

4.3.3.4 Bloco dos Objetos Virtuais

A maioria dos objetos virtuais é criada obedecendo às características dos objetos reais os quais eles representam. Como, por exemplo, o “Trem de Ferro”, ilustrado na Figura 4.42, utilizado na simulação de Conservação da Quantidade de Movimento, a sua modelagem baseou-se em várias fotografias de diferentes tipos de locomotivas.

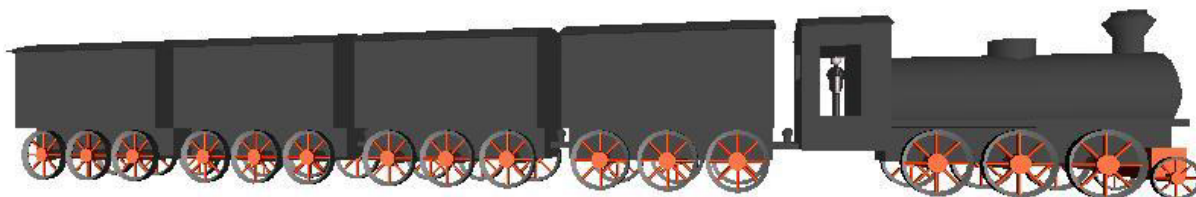


Figura 4.42: Exemplo de objeto virtual - Trem de Ferro

Para aumentar o nível de realismo de cada objeto virtual, utilizou-se uma variedade de técnicas de modelagem, escolhidas de acordo com a complexidade da geometria dos objetos a serem modelados. Por exemplo, objetos de geometria simples normalmente são construídos por agrupamentos ou deformações de primitivas geométricas (cilindros, cones, paralelepípedos e esferas), já objetos de geometria complexa normalmente são modelados por extrusão. Outro fato que aumenta o realismo dos objetos virtuais é a aplicação de texturas em suas aparências, já que os visualizadores VRML permitem o mapeamento de imagem com extensões GIF, JPEG, MPEG e PNG.

4.3.4 Blocos dos Mapas Conceituais

Quando o usuário está realizando um experimento, ele consegue acessar, a qualquer momento, o mapa conceitual tutorial referente aos conceitos envolvidos naquele fenômeno. Este tutorial tem como objetivo facilitar a assimilação dos conceitos e suas relações com um determinado fenômeno físico, bem como, estimular a memória compreensiva a longo prazo. Isto é exemplificado nas Figuras 4.41 e 4.42. Na Figura 4.43 observa-se a experiência do Movimento Retilíneo Uniformemente

Variado (MRUV) e na Figura 4.44 exemplifica-se o mapa conceitual tutorial referente a esta experiência.

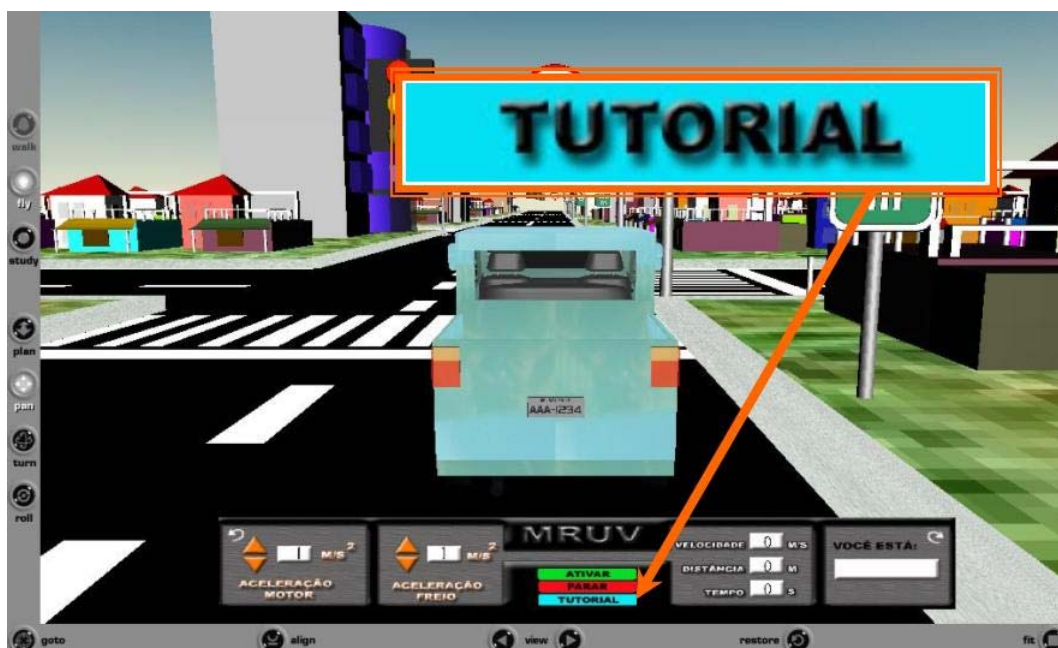


Figura 4.43: Tecla “Tutorial” no experimento de Lançamento Oblíquo

Para ter acesso a este mapa conceitual basta utilizar a opção ‘Tutorial’, presente no painel de controle de cada experiência. Na construção destes Mapas Conceituais utilizou-se a linguagem HTML (Hypertext Markup Language) porque essa apresenta uma fácil visualização das reconciliações integrativas e podem ser inseridos hipertextos para explicações mais aprofundadas. Esses procedimentos de acessos aos *hiperlinks* nos mapas conceituais têm como objetivo servir de suporte para o gerenciamento da aprendizagem, visto que os alunos podem assimilar novas informações e perceber os conceitos que não compreendem.

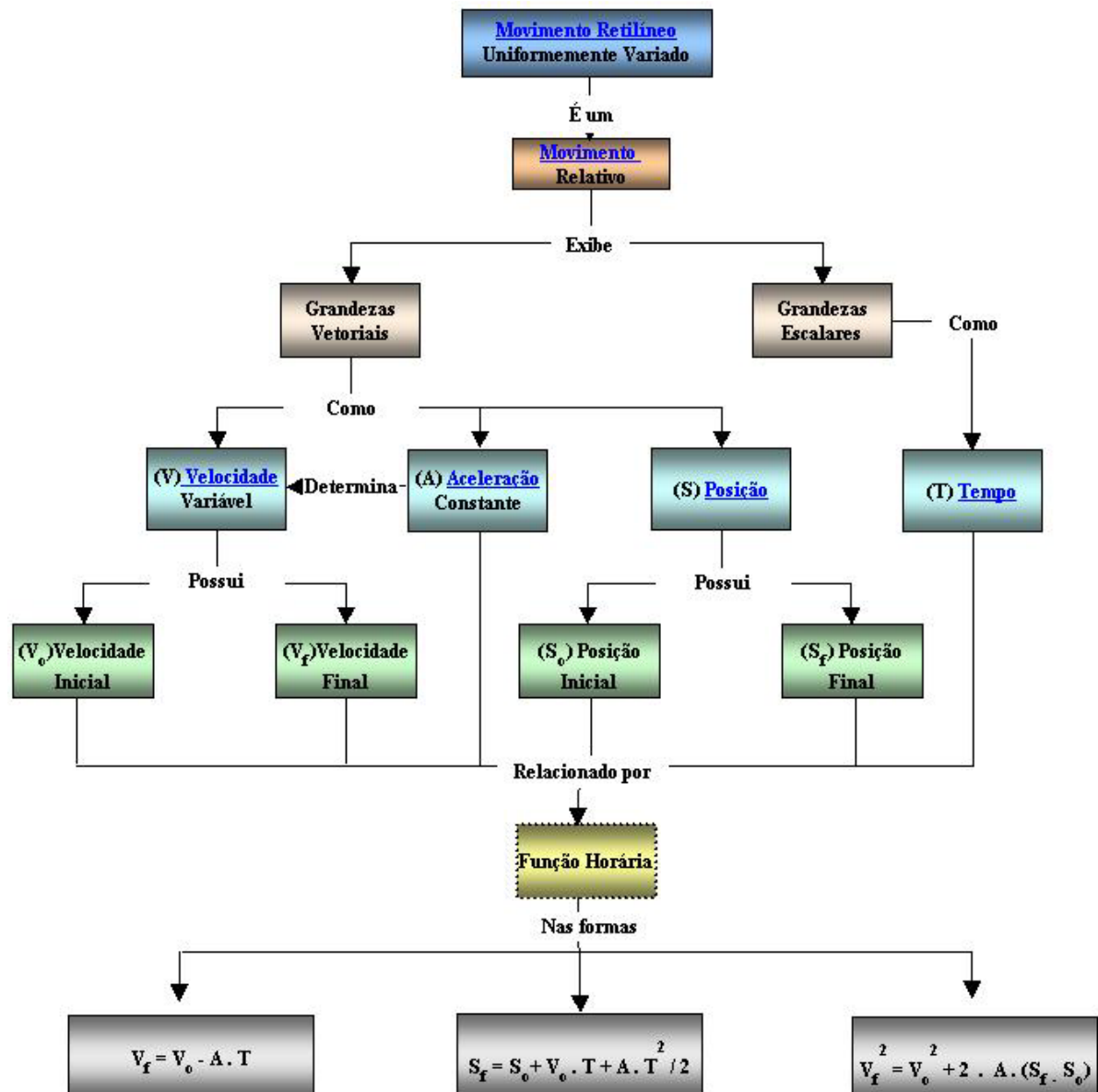


Figura 4.44: Sistema de *hiperlinks* da experiência MRUV

4.4 Considerações Finais

A arquitetura proposta neste capítulo procurou integrar processos pedagógicos e Ambientes Virtuais visando estimular o usuário para a aprendizagem de conceitos físicos. A linguagem VRML e JavaScript suportaram perfeitamente a criação dos experimentos físicos virtuais, compostos por ambientes consideravelmente interativos, com animações dos seus objetos virtuais, com qualidade.

Capítulo 5

Implementação do Sistema

5.1 Introdução

Neste Capítulo são apresentados os detalhes de implementação do SEFIRV com maior relevância para o desenvolvimento deste trabalho, sendo abordados trechos do código, e explicadas suas respectivas funcionalidades nos Ambientes Virtuais.

5.2 Implementação dos Ambientes Virtuais

Os Ambientes Virtuais das experiências físicas foram modelados através da linguagem VRML, optando-se em não utilizar modeladores tridimensionais na criação dos objetos virtuais, e sim a descrição de suas geometrias e aparências diretamente no código fonte, por meio do editor VRMLPAD 2.0 desenvolvido pela ParallelGraphics [ParallelGraphics, 2005]. Esta estratégia tem como objetivo reduzir o tamanho dos arquivos **.wrl* facilitando o compartilhamento via Web.

Foram utilizadas primitivas geométricas como Cubos, Esferas, Cilindros e Cones (nós básicos do VRML), sobre ação de translações, rotações e escalas para construção de objetos virtuais simples. Para o restante dos objetos utilizou-se o nó *Extrusion* para modelagem que permite definir formas complexas, usando um número reduzido de pontos.

Com o nó *Extrusion* inicialmente define-se uma secção 2D sobre o plano XZ, sobre a qual será aplicada a extrusão (*crossSection*). Em seguida, define-se uma "coluna vertebral" (*spine*) da extrusão que funciona como um caminho 3D, ou seja, onde a secção irá percorrer para criar a forma final. Por exemplo, o trecho de código abaixo cria uma geometria apresentada na Figura 5.1 por extrusão:

```

Shape {
  geometry Extrusion {
    solid TRUE
    endCap TRUE
    convex FALSE
    crossSection [ 1 1, 2 1, 2 -1,
                  1 -1, 1 -2, -1 -2,
                  -1 -1, -2 -1, -2 1,
                  -1 1, -1 2, 1 2, 1 1]
    spine [0 0 0, 0 1 0]
  }
}

```



Figura 5.1: Objeto criado por extrusão Fechado

A sequência de pontos definida em *crossSection* do código VRML acima cria, no plano XZ, a imagem bidimensional apresentada na Figura 5.2. Esta geometria bidimensional gerada percorre os segmentos de reta com extremidade nos pontos (0,0,0) e (0,1,0) definidos em *spine* do código.

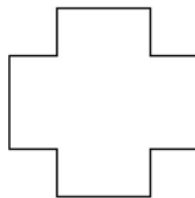


Figura 5.2: Secção da Extrusão

Os campos *solid* e *endCap* do nó *Extrusion* especificam se a forma resultante da extrusão será aberta, com o valor (**FALSE**) para ambos, ou fechada, com o valor (**TRUE**) para ambos. Por exemplo, alterando estes campos no código acima, a geometria apresentada na Figura 5.3 é gerada.

