esta ferramenta possui um alto poder de produtividade, onde o usuário não fica preso a implementações com linha de código. Ao término da modelagem, os objetos virtuais foram exportados para o formato “.wrl” do VRML. A exportação dos objetos é necessária, pois este formato é suportado pelo ARToolKit em sua versão 2.52.

6.1. IMPLEMENTAÇÃO DAS INTERAÇÕES DE INTERFACE NO AMBIENTE VIRTUAL DE RA

Para a implementação das interações realizadas por meio de marcadores tornou-se necessário a criação de menus na interface de RA, esses menus de interações ficam visíveis na cena gráfica da aplicação sem a utilização de marcadores. A Figura 3 ilustra os objetos virtuais e seus respectivos menus.

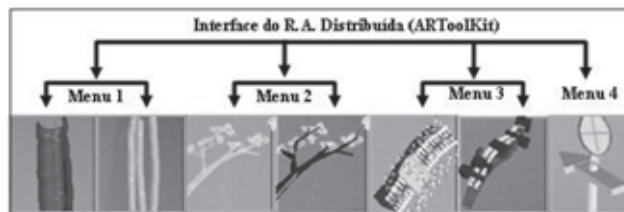


Figura 3: Esquema dos menus interativos e seus objetos virtuais.

Os menus interativos de um a três podem conter n objetos, porém para a implementação deste *software*, optou-se por dois objetos por menu. Já o menu interativo de número quatro funciona como um painel de controle para a realização das transformações geométricas por meio de marcadores. A Figura 4 ilustra a relação. Desta forma, dentro da função *mainLoop* na implementação do ARToolKit “pede-se” para visualizar os objetos na cena gráfica do vídeo. Para proporcionar a opção de dois objetos virtuais por menu, trabalha-se com estruturas de condição. É importante ressaltar que todos os objetos virtuais relacionados devem estar previamente cadastrados. Desta forma, ao incorporar os objetos virtuais, o ARToolKit por meio das bibliotecas *libvrm197gl.lib* e *libARvrm1.lib* cria na função *arVrm197Draw* uma lista de objetos virtuais do tipo VRML e, assim, por meio dessa lista de objetos virtuais pode-se criar várias possibilidades de interatividade.

Para a implementação da opção de troca de objeto virtual por menu, necessitou-se utilizar as propriedades da biblioteca *glut32.lib* para criação de um menu suspenso. (menu do Windows). Assim, a Figura 5 ilustra o menu suspenso.

A implementação das interações por meio de marcadores é feita através da colisão de objetos virtuais com o *menu de interação quatro* (menu 04). Assim, nesse sentido, tem-se um marcador para cada transformada geométrica. A colisão trabalhada aqui se trata de uma colisão por aproximação, onde verifica-se a posição do objeto virtual visualizado na cena gráfica e, ao aproximar-se de um valor determinado efetua-se uma função qualquer. A cena gráfica o ARToolKit foi mapeada, assim, quando tem-se um objeto virtual que, neste caso fica invisível, atrelado a um marcador que estiver entre dois valores no eixo “X” e dois valores no eixo “Y”, tem-se efetuada uma colisão aproximada.

Entende-se que, ao verificar tal condição, pode-se implementar qualquer tipo de ação e, neste caso, foi implementado funções para realização de transformações geométricas (escala, translação e rotação).

Para interação com os menus da interface de RA, trabalha-se com apenas um marcador para interagir com todos os três menus. O marcador em formato de uma “*pá*” ao fazer a colisão com algum objeto virtual que esteja entre dois valores no eixo “*X*” e dois valores no eixo “*Y*”, faz a captura do objeto virtual, ou seja, cria uma instância do objeto que está sendo visualizado na cena gráfica no marcador “*pá*” que fez a colisão.



Figura 4: Relação de objetos virtuais por menu interativo.



Figura 5: Menu suspenso na Interface de R.A.

Ainda, nesta parte da implementação são gravados alguns parâmetros para a distribuição dos objetos virtuais, desta forma, ao se verificar a colisão de algum objeto, os parâmetros do mesmo são gravados em uma variável. Mas adiante, o parâmetro desta variável será distribuído para todas as outras interfaces de RA disponíveis em uma rede de computadores. É importante ressaltar que existem apenas três menus de interação, porém são seis objetos virtuais para serem visualizados, ou seja, são seis objetos virtuais que podem sofrer colisão do marcador “*pá*”. Neste aspecto, utilizou-se de estruturas de condição para verificar qual objeto virtual está sendo visualizado no momento da colisão do marcador “*pá*”.