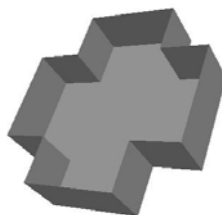


Figura 5.3: Objeto criado por extrusão Aberto

Em geometrias curvas é necessária a descrição de um número maior de pontos na secção (*crossSection*) e/ou "coluna vertebral" (*spine*) do nó *Extrusion* aumentando sua complexidade. Por exemplo, o código VRML abaixo gera a geometria de uma “argola”, apresentada na Figura 5.4, criada por extrusão, cuja secção é uma circunferência de raio 0.16, e a "coluna vertebral" é uma circunferência de raio 1.

```
Shape {geometry Extrusion {
crossSection[ 0.16000 0.00, 0.154919 -0.04,
              0.13856 -0.08, 0.105830 -0.12,
              0.00000 -0.16, -0.105830 -0.12,
              -0.13856 -0.08, -0.154919 -0.04,
              -0.16000 0.00, -0.154919 0.04,
              -0.13856 0.08, -0.105830 0.12,
              0.00000 0.16, 0.105830 0.12,
              0.13856 0.08, 0.154919 0.04,
              0.16000 0.00]
spine[ -1.00 0.00 0, -0.92 0.38 0,
        -0.71 0.71 0, -0.38 0.92 0,
        0.00 1.00 0, 0.38 0.92 0,
        0.71 0.71 0, 0.92 0.38 0,
        1.00 0.00 0, 0.92 -0.38 0,
        0.71 -0.71 0, 0.38 -0.92 0,
        0.00 -1.00 0, -0.38 -0.92 0,
        -0.71 -0.71 0, -0.92 -0.38 0,
        -1.00 0.00 0] } }
```



Figura 5.4: Extrusão de superfícies curvas

Mesmo sendo maior a quantidade pontos em superfícies curvas esta quantidade ainda é reduzida, comparando-a com o número de pontos de outro nó modelador o *IndexedFaceSet* que especifica um conjunto de faces planares num sistema de coordenadas locais. Os modeladores tridimensionais VRML geram seus códigos fonte de geometrias não primitivas utilizando o nó *IndexedFaceSet*, criando um grande número de pontos conseqüentemente originam arquivos *.wrl maiores que dificultam o compartilhamento via Web.

5.3 Implementação dos Modelos Comportamentais

Após a modelagem dos objetos virtuais foram-lhes atribuídos comportamentos. Por exemplo, movimentos, efeitos luminosos e variações de formas obedecendo a equações físicas. Os modelos comportamentais também abrangem alguns tipos de interações de maior complexidade, como a criação de seqüências pré-definidas de deslocamento de câmeras, posicionamento intencional de objetos virtuais, etc. Nesta secção serão destacadas algumas técnicas de programação em JavaScript que contribuíram para a criação do Modelos Comportamentais dos cenários virtuais de aprendizagem.

Por exemplo, no experimento MRUV o usuário realiza, por intermédio do painel de controle, uma calibragem da caminhonete inserindo valores inteiros entre 1 e 9 para a aceleração do motor e a aceleração de frenagem do veículo. O código VRML, abaixo, descreve como esta ação interativa é criada através da linguagem JavaScript.

```
DEF   Script_controle_geral Script      {

# Abaixo declara-se dois eventos de entrada do tipo booleano, cujos
# nomes são "upArrowClick" e "downArrowClick".

      eventIn      SFBool upArrowClick
      eventIn      SFBool downArrowClick

# Abaixo define-se um conjunto de variáveis globais (campos VRML) e
# seus respectivos valores default. Elas serão utilizadas na
# programação JavaScript.

      field SFFloat      min 1
      field SFFloat      max 9
      field SFFloat      step 1
      field SFFloat      cur 1

url   "javascript:      // Início do código de programação JavaScript

// Abaixo com cria-se a função upArrowClick que aumenta o valor do
// dado de entrada a cada clique do mouse.

function upArrowClick(b) {
    if(b == true) {
        if (cur <  max)  cur = cur + step;
        if (cur >= max) cur = max;
    }
}
```

```
// Abaixo com cria-se a função downArrowClick que diminui o valor do
// dado de entrada a cada clique do mouse.
```

```
function downArrowClick(b) {
    if (b == true) {
        if (cur > min)    cur = cur - step;
        if (cur <= min)   cur = min;
    }
}
```

As funções “upArrowClick” e “downArrowClick” são ligadas, por meio de sensores de toque e rotas, aos objetos virtuais desejados, neste caso as setas do painel de controle, como mostra a Figura 5.5.

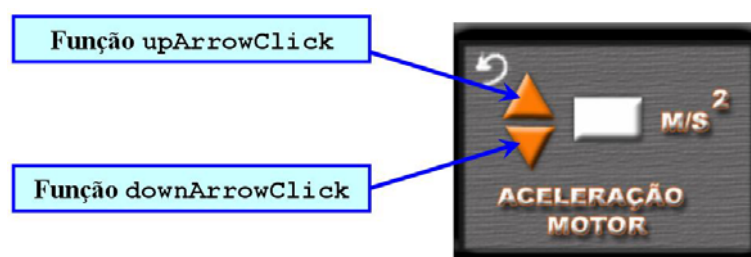


Figura 5.5: Funções ligadas a objetos virtuais

Outro processo interativo criado no Ambiente Virtual do MRUV é a possibilidade de acelerar e frear a caminhonete a qualquer momento do experimento. O código VRML que permite esta interação segue abaixo.

```
// Abaixo se cria a função "Acelera", do tipo booleana, que permite
//acelerar a caminhonete com valor pré-escolhido por ele.
//A função "Acelera": (i) captura os valores de "Velocidade",
//"Distancia" e "Tempo" no instante do clique do mouse; (ii) atribui
//o valor de "cur" (Aceleração do Motor) para a variável "Acele" no
//momento em que o usuário aperta o botão do mouse; (iii) atribui o
//valor de "AcFat" (Aceleração de Atrito) para a variável "Acele" no
//momento em que o usuário solta o botão do mouse.
```

```
function Acelera(value, time){
    if(value == true && A == 0){

        if(Velocidade < VMax){
            Velo0 = Velocidade
            Dist0 = Distancia
            Acele = cur
            TVari = Tempo        }
        if(Velocidade >= VMax){
            Velo0 = VMax
            Dist0 = Distancia
            Acele = 0
            TVari = Tempo }
    }
```

```

A = 1 }

if(value == false){
    Velo0 = Velocidade
    Dist0 = Distancia
    Acele = AcFat
    A = 0
    TVari = Tempo }
}

// Abaixo se cria a função "Freia", do tipo booleana, que permite
// frear a caminhonete com valor pré-escolhido por ele.
// A função "Freia": (i) captura os valores de "Velocidade",
// "Distancia" e "Tempo" no instante do clique do mouse; (ii) atribui
// o valor de "-curl" (Aceleração de Frenagem) para a variável
// "Acele" no momento em que o usuário aperta o botão do mouse; (iii)
// atribui o valor de "AcFat" (Aceleração de Atrito) para a variável
// "Acele" no momento em que o usuário solta o botão do mouse.

function Freia(value, time){
    if(value == true && F == 0){
        if(Velocidade <= 0){
            Velo0 = 0
            Dist0 = Distancia
            Acele = 0
            TVari = Tempo          }
        if(Velocidade > 0){
            Velo0 = Velocidade
            Dist0 = Distancia
            Acele = -curl
            TVari = Tempo          }
    }
    F = 1 }
    if(value == false){
        Velo0 = Velocidade
        Dist0 = Distancia
        Acele = AcFat
        F = 0          }
    }
// Abaixo tem-se a função "clock", ela possui uma variável interna
// "st", que assume sequencialmente valores reais de 0 a 1 em um
// determinado tempo.

function clock(st, time){

// Abaixo cria-se o tempo virtual do experimento.

Tempo = 240 * st

// Abaixo se define uma sequência de atualizações que ocorrem
// instantaneamente na velocidade do veículo.
    TEqua = Tempo - TVari

    if(Velocidade >= 0 && Velocidade <= VMax){
        Distancia = Dist0 + Velo0 * TEqua + (Acele * Math.pow(TEqua, 2))/2
    }
}

```

```

Velocidade = Velo0 + Acele * TEqua
if(Velocidade < 0){
    Distancia = Dist0 - (Math.pow(Velo0, 2))/(2 * Acele);
    Velocidade = 0;
}
if(Velocidade > VMax){
    Distancia = Dist0 + (Math.pow(VMax, 2) - Math.pow(Velo0,
2))/(2 * Acele) + VMax * (TEqua - (VMax - Velo0)/Acele);
    Velocidade = VMax;
} }

```

Para interagir com o objeto caminhonete, acelerando-a e freando-a instantaneamente, foi criado um painel contendo uma geometria que simboliza um acelerador e um freio, na qual são conectadas as funções “Acelera” e “Freia” por meio de sensores de toque e rotas, como ilustra a Figura 5.6.



Figura 5.6: Acelerando e freando no Ambiente Virtual do MRUV

Como descrito no Capítulo 4, o Ambiente Virtual do MRUV simula o movimento de uma caminhonete por uma avenida pavimentada. Ao longo de seu percurso, o veículo deixa um rastro que muda de cor de acordo com sua aceleração e velocidade. Esta estratégia permite ao usuário analisar graficamente o experimento e foi criada por meio da sequência de código abaixo.

```

// A cor dos objetos VRML é formada pela composição das cores básicas
// vermelho, verde e azul, este sistema de geração de cores é
// chamado de RGB, sigla advinda do Inglês: Red, Green, Blue. O
// valor de cada uma destas cores varia entre 0 e 1. Deste modo,
// foram declaradas as variáveis globais "R", "G" e "B" para
// armazenar o valor de cada cor básica do sistema RGB. Abaixo
// estes valores são modificados para composição de cores diferentes
// de acordo com o valor das variáveis "Acele" e "Velocidade"
// (aceleração e velocidade da caminhonete, respectivamente).

    if(Acele == -curl){R = 1; G = 0; B =0}
    if(Acele == cur){R = 0; G = 1; B =0}
    if(Acele == AcFat){R = 0; G = 0; B =1}
    if(Velocidade == VMax){R = 1; G = 1; B =0}

// Com a sequência de código abaixo se cria um novo objeto virtual
// com geometria de um Box, utilizando a composição de cores citada

```

```
// acima, e localizado na posição da caminhonete.

newVRML = '      DEF OBJECT Transform {';
newVRML += '          translation 15 -9.5 '+ (-Distancia);
newVRML += '          children [';
newVRML += '              Shape {';
newVRML += '                  appearance Appearance {';
newVRML += '                      material Material {';
newVRML += '                          diffuseColor '+R+' '+G+' '+B;
newVRML += '                      }';
newVRML += '                  }';
newVRML += '              geometry Box {';
newVRML += '                  size 2.5 2.5 10';
newVRML += '              }';
newVRML += '          }';
newVRML += '      ]';
newVRML += '  }';
newChildren = Browser.createVrmlFromString(newVRML);
```

No Ambiente Virtual do experimento de equilíbrio de um corpo rígido (conteúdo pertencente à estática da Mecânica Clássica), podem-se colocar blocos de diferentes massas, por meio do mouse, em um conjunto de ganchos fixados em tábua, podendo ser verificado, logo após, o estado de equilíbrio deste sistema, como descrito no Capítulo 4. Para criar esta interação foi utilizada a técnica computacional conhecida como envelopamento para detecção de colisões entre objetos. Foi construído um Box em torno de cada gancho, assim que um dos blocos colide com um destes Box, o programa interpreta que o usuário pendurou o bloco no gancho envelopado por este Box. O código JavaScript abaixo mostra como foi utilizada esta técnica de envelopamento.

```
// Para implementação desta interação colocou-se um sensor de
// movimento em cada bloco, e com as linhas de código abaixo se pode
// capturar a posição deste sensor.
x = Sensor.translation_changed[0] // Posição do sensor no eixo X
y = Sensor.translation_changed[1] // Posição do sensor no eixo Y

// Foi declarado no código VRML "cur" como sendo uma variável
// global, ela é utilizada para a localização dos blocos no eixo X.

// Abaixo são construídos retângulos, no plano xy, em torno de cada
// gancho. Não foram realizados cálculos no eixo z, pois o usuário
// não movimenta os blocos em sua direção.

    if(x >= 1.5 && x <= 2.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 1
// Aqui se cria um retângulo de base e altura nos respectivos
// segmentos de reta, [1.5, 2.5] e [-3.3, -3]. Caso o bloco esteja
```

```
// na região de abrangência deste retângulo ele é posicionado em 1.
}
if(x >= 3.5 && x <= 4.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 2}
if(x >= 5.5 && x <= 6.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 3}
if(x >= 7.5 && x <= 8.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 4}
if(x >= 9.5 && x <= 10.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 5}
if(x >= 11.5 && x <= 12.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 6}
if(x >= 13.5 && x <= 14.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 7}
if(x >= 15.5 && x <= 16.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 8}
if(x >= 17.5 && x <= 18.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur = 9}
if(x >= 19.5 && x <= 20.5 && y >= -3.3 && y <= -3){cur3 = 10}

// De acordo com as linhas de programação abaixo o bloco retornará
// para sua posição inicial caso não colida com nenhum retângulo.
if(x < 1.50 || x > 2.50 && x < 3.50 || x > 4.50 &&
    x < 5.50 || x > 6.50 && x < 7.50 || x > 8.50 &&
    x < 9.50 || x > 10.5 && x < 11.5 || x > 12.5 &&
    x < 13.5 || x > 14.5 && x < 15.5 || x > 16.5 &&
    x < 17.5 || x > 18.5 && x < 19.5 || x > 20.5 || y < -3.3){
    Posicao_Bloco [0] = 20;
    Posicao_Bloco [1] = -9;
    Posicao_Bloco [2] = 0;}

```

Os trechos de código citados anteriormente são exemplos de algumas das técnicas utilizadas na implementação dos modelos comportamentais dos experimentos. Houve necessidade do desenvolvimento de diferentes técnicas, sendo a maioria delas para melhorar a interação do usuário com os ambientes virtuais. Contudo, todos os modelos comportamentais foram construídos com base em equações matemáticas de seus fenômenos físicos. Tal estratégia permite a criação de experiências virtuais contextualizadas com o mundo real.