Para implementação da distribuição foi necessário criar uma camada para gravação e leitura dos parâmetros dos objetos virtuais que devem ser distribuídos na rede. Essa camada foi chamada de **Camada de Comunicação** e é composta de dois módulos. Um dos módulos é chamado de “*saída*”, este módulo possui duas funcionalidades: para a interface de RA é um módulo de leitura, já para a interface de distribuição, é um módulo de gravação. O outro módulo criado é chamado de “*entrada*”, este módulo também possui duas funcionalidades: para a interface de RA é um módulo de gravação, já para a interface de comunicação, é um módulo de leitura.

Assim, tanto o código de implementação do módulo “*saída*”, quando o código do módulo “*entrada*” devem estar dentro da função “*argmainLoop*” implementado no ARToolKit. Para o objeto virtual escolhido ser gravado na **Camada de Comunicação**, o evento de oclusão de marcadores deve ocorrer. Esse evento ocorre quando um marcador já previamente cadastrado no sistema de RA é ocluído. Para este protótipo foi cadastrado no sistema **RA Distribuída** o marcador **hiro**. Desta forma, quando o marcador **hiro** for ocluído pelo marcador “*pá*” uma instância do objeto que está anexado ao marcador “*pá*” será criada no marcador **hiro**. E, ainda, é disparado um evento para gravação na **Camada de Comunicação** do parâmetro referente ao objeto instanciado, assim o mesmo será visualizado por todos os clientes RA de uma rede de computadores.

6.2. IMPLEMENTAÇÃO DA ARQUITETURA DE COMUNICAÇÃO

Na implementação da distribuição e comunicação entre os AVs de RA foi usado um ambiente de programação com suporte ao Visibroker 4.1. A Figura 6 ilustra o diagrama de blocos da plataforma CORBA 2.0. A parte comum para cliente e servidor é o ORB. O ORB trata de toda comunicação entre os objetos. Além de cuidar de todo o tráfego de mensagens, o ORB também corrige variações de plataforma.

De acordo com a Figura 6, o lado do cliente consiste em duas camadas. O bloco cliente é a aplicação que foi escrita pelo desenvolvedor. A parte mais interessante é o *stub*. O *stub* é um arquivo gerado automaticamente pelo compilador de IDL. Sua finalidade é apanhar arquivos que descrevem as interfaces do servidor e gerar código que possa interagir com o ORB da plataforma CORBA 2.0. O arquivo de *stub* contém uma ou mais classes que “espelham” o servidor CORBA 2.0. As classes contêm as mesmas interfaces publicadas e tipos de dados que são expostos pelo servidor. O cliente usa classes *stub* a fim de se comunicar com o servidor. As classes *stub* atuam como um *proxy* para os objetos servidores. O símbolo arredondado no bloco de *stub* representa uma conexão com o servidor. A conexão é estabelecida por meio de uma chamada de ligação emitida pelo cliente. O *stub* invoca a chamada, por meio de sua referência ao objeto servidor, usando o ORB. Quando o servidor responde, a classe *stub* recebe a mensagem do ORB e entrega a resposta de volta ao cliente. O cliente também pode chamar algumas funções no ORB.

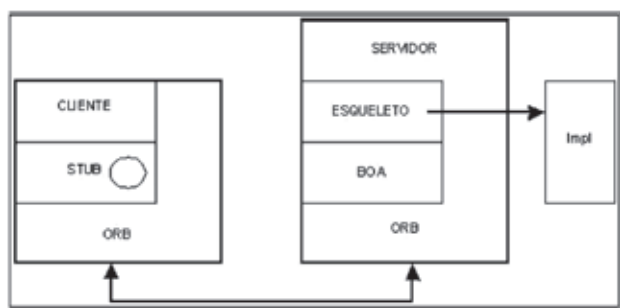


Figura 6: Plataforma para distribuição CORBA.

O lado servidor contém uma interface ORB chamada de adaptador básico de objetos (*Basic Object Adaptor – BOA*). O BOA é responsável por “rotear” as mensagens do ORB para a interface de esqueleto. O esqueleto é uma classe gerada pelo compilador IDL, assim como o *stub*. O esqueleto contém uma ou mais classes que publicam as interfaces CORBA no lado do servidor. Existe outro arquivo, que contém as classes que representam os detalhes funcionais do servidor. Este é conhecido como arquivo IMPL (implementação). Quando uma mensagem chega ao lado do servidor, o ORB passa um *buffer* de mensagem ao BOA, que, por sua vez, passa o *buffer* à classe do esqueleto. O esqueleto desembrulha os dados do *buffer* e determina qual método deve ser chamado no arquivo IMPL. O esqueleto apanha os resultados de retorno e os conduz de volta ao cliente.

Como existe apenas um tipo de ambiente virtual e, neste se faz necessário distribuir por meio de replicação ou particionamento, assim, a metodologia aplicada resume-se em implementar as duas partes (cliente e servidor), sendo que a aplicação-cliente fica junto com a aplicação do ambiente virtual de Realidade Aumentada, e o servidor ficaria responsável por controlar os clientes e as informações dos mesmos. A primeira aplicação iniciada na rede sempre faz a requisição de um servidor. Outras aplicações iniciadas usam o mesmo servidor. Para este protótipo, a implementação está dividida em duas fases: a) criação de uma interface para o objeto, pois todo objeto CORBA é descrito por sua interface; b) a segunda fase consiste em escrever o código respectivo a cada método declarado na interface. A aplicação servidora necessita publicar declarações de tipo, interfaces e métodos específicos num projeto puramente orientado a objeto. Esta descrição de interface foi escrita na linguagem de Definição de Interface (IDL – *Interface Definition Language*) e traduzida para a linguagem específica, por meio de um compilador (termo mais apropriado seria gerador de código).

A idéia principal do protótipo de distribuição deste trabalho é usar um servidor para armazenar as informações de seus clientes. Porém, a abordagem (protótipo) desenvolvida possui uma característica específica. A aplicação de distribuição não está anexada na aplicação de interface de RA, possuindo uma **Camada de Comunicação** entre as aplicações. Desta forma, os parâmetros para distribuição são gravados na camada de comunicação pela interface de RA e, assim, a aplicação-cliente fica lendo essas informações que são enviadas para a aplicação-servidora

que, por sua vez faz a distribuição para todas as outras aplicações-clientes ativas em uma rede de computadores. Desta forma, cada computador da rede possui uma aplicação-cliente para a distribuição, uma interface de RA e uma Camada de Comunicação para gravar e ler os objetos virtuais que deverão ser visualizados na cena gráfica. É importante elucidar que a estrutura de comunicação da arquitetura de distribuição desse trabalho, foi construída automaticamente por um *toolkit* para implementações CORBA 2.0. Essa estrutura criada, é baseada em uma IDL e, ainda, a comunicação é proporcionada pelo ORB Visibroker da Borland. Desta forma, implementou-se apenas as passagens de fluxo, os tratamentos de erros e regras gerais necessárias para funcionamento desta aplicação.

7. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA E ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso abrange os aspectos da *fisiologia vegetal*, uma das contribuições está na construção de uma aplicação distribuída de RA com interface interativa com forte apelo pedagógico. Entende-se que o estudo de caso contribui para ilustrar a possibilidade da utilização do software no processo de ensino/aprendizagem.

7.1. FISILOGIA VEGETAL

Fisiologia Vegetal é a ciência que se propõe a explicar todos os processos da vida por meio de princípios da física e da química [19]. Isso quer dizer que o objetivo básico da fisiologia vegetal é tentar explicar qualquer processo que se realiza na planta em bases físicas e químicas. A fisiologia vegetal é realmente o estudo da planta em trabalho [20]. Um dos objetivos básicos é a determinação da natureza química precisa de todos os materiais encontrados na planta e o caminho que ela segue para obtê-los ou fazê-los. Isso é a bioquímica da planta. O outro objetivo é o conhecimento de toda espécie de trabalho feito pela planta (mecânico, químico, osmótico, elétrico) e a natureza da energia envolvida. Isso é a biofísica da planta. Mesmo a bioquímica da planta sempre envolve mudanças energéticas. Assim, o denominador comum de todos os aspectos da fisiologia da planta é o trabalho e a energia [20]

7.2 TRANSPORTE DE SOLUTOS

O sistema de condução de materiais pelos corpos dos seres vivos deve garantir a distribuição de nutrientes e retirada de substâncias tóxicas das células dos tecidos de todo o organismo [20]. Nos vegetais a condução de solutos (*Seiva*), isto é, soluções salinas e soluções açucaradas, é realizada por meio dos sistemas de vasos, que se distribuem ao longo do corpo das plantas. A Figura 7 ilustra os vasos que realizam a distribuição dos solutos.