5.4 Considerações Finais

As técnicas de implementação descritas anteriormente exigiram maiores estudos sobre programação. No entanto, foram desenvolvidas técnicas simples como, por exemplo, a criação dos organizadores gráficos tridimensionais e dos mapas conceituais. Para a navegação (trocas de tela) nos organizadores utilizou-se o nó “Anchor” que conecta um arquivo VRML a outro com extensão .wrl ou .html, e esta conexão ocorre na forma de *link*. Para a interação (abrir e fechar a caixa de definições e visualizar estruturas anteriores e posteriores dos organizadores gráficos) utilizou-se o nó “Switch” associado a um Script, foi desenvolvida uma função booleana que

determina quais elementos aparecem no cenário virtual de acordo com o clique do mouse.

Os mapas conceituais foram desenvolvidos em páginas Web que, por meio de *hiperlinks*, abrem novas janelas HTML contendo definições de conceitos físicos fundamentais.

Concluiu-se que as técnicas utilizadas para o desenvolvimento do sistema, independente de seu grau de complexidade, atingiram os objetivos propostos, proporcionando a criação de Ambientes Virtuais com suporte para a navegação, a interação e a manipulação de seus objetos.

Capítulo 6

Resultados e Limitações do Sistema

6.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma sucinta descrição sobre o funcionamento do SEFIRV e explana tópicos importantes sobre a avaliação deste sistema (por exemplo, sua base teórica e seu desenvolvimento e aplicação), os resultados obtidos e as suas limitações.

6.2 Utilização do Sistema

O primeiro contato do usuário com o SEFIRV ocorre por meio de uma página de hipertextos, ilustrada na Figura 6.1, que contém os seguintes *links*:

- Software SEFIRV – Inicia a execução do *software*.
- Mapas Conceituais – Possibilitam o acesso direto aos mapas conceituais dos experimentos virtuais.
- Simulações – Permitem o acesso direto aos experimentos virtuais, sem a necessidade de executar o SEFIRV.
- Guia do Usuário – Permite o acesso a uma nova página em HTML com informações sobre funções de ícones e explicações de como executar algumas ações não intuitivas no sistema.
- Equipe – Apresenta uma página HTML contendo os nomes e os departamentos dos componentes da equipe, formada por professores e alunos que contribuíram para o desenvolvimento do SEFIRV.



Figura 6.1: Página de Abertura do SEFIRV

O *layout* desta página Web foi criado por Lucas Daniel, aluno de iniciação científica da Ciência da Computação da UFU.

Após acessar o *link* “Software SEFIRV” e iniciar a execução do *software*, o usuário depara-se com uma breve abertura em um ambiente virtual. Ao seu término dispõem-se os organizadores gráficos virtuais para o começo do processo aprendizagem. Como explicado nos Capítulos 3 e 4, o usuário primeiramente navega pelos organizadores gráficos, em seguida acessa os Ambientes Virtuais de simulação e, por último, pode acessar o mapa conceitual da simulação em execução.

6.3 Avaliação do Sistema

Com base em preceitos da ISONORM 9241-10 Usability (conjunto de normas que permite avaliar a capacidade de um sistema interativo oferecer a seu usuário a possibilidade de realizar tarefas de maneira eficaz e agradável [Prugmper, 1999]) e de acordo com o Checklist do PROINFO (critérios para avaliação especificamente de

softwares educacionais [PROINF, 2006]) foi elaborado um questionário de avaliação para este sistema, disponível no Anexo.

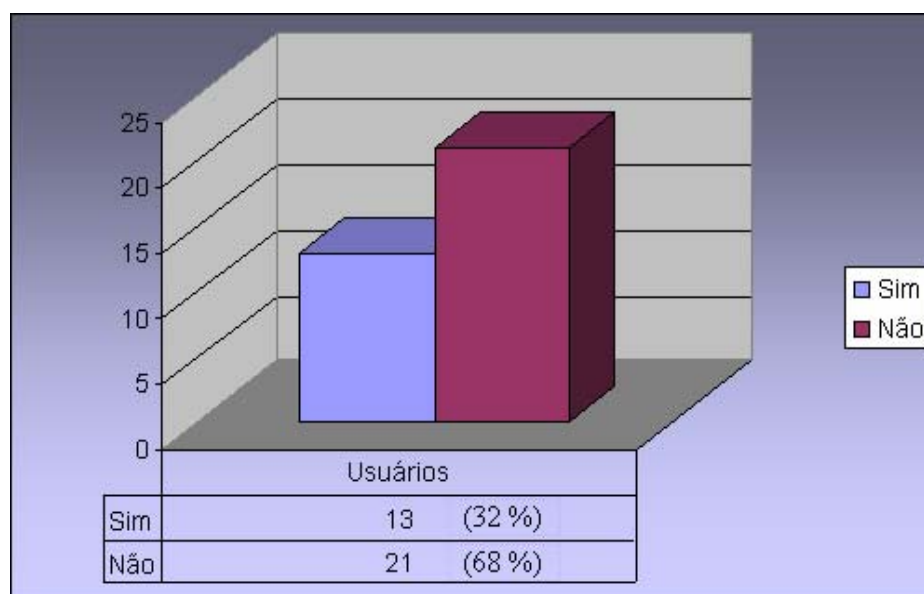
O SEFIRV foi apresentado a trinta e quatro alunos do Ensino Médio de diferentes escolas, considerados como usuários em potencial. Primeiramente foram fornecidas informações sobre o objetivo do projeto e, em seguida, de forma individual, eles iniciaram o uso do sistema. Após a execução, responderam o questionário de avaliação.

O questionário avalia os ambientes de aprendizagem do sistema separadamente, os organizadores gráficos, as experiências físicas virtuais e os mapas conceituais. Tal metodologia faz-se necessária, pois cada ambiente possui desenhos pedagógicos e interfaces diferentes.

Analisando as respostas nos questionários, foi possível avaliar os itens que se seguem e para cada item foi gerado um gráfico comparativo:

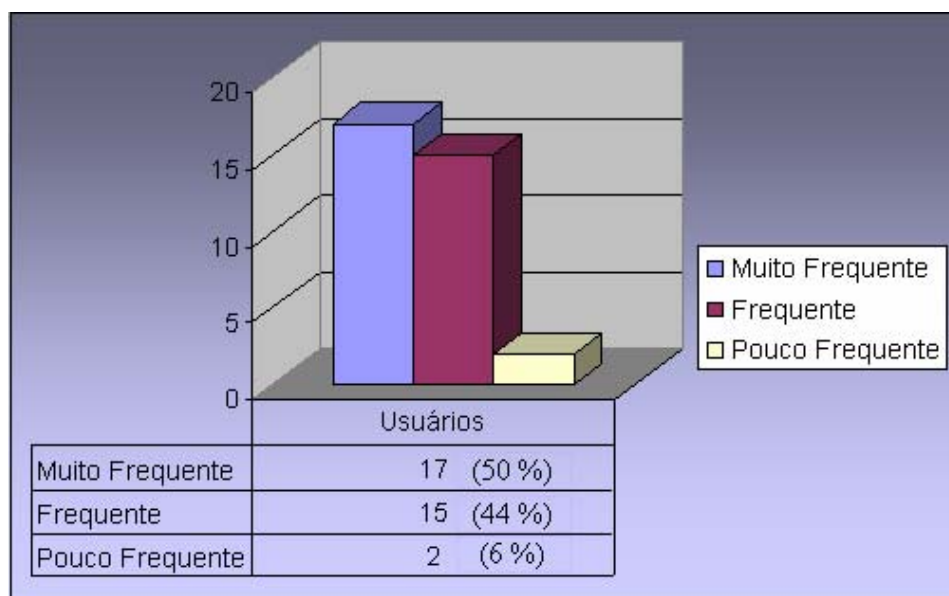
6.3.1 Questões sobre os usuários

- Você já desenvolveu experimentos de Física em laboratórios durante o Ensino Médio?



No gráfico, observa-se que a maioria dos usuários nunca desenvolveu experimentos em laboratórios de Física. E aqueles que já desenvolveram experimentos afirmaram que, não utilizam estes laboratórios frequentemente.

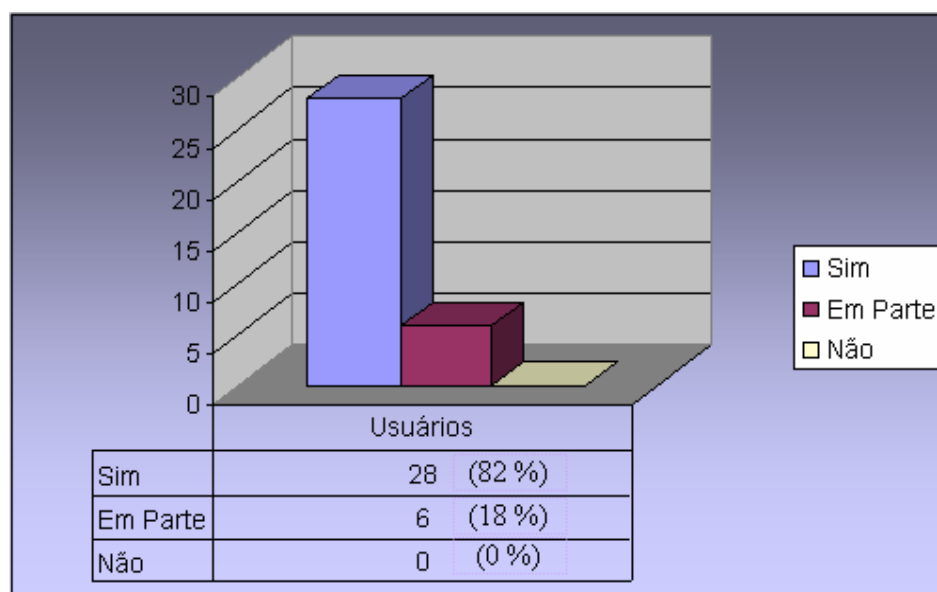
- Com qual frequência você usa o computador?



No gráfico, observa-se que a maioria dos usuários utiliza muito frequentemente ou frequentemente computadores. Ao analisar este gráfico e o anterior, pode-se observar que, os alunos possuem uma maior acessibilidade a computadores de que a laboratórios de Física.

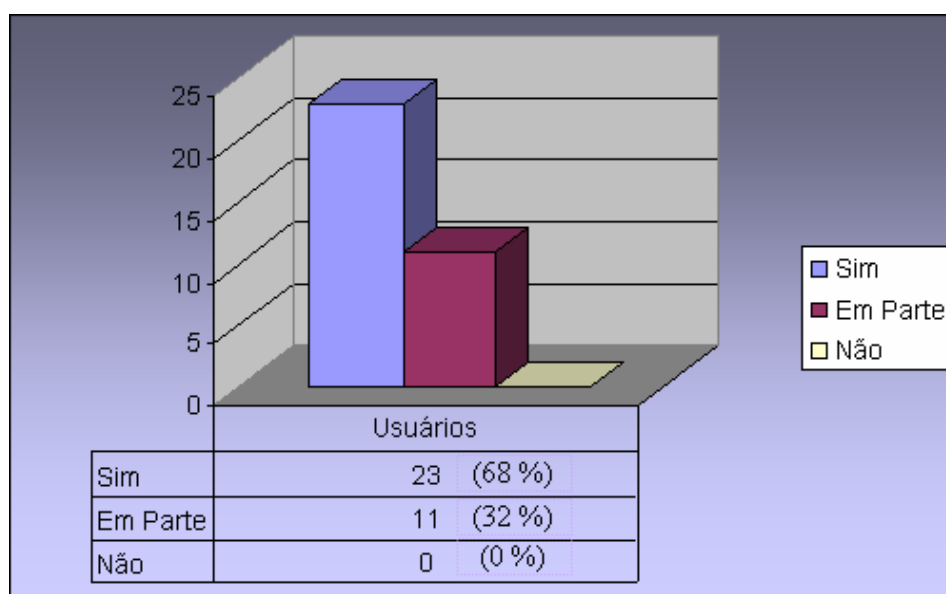
6.3.2 Questões sobre o guia do usuário

- Você conseguiu compreender o guia do usuário?



De acordo com o gráfico observa-se que todos os usuários compreenderam o guia e que a maioria o compreendeu por completo.

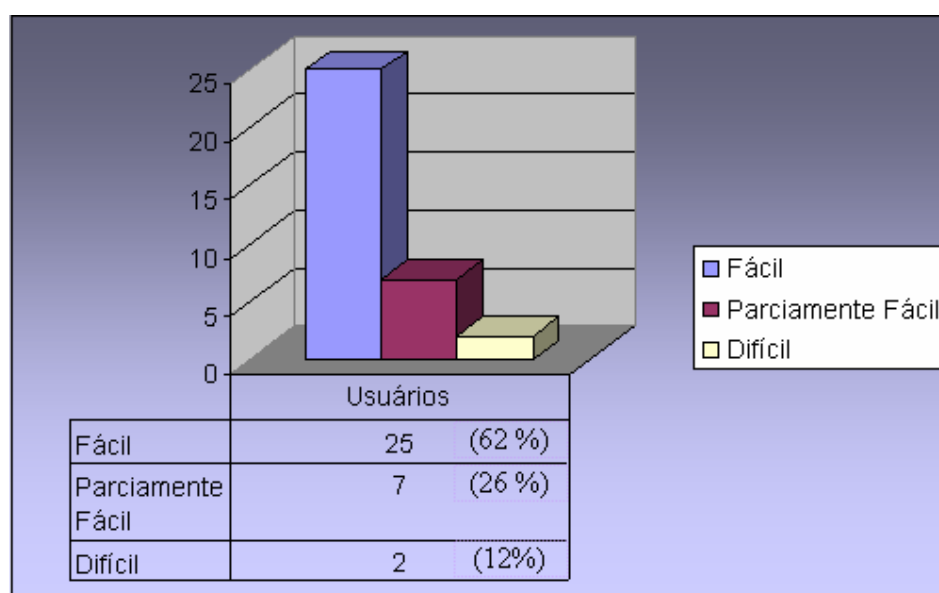
- Você considera que o guia do usuário ajudou na compreensão do *software*?



Como mostrado no gráfico, todos os usuários entenderam que o guia do usuário contribui para a compreensão e uso do *software*, somente a minoria classificou esta contribuição como parcial.

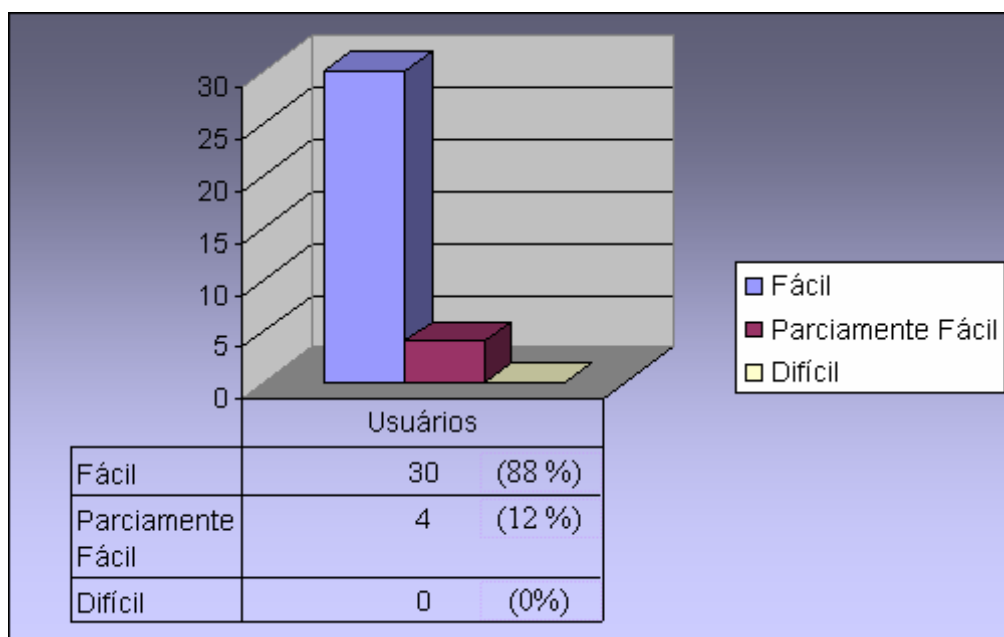
6.3.3 Questões sobre os organizadores gráficos

- Descobrir a função do ícone **D**, ou seja, realizar a abertura da “janela de definição”.



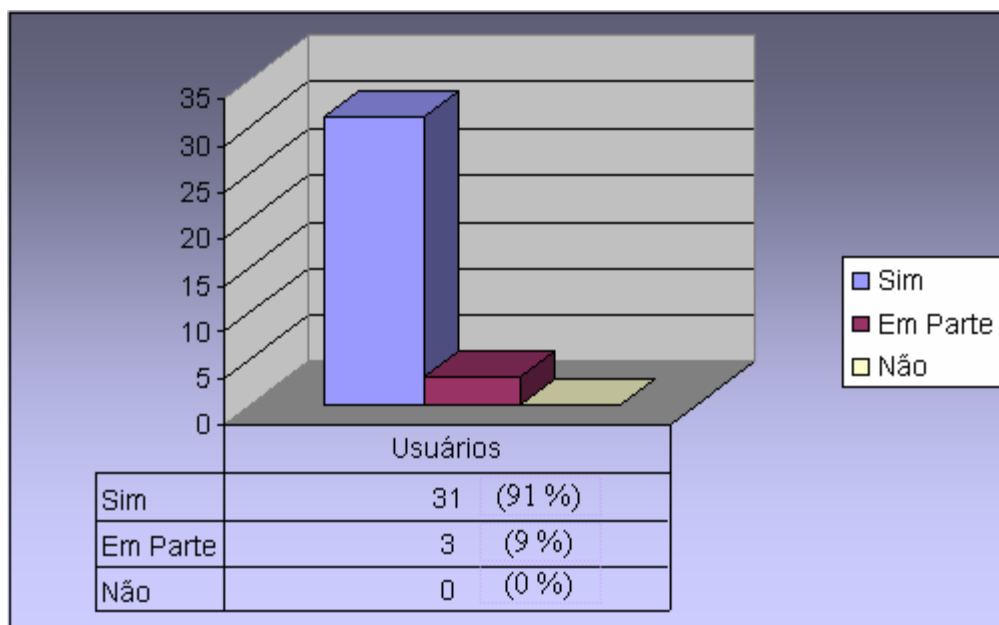
De acordo com o gráfico percebe-se que a grande maioria dos usuários classifica como fácil à ação de descobrir a função do ícone **D**.

- Utilizar o ícone **D** para acessar a “janela de definição”.



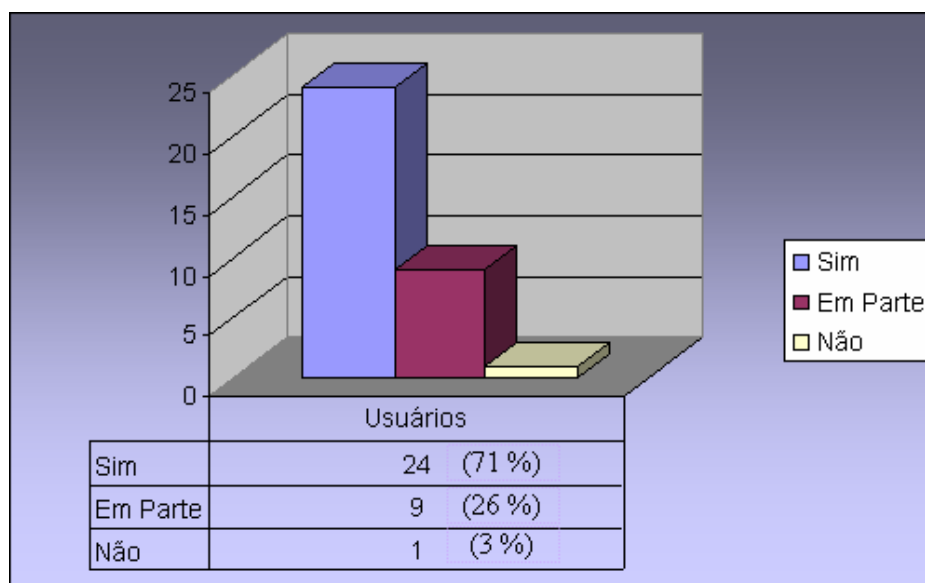
Observa-se no gráfico que todos os usuários classificaram a utilização do ícone **D** como fácil, somente a minoria classificou esta utilização como parcial.

- Você conseguiu compreender as informações das “janelas de definições”?



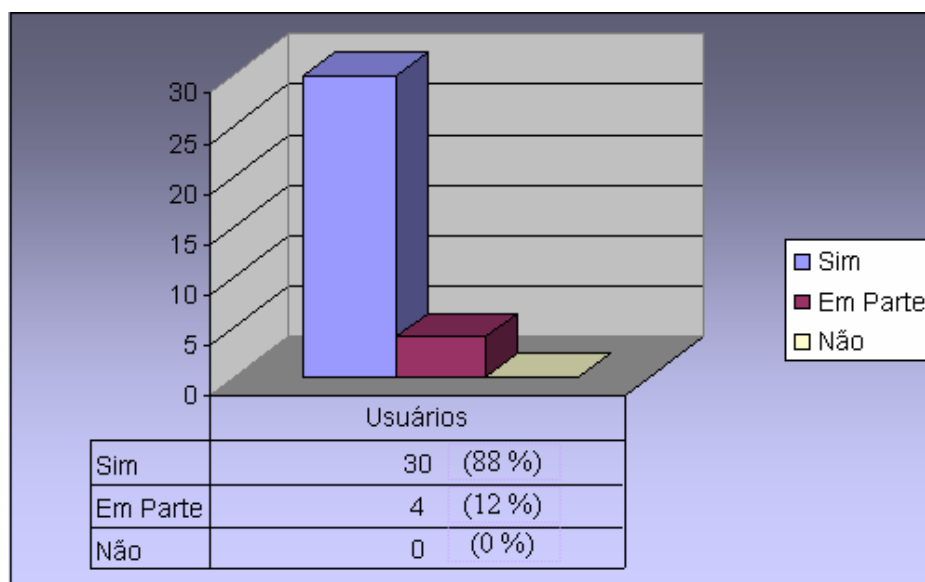
No gráfico pode-se observar que todos os usuários compreenderam as informações contidas nas “Janelas de definições”, mas a minoria compreendeu parcialmente estas informações.

- As “janelas de definições” foram úteis para sua aprendizagem?



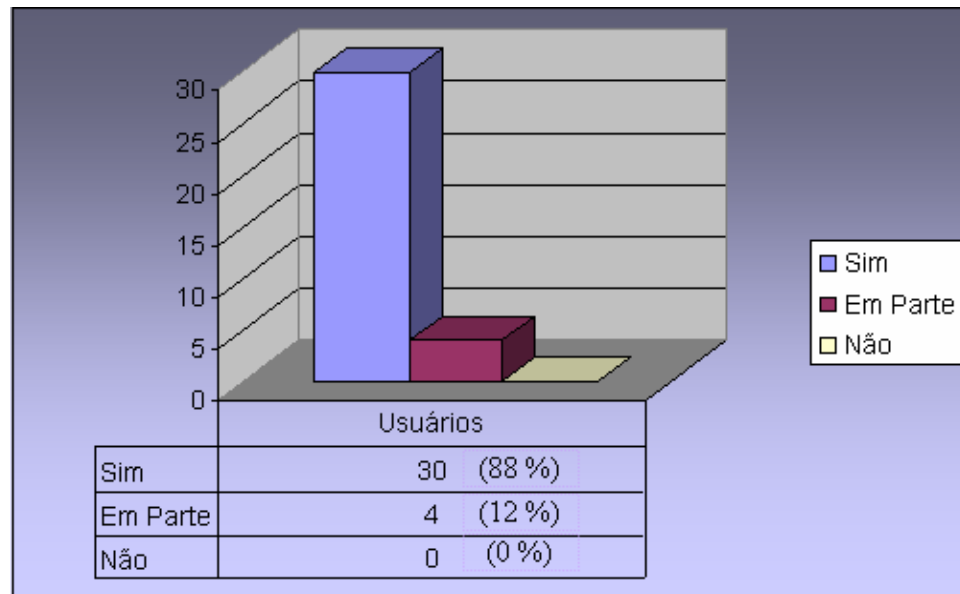
Percebe-se no gráfico que a maioria dos usuários entendeu que as “Janelas de definições” foram úteis para a sua aprendizagem. Apenas um usuário achou que elas não apresentaram utilidade.

- Você considera que a visualização dos próximos organizadores gráficos, antes que ocorra a progressão no ambiente, é útil para sua aprendizagem?