A distribuição de seiva bruta ou inorgânica (água e sais minerais) é realizada pelos vasos de xilema ou lenho. A distribuição de seiva elaborada ou orgânica (água e açúcares) é realizada pelos vasos de floema ou líber. Desta forma, o presente estudo de caso, aborda no *software* de Realidade Aumentada, o transporte de solutos pelos vasos de xilema ou lenho [19].

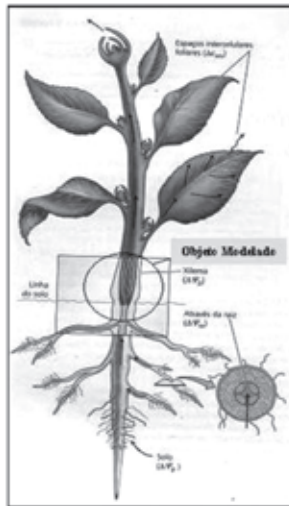


Figura 7: Vasos para transporte de Seiva [20].

7.3. CAMADA DE DISTRIBUIÇÃO

Na inicialização do cliente, caso não haja servidor ativo, o primeiro cliente a ser inicializado deverá chamar a aplicação servidora, assim a aplicação servidora pode estar em qualquer computador de uma rede compartilhada e, ainda, ela não está vinculada a nenhuma interface de RA. Não há nenhuma interfaceamento com a aplicação servidora, pois a mesma funciona apenas distribuindo as informações recebidas dos clientes. Já a aplicação cliente, recebe as informações enviadas pelo servidor e grava em uma **Camada de Comunicação** para que a interface de RA leia essas informações e faça a visualização do objeto virtual na cena gráfica. Por outro lado, a aplicação cliente também fica lendo as informações gravadas na **Camada de Comunicação** pela interface de Realidade Aumentada.

Desta forma, o software **RA Distribuída** é composto por três camadas: uma interface de RA, uma Camada de Comunicação e uma Camada de Distribuição. Assim a camada de interface realizada a visualização dos objetos virtuais na cena gráfica por meio do ARToolKit; a Camada de Comunicação faz a comunicação entre a interface de RA e a Camada de Distribuição e, por fim; a Camada de Distribuição funciona como uma arquitetura baseada em Cliente/Servidor que faz a distribuição dos objetos virtuais informados pela interface de RA. Desta forma, a Figura 8 ilustra a aplicação de distribuição cliente.

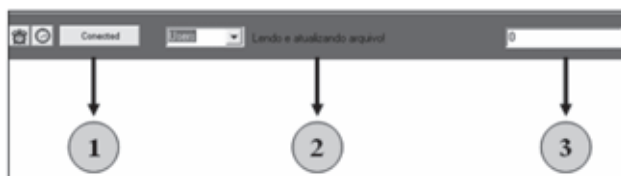


Figura 8: Interface da aplicação de distribuição – Cliente.

Onde: (1) Mostra para o usuário se a aplicação está conectada, ou não, retorna dois valores: conectado ou desconectado; (2) Mostra informações sobre a leitura e

gravação na Camada de Comunicação, caso haja algum erro na leitura, o tipo de erro é informado; (3) Mostra qual objeto está sendo lido e enviado para a aplicação de interface de RA visualizar na cena gráfica. Desta forma, a Camada de Comunicação resume-se a dois módulos, de entrada e de saída de informações para as aplicações distribuídas e para a interface de RA.

7.4. INTERFACE DE REALIDADE AUMENTADA

A aplicação de interface de RA possui três menus visualizados na cena gráfica (sem a utilização de marcadores), cada um desses menus pode, nesta aplicação, possuir dois objetos virtuais. A Figura 9 ilustra a interface de Realidade Aumentada.



Figura 9: Interface da aplicação de Realidade Aumentada.

Onde: (1) Primeiro Menu: possui dois objetos virtuais, um tronco cortado com vasos de transporte de solutos no seu interior e, um objeto ilustrando apenas os vasos de transporte; (2) Segundo Menu: possui dois objetos virtuais, um galho transparente com os vasos de transporte de solutos no seu interior e, um galho sem os vasos e também sem transparência; (3) Terceiro Menu: possui um estroma com detalhamento do processo da fotossíntese e da evaporação de água no processo de transporte de solutos e, um estroma sem detalhamento; (4) Quarto Menu: possui interatividade por meio das transformações geométricas, trabalhando com colisão de marcadores. Para tanto, têm-se um marcador para cada transformada geométrica; (5) Menu Suspensão: possui as rotinas para trocar o objeto virtual de qualquer um dos três menus visualizados na cena gráfica em tempo real; (6) Objeto virtual tronco cortado sobreposto sobre a árvore real: esse tronco cortado ilustra o transporte de seiva (solutos) no interior de uma árvore. Esse transporte de solutos é baseado no estudo de caso apresentado nos itens fisiologia vegetal e transporte de solutos descritos neste artigo; (7) Camada de Distribuição da Aplicação.