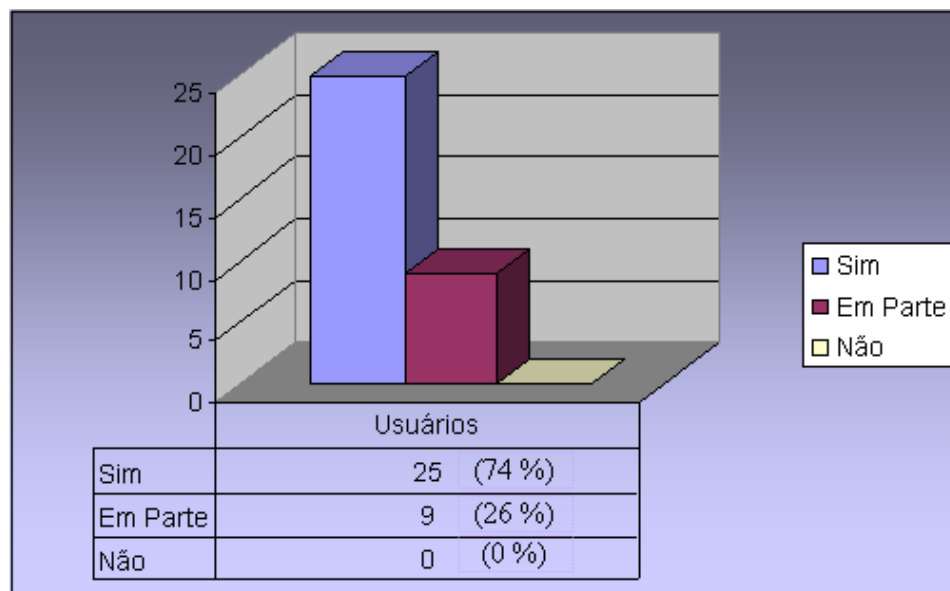
No gráfico pode-se observar que todos os usuários consideraram a visualização dos próximos organizadores gráficos, antes que ocorra a progressão, útil para a sua aprendizagem, somente a minoria classificou como parcial esta utilidade.

- Você considera que a progressão para a próxima estrutura foi de fácil manuseio?



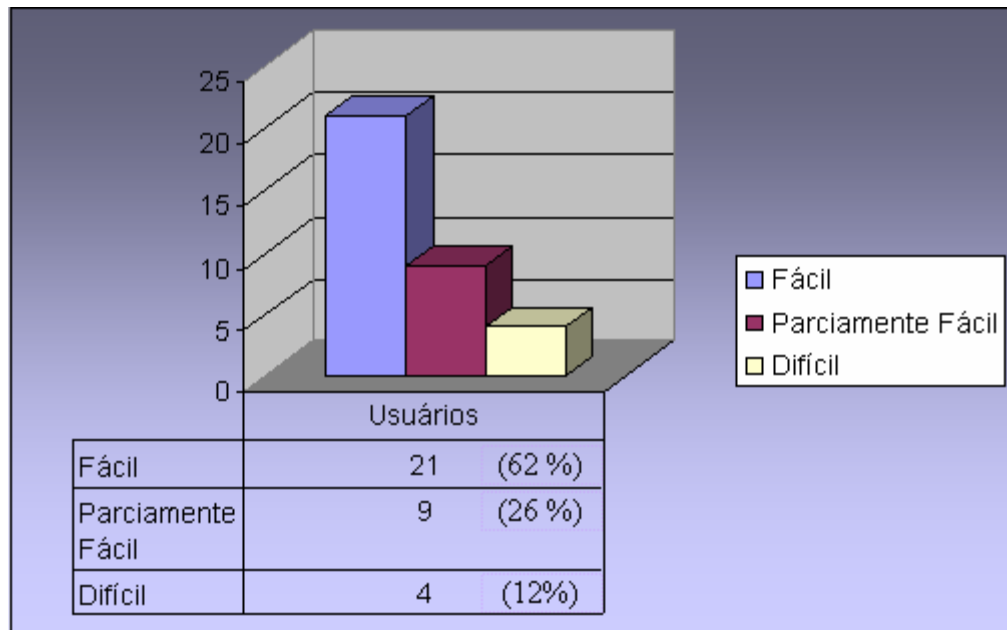
Observa-se no gráfico que todos os usuários consideraram fácil progredir para a próxima estrutura, apenas a minoria classificou esta ação como parcialmente fácil.

- Você considera que este tipo de progressão foi útil para sua aprendizagem?



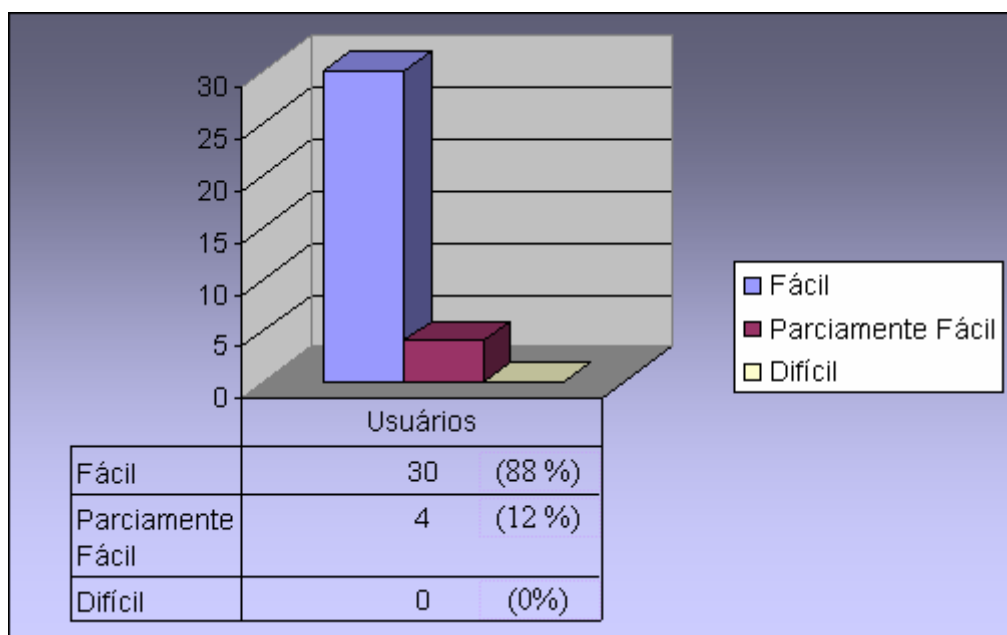
Percebe-se no gráfico que todos os usuários consideraram útil para aprendizagem o tipo de progressão nos organizadores gráficos. A minoria classificou esta ação como parcialmente útil.

- Descobrir a função do ícone , ou seja, visualizar os organizadores gráficos anteriores e retornar a esta estrutura, se necessário.



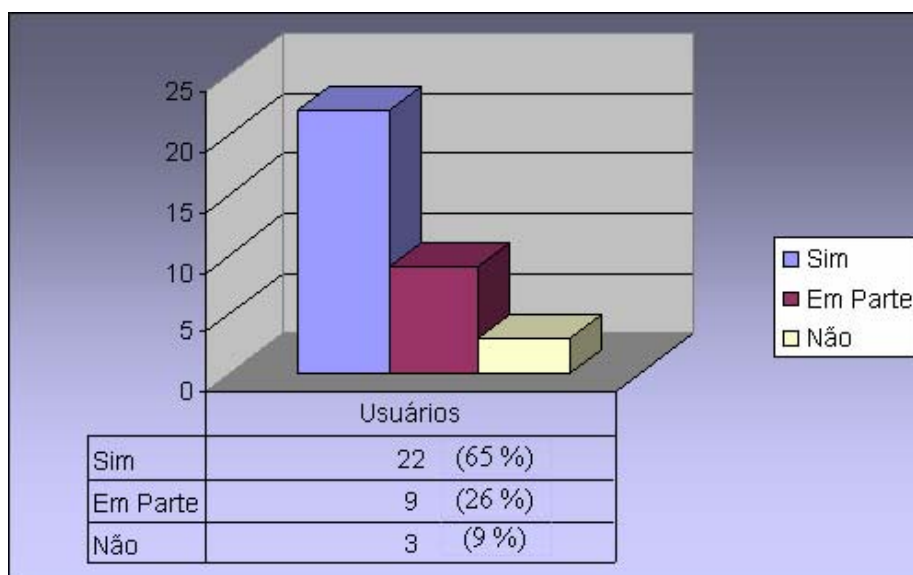
De acordo com o gráfico percebe-se que a grande maioria dos usuários classifica como fácil à ação de descobrir a função do ícone .

- Utilizar o ícone  para visualizar e retornar aos organizadores gráficos anteriores, se necessário.



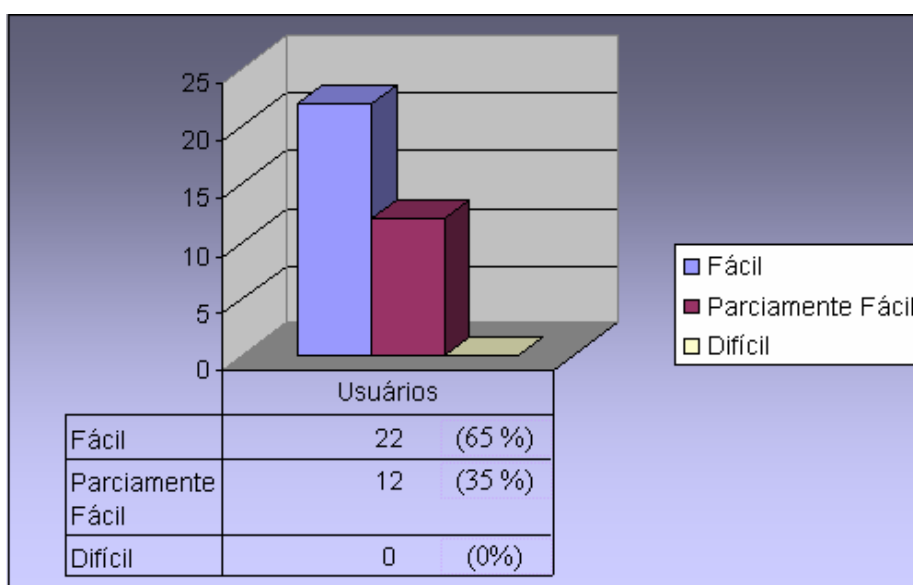
Observa-se no gráfico que todos os usuários classificaram a utilização do ícone  como fácil. A minoria classificou esta utilização como parcialmente fácil.

- A possibilidade de visualizar e retornar, se necessário, aos organizadores gráficos anteriores foi útil para sua aprendizagem?



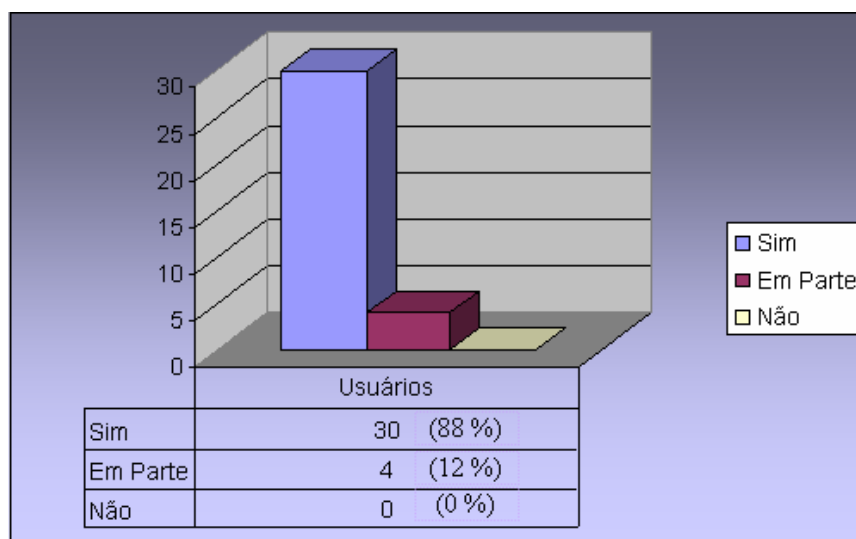
Percebe-se no gráfico que a maioria dos usuários entendeu como útil para a aprendizagem a possibilidade de visualizar e retornar aos organizadores gráficos anteriores.

- O processo de navegação nos organizadores gráficos, em geral, desde o início até o acesso aos experimentos físicos.



De acordo com o gráfico percebe-se que todos os usuários classificaram como fácil o processo de navegação, desde o início até o acesso aos experimentos físicos, somente a minoria classificou como parcialmente fácil este processo.