Desta forma, com a utilização de um marcador, pode-se instanciar qualquer um dos seis objetos virtuais contidos

nos três menus e pode-se adicionar esses objetos a um outro marcador qualquer. Assim, ao se instanciar um objeto virtual de um marcador para o outro, é disparado um comando que faz a gravação do objeto em uma **Camada de Comunicação**. Por outro lado, a Camada de Distribuição faz a leitura da camada de comunicação e envia para o servidor as informações lidas. O servidor por sua vez, faz a distribuição para todos os clientes ativos na rede de computadores, esses clientes fazem a leitura ao receber as informações do servidor e gravam-nas na camada de comunicação. Desta forma, a interface de Realidade Aumentada também faz a leitura da camada de comunicação e faz a visualização do objeto virtual na cena gráfica. Assim, a Figura 10 ilustra a ação que faz a instancia de um objeto virtual no menu interativo.



Figura 10: Interação: “pegando” objeto virtual no menu Interativo.

Como ilustrado na Figura 10, ao se instanciar um objeto virtual em um dos três menus interativos, o parâmetro de referência do objeto virtual é gravado na camada de comunicação e, automaticamente a Camada de Distribuição faz a leitura dos parâmetros gravados e, informa para o usuário qual objeto virtual está sendo lido. Observe na Figura 10, o parâmetro do objeto virtual selecionado é o “quatro”. Para a distribuição, os clientes devem estar com o marcador padrão de distribuição disposto na imagem capturada pelo sistema de Realidade Aumentada. Assim, ao identificar o marcador padrão, já previamente cadastrado e, também identificar que existe um objeto virtual para ser visualizado, automaticamente o objeto virtual é mostrado pela interface de Realidade Aumentada sobre o marcador. As Figuras 11a e 11b ilustra a relação. Desta forma, a Figura 11a ilustra a visualização da árvore real com o objeto virtual “tronco cortado” por meio de uma webcam (**web1**), em um computador conectado à uma rede (**pc1**), estes equipamentos possuem um ponto de vista específico da árvore real.

Por outro lado, a Figura 11b faz a visualização por meio de uma outra webcam (**web2**) e, também por outro computador (**pc2**) conectado na mesma rede, estes equipamentos possuem um ponto de vista diferente dos especificados pelo primeiro computador (**pc1**) e webcam

(**web1**). Assim, a **web1** conectada no **pc1** faz a captura da cena e a interface de Realidade Aumentada desta aplicação **RA Distribuída** faz a visualização do objeto virtual tronco cortado no marcador que está posicionado na árvore real.



Figura 11a: Início da distribuição (pc1 com web1).

Assim, a **web2** conectada no **pc2** que possui uma visão diferente da árvore real e, que está funcionando com uma cópia da aplicação **RA Distribuída**, recebe o parâmetro de distribuição e visualiza o objeto recebido na cena gráfica por meio do marcador padrão que está posicionado na árvore. Sabe-se que este objeto virtual foi selecionado pelo usuário do **pc1**. Assim, todos os Clientes **RA Distribuída** que estiverem ativos na rede, e que estiverem capturando em sua interface de Realidade Aumentada o marcador padrão cadastrado, deverão realizar a visualização do objeto virtual selecionado pelo **pc1**. A Figura 11c ilustra uma terceira aplicação funcionando. Esta terceira aplicação não está apontando para uma árvore, porém está visualizando o objeto virtual por meio do marcador padrão definido para esta aplicação.

A interface de Realidade Aumentada também permite a realização de transformações geométricas dos objetos virtuais selecionados na cena gráfica. As transformadas geométricas podem ser realizadas por meio de teclado, ou ainda por meio do menu interativo utilizando-se para isso marcadores previamente cadastrados. Para a utilização do menu interativo, deve-se possuir um marcador para cada transformada geométrica. A Figura 12 ilustra a utilização dos marcadores para realização das transformações geométricas para aumentar a escala do objeto virtual.



Figura 12: Aumentando a escala dos objetos virtuais com a utilização de marcador.



Figura 11b: Distribuição do objeto virtual na árvore com outro visão (pc2 com web2).



Figura 11c: Distribuição do objeto virtual (pc3 com web3).

7.5. DISTRIBUIÇÃO DA INFORMAÇÃO

Qualquer que seja a atividade ou fenômeno simulado nos ambientes virtuais, sejam eles de Realidade Virtual sejam eles de Realidade Aumentada, os mesmos acontecem apenas sequencialmente. Ou seja, não é possível, por exemplo, iniciar o dois processos ao mesmo tempo [14].

Assim, portanto, para cada tipo de interação em cada ambiente é associado um parâmetro que possui valor que varia de “zero” a “seis” de acordo com cada objeto virtual a ser visualizado e distribuído. Sempre que um ambiente é iniciado na rede, o mesmo procura por um servidor. Caso não o encontre, o ambiente começa a interagir com o usuário a partir do parâmetro zero, ou seja, não há nenhum objeto virtual para ser distribuído na rede de computadores. Desta forma, a responsabilidade do armazenamento destes parâmetros é do primeiro trio (interface de Realidade Aumentada, Camada de Comunicação e Camada de Distribuição) de aplicações que for iniciado. A arquitetura proposta para este trabalho suporta a comunicação de n ambientes que se comunicam ou interagem com m ambientes iguais. Diante disso, após a ativação do primeiro trio de aplicações, sempre que houver outra ativação, a aplicação irá iniciar com parâmetros de visualização de acordo

com o valor armazenado no servidor. Sempre que houver alguma interação, o valor do parâmetro do ambiente será modificado e enviado ao servidor, que distribui esta informação para todas as aplicações *RA Distribuída*.

Além do parâmetro inicial, valor zero, os ambientes possuem os possíveis parâmetros: **Parâmetro 1:** objeto virtual vasos de condução de solutos; **Parâmetro 2:** objeto virtual galho transparente com visualização interna dos vasos de transporte de solutos; **Parâmetro 3:** objeto virtual estroma detalhado com a representação do fluxo de água pela aguaporria; **Parâmetro 4:** objeto virtual tronco cortado com os vasos de transporte de solutos internamente; **Parâmetro 5:** objeto virtual galho sem transparência para visualização e complemento da árvore real; **Parâmetro 6:** objeto virtual estroma simples sem detalhes de representação do fluxo de água, apenas para visualização do formato de um estroma.

8. AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Para a avaliação e validação da aplicação *RA Distribuída* foi elaborado, com base em preceitos da ISONORM 9241-10 Usability [21] um questionário em forma de um *checklist* onde os usuários puderam informar suas opiniões. Este questionário teve por objetivo verificar questões sobre usabilidade do sistema desenvolvido e, ainda quando da concepção do questionário utilizou-se conceitos pedagógicos e, de software educacional [22]. Assim, o questionário foi aplicado a uma amostra de 80 indivíduos em potencial. Foram escolhidos aleatoriamente alunos e professores do curso de informática de uma Instituição de Ensino Superior da cidade de Itumbiara - Goiás. Ainda, foram abordados pedagogos do curso de Pedagogia e, também professores do curso de Biologia. Assim, a amostra compõe-se de: 10 professores pedagogos, 10 professores biólogos, 10 professores do curso de informática e 50 alunos dos cursos de informática. Todos foram submetidos ao software e responderam ao mesmo questionário. Desta forma, o questionário foi dividido em quatorze questões que abrangem aspectos tecnológicos, pedagógicos, de usabilidade e de conteúdo específico proposto no estudo de caso deste artigo. Neste sentido, descreve-se os resultados relativos as questões pedagógicas.

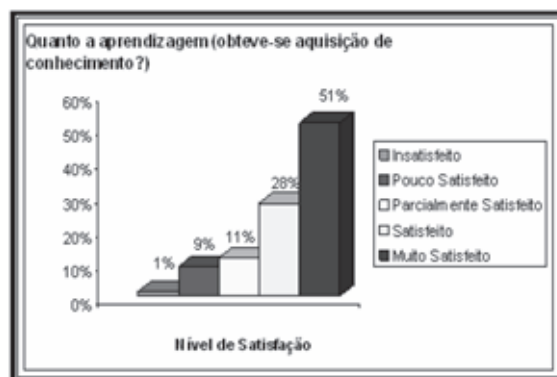


Figura 13: Gráfico: Quanto a aprendizagem.

Em relação ao gráfico da Figura 13 alguns comentários relatam que o estudo de caso está contemplado. Porém os profissionais da biologia entenderam ser necessário um melhor detalhamento dos objetos virtuais e, ainda, uma interface que possua mais informações sobre os objetos virtuais visualizados em cena.