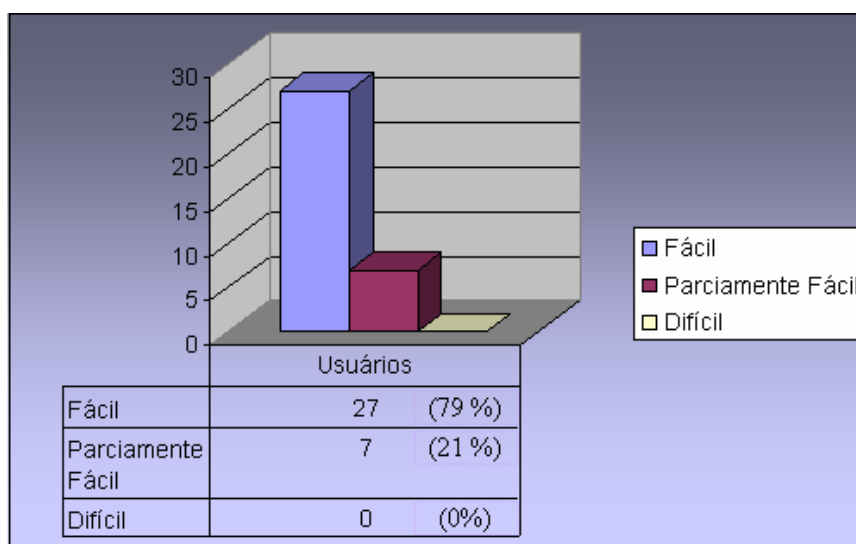
- As estratégias criadas para navegação pela estruturas tridimensionais contribuíram para sua aprendizagem?



Observa-se no gráfico que todos os usuários entenderam que as estratégias criadas para navegação pela estruturas tridimensionais contribuíram para a sua aprendizagem, apenas a minoria classificou como parcial esta contribuição.

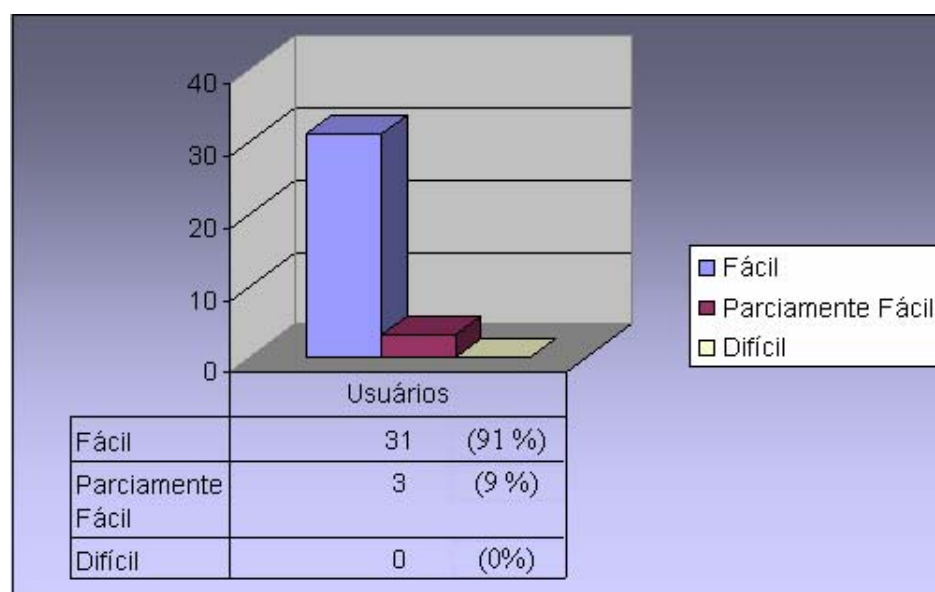
6.3.4 Questões sobre os experimento físicos virtuais

- A compreensão e utilização dos Painéis colocados junto aos experimentos.



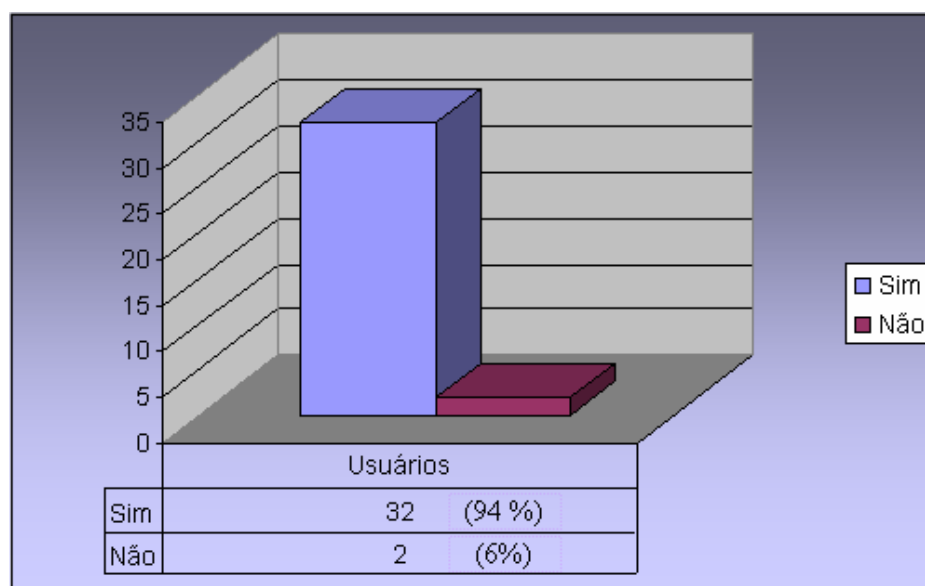
No gráfico percebe-se que todos os usuários consideraram fácil a compreensão e utilização dos Painéis de controle. A minoria considerou parcial esta facilidade.

- A visualização dos conceitos contidos nos Painéis.



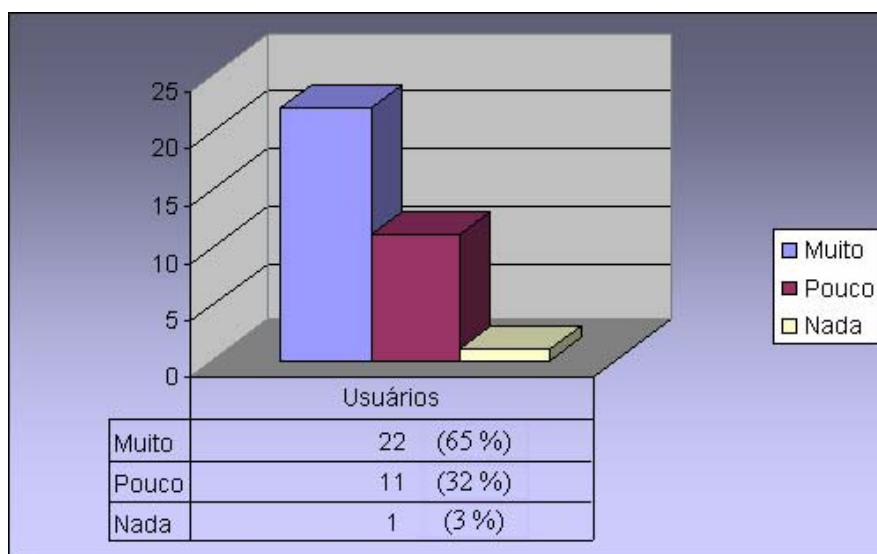
No gráfico observa-se que todos os usuários consideraram fácil a visualização dos conceitos nos Painéis, mas, a minoria considerou parcial esta facilidade.

- Como você considera que as informações contidas nestes Painéis são suficientes para a realizar e compreender o experimento?



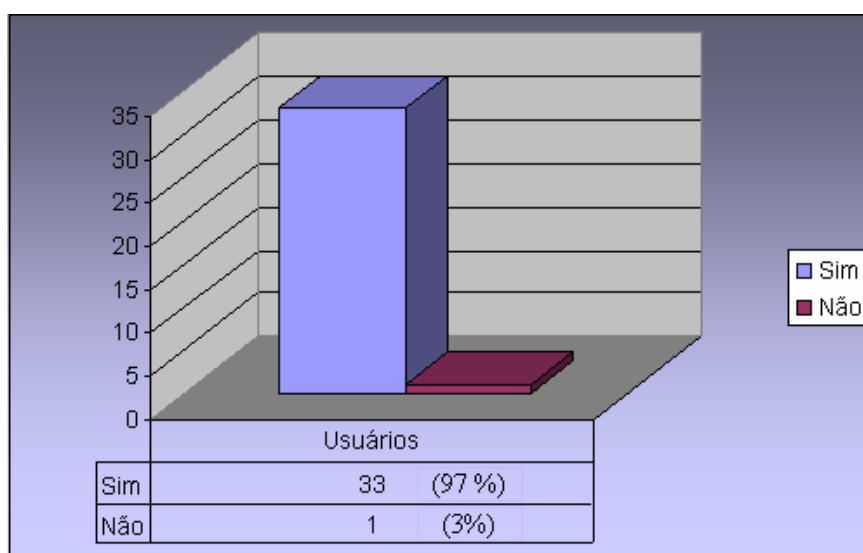
Observa-se no gráfico que maioria dos usuários considerou a informações contidas nos Painéis suficientes para realizar e compreender o experimento físico, somente dois usuários não consideraram suficientes as informações e não justificaram suas respostas.

- Os ambientes de simulação possuem relação com o cotidiano, ou seja, eles se assemelham com a realidade do seu dia-a-dia?



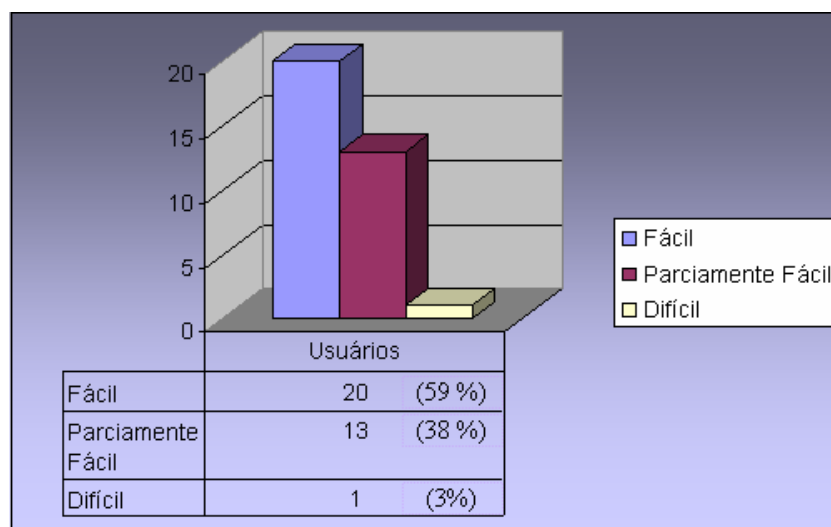
Ao observar o gráfico percebe-se que a maioria dos usuários acha que os ambientes de simulação possuem uma grande relação com o seu cotidiano, alguns acham que possuem pouca semelhança e apenas um usuário acha que cenário virtual não estabelece nenhuma relação com o seu cotidiano.

- Os objetos virtuais e as suas posições no ambiente de simulação contribuíram para a compreensão do fenômeno físico?



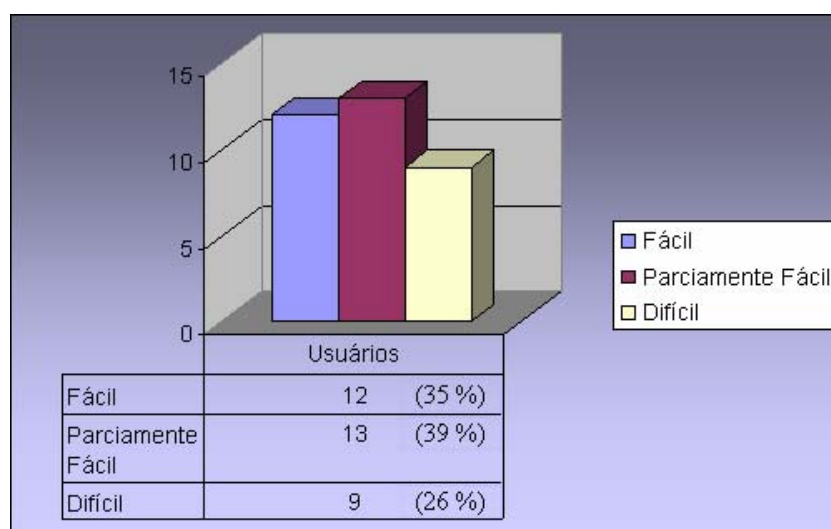
De acordo com o gráfico percebe-se que apenas um usuário entende que os objetos virtuais e as suas posições no ambiente de simulação não contribuíram para a compreensão do fenômeno físico, e ele não justificou a sua resposta.

- A manipulação dos objetos virtuais.