No gráfico da Figura 14 os professores do curso de pedagogia relataram que é boa a relação entre o que é proposto, e o que o software realiza, porém, ainda há a necessidade de melhorias nas questões de implementação para ser aplicado à educação.



Figura 14: Gráfico: Quanto a concepção da experiência.

No gráfico da Figura 15, a maioria dos usuários sentiram-se satisfeitos com a distribuição realizada pelo software e, realmente entenderam o propósito da aplicação. Desta forma, entende-se que por meio destes questionários, é possível afirmar que o software **RA Distribuída** apresentado neste trabalho é viável e, que pode ser utilizado em aplicações educacionais de forma geral, porém, de acordo com os pedagogos, cabe uma análise mais aprofundada das questões pedagógicas/educacionais.



Figura 15: Gráfico: Quanto a colaboração entre usuários.

9. CONCLUSÕES

Durante esta pesquisa, constatou-se que existem diversos ambientes virtuais distribuídos. Porém, a maioria

desses ambientes apresenta foco na distribuição e comunicação de réplicas e, ainda, a maioria dos ambientes é em Realidade Virtual. Ainda, um fator de grande relevância observado é a falta de flexibilidade dos objetos virtuais em relação à sua interface e em relação a distribuição destes objetos. Desta forma, este trabalho apresenta um sistema com grande vocação educacional que usa RA de forma distribuída permitindo que vários usuários manipulem ao mesmo tempo objetos virtuais dentro de cenários reais capturados por câmeras de vídeo. Sendo assim, foi apresentada uma arquitetura para o sistema proposto e implementado um estudo de caso que apresenta o processo de transporte de solutos (seiva). Para tal, foram criadas três camadas de software para proporcionar um único ambiente de RA Distribuída.

Desta forma, a Camada de Comunicação é baseada em módulos e faz apenas a comunicação entre a camada de interface em RA e a Camada de Distribuição. Como conclusões da implementação da arquitetura, pode-se citar que: - A plataforma CORBA se mostrou capaz de atender os requisitos para distribuição de ambientes de Realidade Aumentada; - A interface de RA implementada proporciona um bom nível de interatividade e, possibilita a distribuição de objetos virtuais.

9.1. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Uma das contribuições deste estudo refere-se à construção de uma arquitetura para desenvolvimento de um AVD de RA, que seja compatível com a metodologia proposta. Esta contribuição pode ser melhor detalhada pelos tópicos que estão ordenados de acordo com a evolução do estudo:

- 1 - No levantamento efetuado no decorrer deste trabalho, verificou-se que, até o momento da elaboração deste artigo, poucos AVD's era propriamente dito uma distribuição de AVs de RA por meio da arquitetura CORBA 2.0.
- 2 - Este trabalho veio ressaltar outros estudos realizados, em relação a eficácia dos ambientes de RA Distribuída na criação de ferramentas educacionais.
- 3 - O protótipo de interface interativa de RA construído também representa uma contribuição, podendo ser utilizados principalmente como ferramenta de ensino.
- 4 - Outra contribuição resulta da construção de uma aplicação que pode ser re-utilizada para distribuir qualquer tipo de AV, seja RV ou RA., desde que se utilize os mesmos parâmetros e metodologias utilizadas para a construção deste protótipo. Assim, sem muito esforço computacional e, sem alteração do código da camada de distribuição, pode-se utilizar a **Camada de Comunicação** por meio do ARToolKit ou de outro software de RA para distribuir objetos virtuais em uma rede de computadores, bastando para isso, implementar apenas as rotinas para gravação e leitura dos parâmetros de distribuição na camada de comunicação.

Desta forma, percebe-se que não há diferenças na distribuição entre ambientes de RV e RA. Entende-se e constata-se por meio desta pesquisa que a diferença básica está na implementação das interfaces de RA e RV, pois o que é distribuído são passagens de parâmetros. Neste contexto, uma implementação de interface bem feita, resulta em um ambiente virtual muito mais interativo. Assim, essas interatividades podem ser distribuídas em uma rede de computadores em forma de parâmetros. Esses parâmetros podem referir-se a objetos virtuais, transformações geométricas ou a qualquer outro aspecto relacionado aos ambientes virtuais. Desta forma, a distribuição de ambientes virtuais de RA, quando trabalhada corretamente, com todas as requisições e restrições de usuários para inserção e manipulação de objetos virtuais na cena, pode proporcionar um ambiente altamente interativo e colaborativo. Assim, entende-se que uma outra contribuição deste trabalho é a junção de um Pipeline de interações da interface de RA com a Arquitetura de Distribuição feita por meio de uma Camada de Distribuição. Assim, pode-se proporcionar um ambiente virtual de RA Distribuída, onde as camadas de interface de RA e a Aplicação de Distribuição são conectadas por uma Camada de Comunicação facilitadora para aplicações educacionais. Pode-se dizer que a Realidade Virtual está começando a mudar a educação. Isso porque, apesar das barreiras tecnológicas, a utilização da Realidade Virtual pode causar reações de curiosidade e empatia pelas possibilidades que representa, podendo ser associada à fantasia e a imaginação, revolucionando os conceitos tradicionais de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Tori, C. Kirner, R. Siscoutto. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: SBC, 2006.
- [2] R. Azuma, at al. Recent Advances in Augmented Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, November/December 2001, vol. 21, p. 34-37.
- [3] P. Lévy. O que é virtual?, Tradução de Paulo Neves, São Paulo: Ed. 34, 1999.
- [4] M. Billinghurst. Augmented Reality in Education. New Horizons for Learning. fevereiro de 2005. Disponível em: <<http://www.newhorizons.org>> .Acesso em: 10 fevereiro de 2008.
- [5] J. A. Valente. Aprendendo para a vida: o uso da informática na educação especial. In J. A. Valente. Aprendendo para a vida: os computadores na sala de aula. São Paulo. Cortez Editora, p.29-42, 2001
- [6] C. A. Dainese, T. R. Garbin, e C. Kirner. Sistema de Realidade aumentada para o Desenvolvimento da Criança Surda, In: VI Symposium on Virtual Reality:, 2003. Ribeirão Preto - SP. SBC, 2003. p.273-281
- [7] R.S. Kalawsky. Exploring Virtual Reality Techniques in Education and Training: Technological Issues. Advanced VR Research Centre, Lough-borough, University of Tecnology, 1993.
- [8] T. R. Garbin, at al. Avaliação de Interface de um Sistema de Realidade Aumentada para a Criança Surda com base no Construcionismo Anais do 1º Workshop de Realidade Aumentada, Piracicaba, SP, maio de 2004, p. 33-36.
- [9] M. C. C. Baranauskas, H.V. Rocha. (2003) Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador. Campinas – SP: NIED/UNICAMP, 2003.
- [10] R. Azuma. A survey of augmented reality, Presence: Teleoperators and virtual environments, vol. 6, p. 355-385. 1997
- [11] H. Kato, M. Billinghurst. at. al. ARToolKit version 2.52: A software Library for Augmented Reality Applications. HitLab – Human Interface Technology Laboratory. Junho de 2005. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/>>. Acesso em: 10 janeiro de 2007
- [12] Z. Zhou, at al. Interactive Entertainment Systems Using Tangible Cubes. IEEE Computer Society. Virtual Reality, 2004.
- [13] M. Billinghurst, H. Kato, e I. Poupyrev. The MagicBook: A Transitional AR Interface. IEEE Computer Graphics and Applications. Projects in VR, 2001.
- [14] M. W. Ribeiro. Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais Multidisciplinares, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, 2006, 176p.
- [15] G. Hesina, D. Schmalstieg. Distributed Applications for Collaborative Aumented Reality. IEEE Computer Society. Virtual Reality, 2005.
- [16] C. Kirner, at al. Ambientes Colaborativos com Realidade Aumentada. In: II Workshop de Realidade Aumentada – WRA' 2005, 2, 2005, Piracicaba-SP. Proceedings. Piracicaba-SP, 2005.p.13-16.
- [17] A. C. Sementille. A utilização da Arquitetura CORBA na Construção de Ambientes Virtuais Distribuídos. 1999. 186f; Tese (Doutorado em Física Computacional) – Instituto de Física de São Carlos, USP. São Carlos, 1999.
- [18] S. R. Costa. Objetos distribuídos: Conceitos e padrões. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.
- [19] M. Awad, at al. Introdução à Fisiologia Vegetal. São Paulo: Nobel, 1993.
- [20] L. Taiz. Fisiologia Vegetal. São Paulo: ARTMED, 2006.
- [21] J. Prugmper. Test it: ISONORM 9241/10. In: H.-J. Bullinger & J. Ziegler Eds. Proceedings of HCI International, Munich, 22-27 August 1999. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 1999.
- [22] F. Campos. Dez etapas para o desenvolvimento de software educacional do tipo hiperídia. Núcleo de Informática na Educação Especial, UFRGS, 1998. Disponível em: < <http://www.niee.ufrgs.br/ribie98> >. Acesso em 16 jan. 2008.