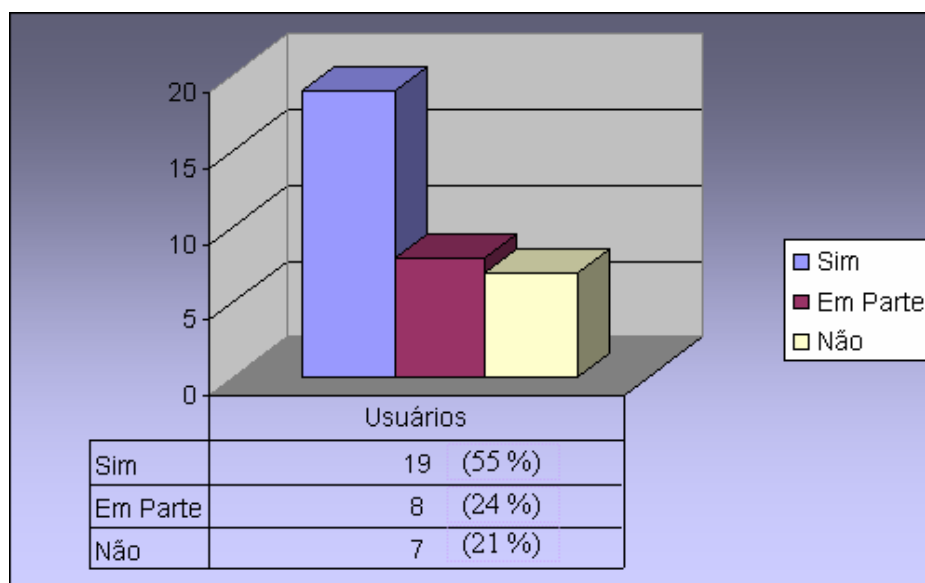
Percebe-se no gráfico que a maioria dos usuários não encontrou dificuldades em manipular os objetos virtuais.

- Descobrir os diferentes tipos de pontos de visão, ou seja, as diferentes câmeras.



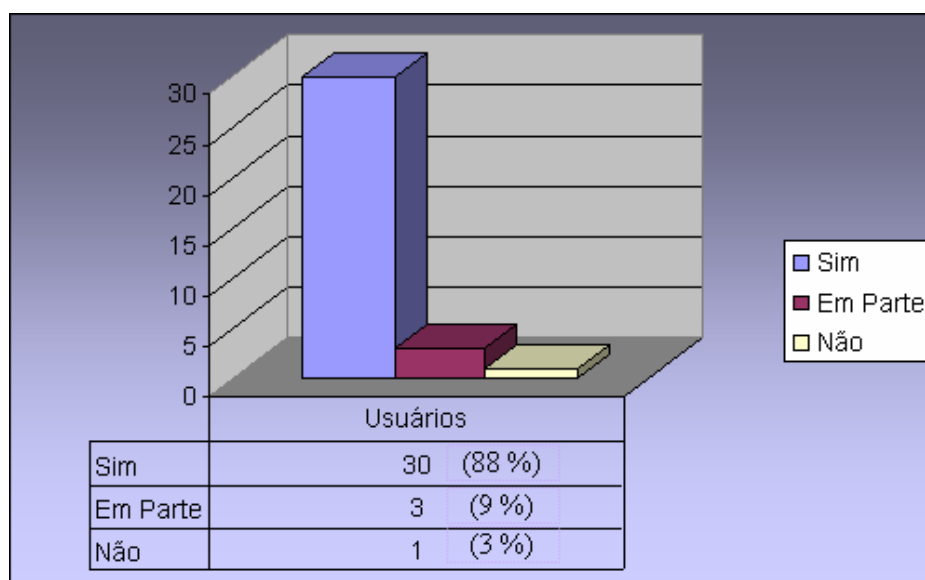
Observa-se no gráfico que a maioria dos usuários não encontrou dificuldades em descobrir os diferentes tipos de pontos de visão. Porém, existe um número considerável de usuários (nove) que encontrou dificuldades. Uma possibilidade que pode explicar a dificuldade encontrada por estes usuários seria porque o modo de mudar de câmeras no Ambiente Virtual VRML depende do *plug-in* utilizado, o Cortona não oferece um grande destaque a esta troca de pontos de vista em sua interface, logo esta ação deixa de ser intuitiva, mesmo sendo explicada no guia do usuário.

- Estas câmeras foram úteis para sua aprendizagem?



Percebe-se neste gráfico que para a maioria dos usuários as câmeras são úteis para sua aprendizagem. Porém, para sete deles as câmeras não foram úteis. Estes usuários foram os mesmos que encontraram dificuldades em mudar de câmeras, sendo assim, é plausível considerar que pode ter ocorrido uma influência da dificuldade em efetuar a troca de câmeras neste item da avaliação.

- Os ambientes de simulação contribuíram para sua aprendizagem?



De acordo com o gráfico percebe-se que apenas um usuário entende que os ambientes de simulação não contribuíram para a sua aprendizagem, porém, ele não justificou a sua resposta.

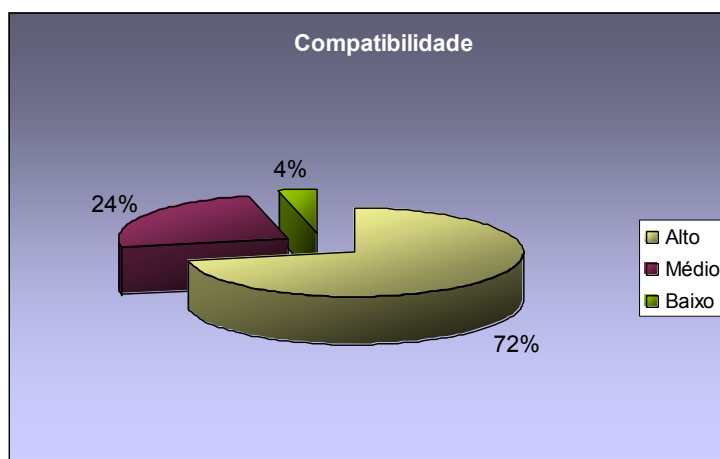
6.3.5 Questões sobre os mapas virtuais

As questões abaixo possuem como objetivo avaliar a aceitação, como os mapas conceituais dos experimentos contribuem para o processo aprendizagem e memorização, em longo prazo, de conceitos. Estas questões não foram respondidas, pois foi considerado que, para obtenção de resultados válidos e representativos seria necessária a aplicação de uma metodologia pedagógica que exige um longo prazo de aplicação e acompanhamento dos usuários.

- Com que frequência você utilizou a tecla “Tutorial” do painel?
- Com que frequência você acessa os *links* de definições dos mapas conceituais?
- Os mapas conceituais contribuíram para a sua compreensão do experimento físico?
- Os mapas conceituais contribuíram para que você memorizasse os conceitos envolvidos no experimento?

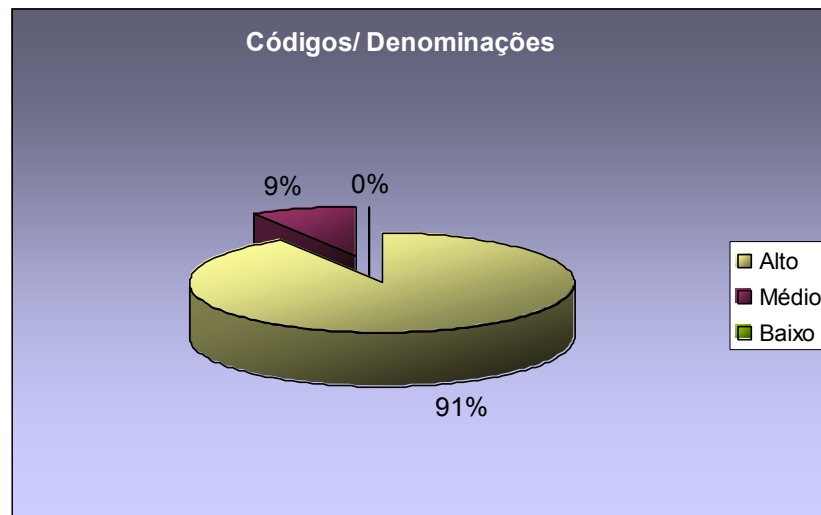
De posse dos resultados dos questionários de avaliação e suas representações gráficas foram realizados alguns estudos de Estatística Descritiva, com intuito de obter uma nova análise da avaliação deste sistema. Esta análise deve apresentar gráficos percentuais comparativos baseados em alguns parâmetros específicos da ISONORM 9241-10 Usability. Esta estratégia resulta em uma representação resumida e objetiva para a avaliação do *software*. Os gráficos provenientes destes estudos estão a seguir:

- **Compatibilidade** – Retrata a adequação das funções do sistema para as ações do usuário.



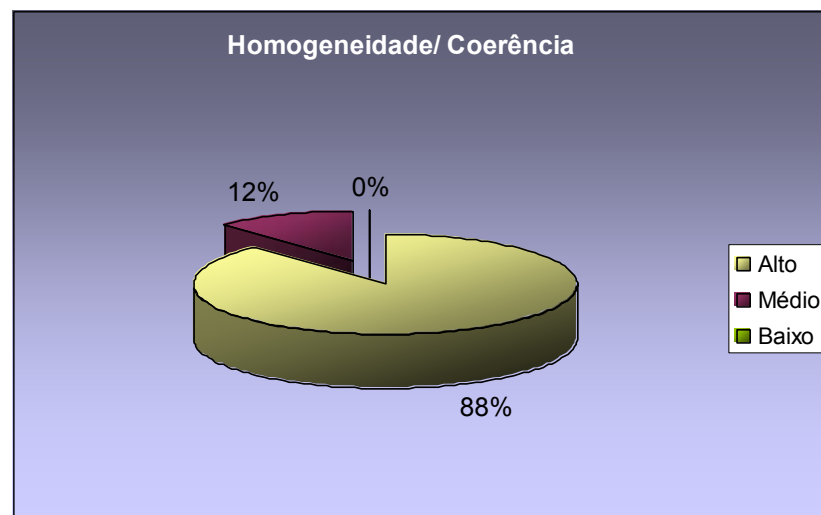
No gráfico pode-se observar que 72% dos usuários classificaram o parâmetro Compatibilidade do *software* como alto, 24% como médio e apenas 4% como baixo.

- **Códigos/Denominações** – Referem-se à clareza dos termos utilizados no *software*.



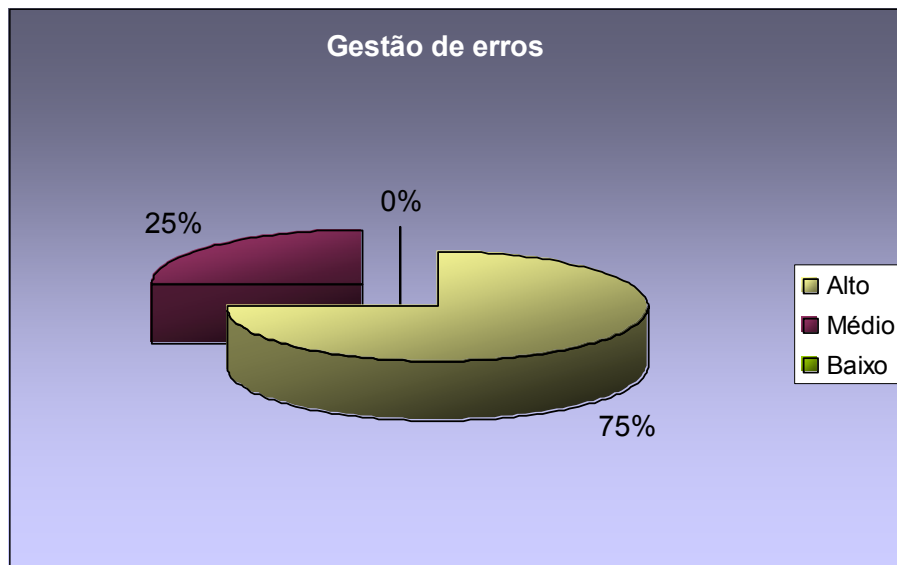
Observa-se no gráfico que 91% dos usuários classificaram o parâmetro Códigos/Denominações como alto, 9% como médio e 0% como baixo.

- **Homogeneidade/Coerência** – Retrata a facilidade de uso do programa.



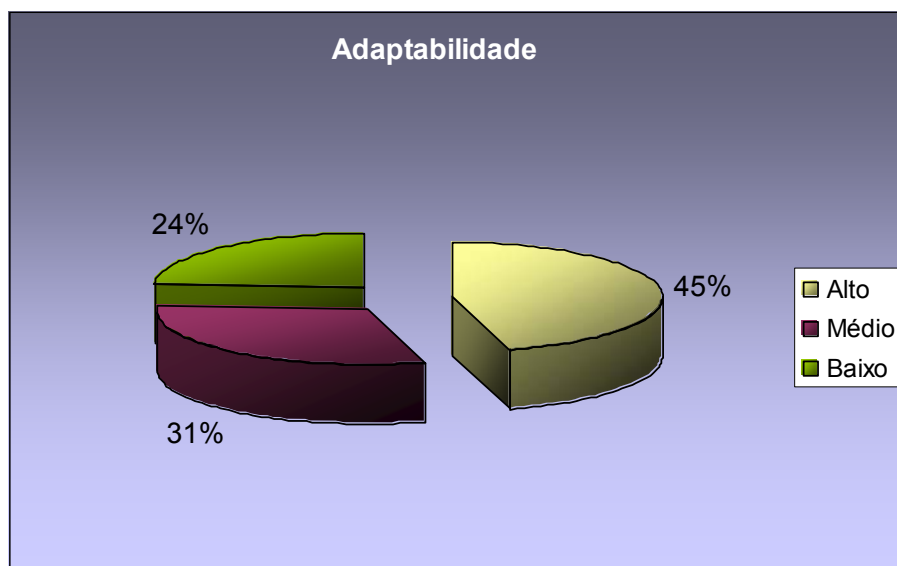
Pode-se observar no gráfico que 88% dos usuários classificaram o parâmetro Homogeneidade/Coerência como alto, 12% como médio e 0% como baixo.

- **Gestão de erros** – Refere-se à qualidade da ajuda ao usuário e as informações de uso do *software*.



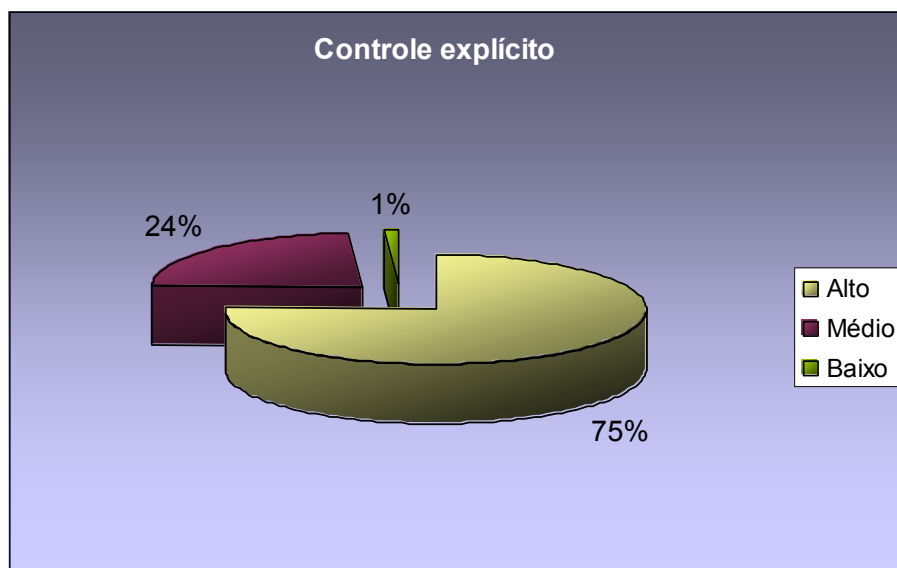
Observa-se no gráfico que 75% dos usuários classificaram o parâmetro Gestão de erros como alto, 25% como médio e 0% como baixo.

- **Adaptabilidade** – Retrata as diferentes maneiras de se realizar uma tarefa.



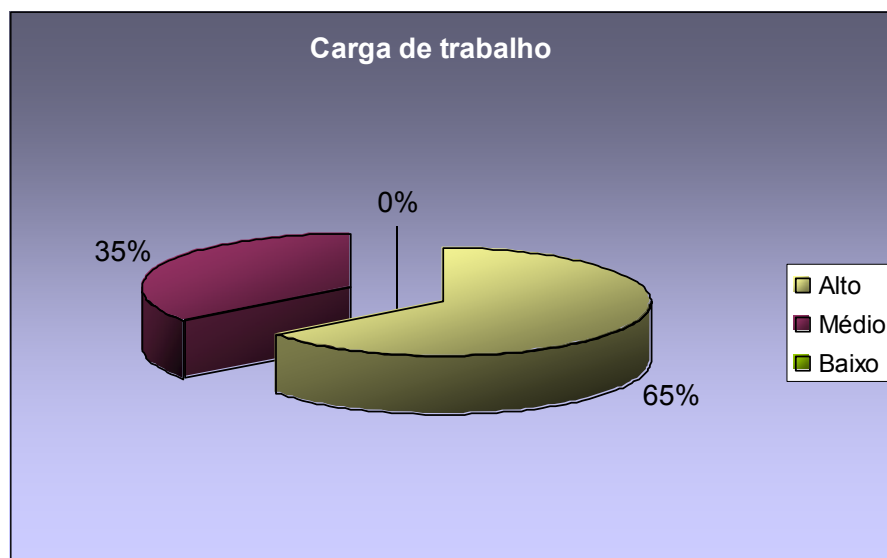
Pode-se observar no gráfico que 45% dos usuários classificaram o parâmetro Adaptabilidade como alto, 31% como médio e 24% como baixo.

- **Controle explícito** – Retrata o controle sobre as atividades do *software* e a confiança na execução destas.



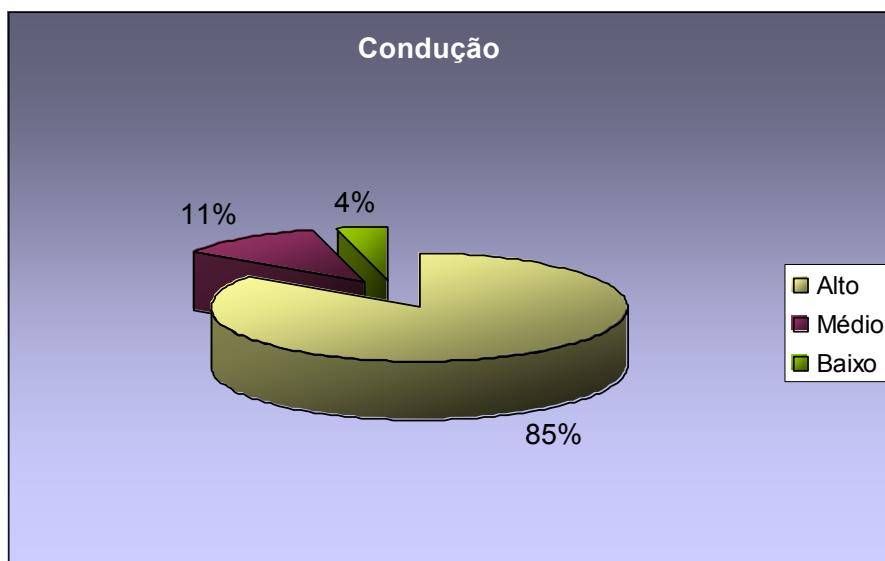
Observa-se no gráfico que 75% dos usuários classificaram o parâmetro Controle explícito como alto, 24% como médio e apenas 1% como baixo.

- **Carga de trabalho** – Refere-se ao número de passos e funções utilizadas para executar uma determinada tarefa.



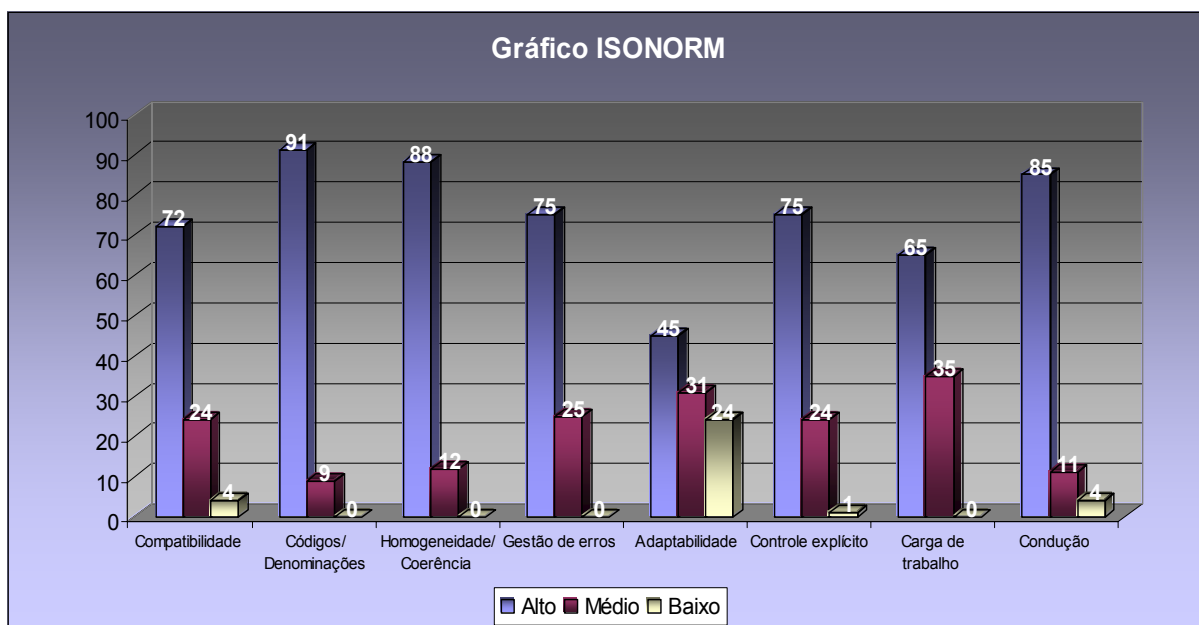
Pode-se observar no gráfico que 65% dos usuários classificaram o parâmetro Carga de trabalho como alto, 35% como médio e 0% como baixo.

- **Condução** – Retrata a agilidade de acesso a funções, aspectos gráficos da tela e, o entendimento de ícones.



Observa-se no gráfico que 85% dos usuários classificaram o parâmetro Condução como alto, 11% como médio e apenas 4% como baixo.

Em resumo e para melhor comparação construiu-se o gráfico abaixo.



Ao analisar os itens avaliados nos questionários, conclui-se que o sistema desenvolvido obteve uma boa aceitação por parte dos usuários entrevistados. Estes contribuíram com algumas sugestões, descritas a seguir:

- Inserir efeitos sonoros nos ambientes virtuais.

- Possibilitar a manipulação dos objetos virtuais por meio de um joystick.
- Criar uma forma de evidenciar a troca de câmeras.

Observando as sugestões propostas e o processo de avaliação, pode-se constatar que houve forte motivação por parte dos usuários na utilização do sistema, comprovando que *softwares* produzidos de forma multidisciplinar e apoiados em estruturas pedagógicas servem de estímulo aos usuários.

6.4 Tabela Comparativa

Finalmente, pode-se avaliar o SEFIRV comparando-o com outros *softwares* educacionais voltados para o ensino de Física. Abaixo, encontra-se o quadro comparativo apresentado no Capítulo 2, contendo os quatro *softwares* analisados, incluindo o SEFIRV.

Tabela 6.1: Quadro Comparativo incluindo o SEFIRV

	WebTop	FisicaNet	LVEF	Pintar	LVCE	SEFIRV
2D		✓		✓		
3D	✓		✓		✓	✓
Manipulação direta	✓		✓	✓	✓	✓
Modelagem realística	✓		✓		✓	✓
Apresentação dos resultados dos experimentos	✓			✓	✓	✓
Conteúdo completo de Física do Ensino Médio		✓		✓		✓
Presença de tutoriais de ajuda conceitual					✓	✓
Presença de ferramentas cognitiva					✓	✓
Presença de desenhos pedagógicos						✓

6.5 Limitações do Sistema

Além das limitações apontadas pelos usuários nas sugestões descritas (sons e câmeras pouco evidentes), o sistema apresenta outras limitações. Como, por exemplo, os ambientes de simulação possuem uma estrutura fixa, ou seja, não permitem ao usuário, de posse de um conjunto de objetos virtuais, construir diferentes experimentos. É permitido alterar propriedades de objetos virtuais, mas não inserir ou retirar objetos.

Outra limitação observada é que, em alguns experimentos, os Ambientes Virtuais oferecem pouca manipulação direta de seus objetos, o que gera dependência do painel de controle.

6.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o funcionamento do sistema, a avaliação e alguns de seus conceitos e metodologias, e as limitações do sistema. Por meio de um quadro comparativo de sistemas, verificou-se que o sistema apresenta algumas características adicionais em relação aos sistemas analisados, o que aumenta a sua eficiência em relação a aspectos de ensino/aprendizagem. Embora o SEFIRV apresente certas limitações, se mostrou adequado e atendeu aos objetivos propostos.

Capítulo 7

Conclusões e Trabalhos Futuros

7.1 Introdução

Esta dissertação descreveu uma pesquisa realizada de forma multidisciplinar (Engenharia Elétrica, Educação, Física e Artes Visuais) que engloba estudos sobre técnicas de Realidade Virtual e processos pedagógicos em ambientes computacionais. Este estudo visou a criação de um *software* educacional que ofereça suporte ao ensino de Física, direcionado ao Ensino Médio. O presente capítulo traz algumas conclusões a respeito deste trabalho e sugestões para possíveis trabalhos futuros.

7.2 Conclusões

No decorrer desta pesquisa, verificou-se a existência de diversos *softwares* voltados para o ensino de Física. No entanto, a maioria não apresenta uma fundamentação pedagógica explícita de seus ambientes, o que conseqüentemente acarreta desvios na eficiência do processo ensino e aprendizagem.

Diante disso, este estudo contribui com as pesquisas atuais em tecnologias da informação na educação, ao desenvolver um *software* para o ensino de Física, fundamentado em desenhos pedagógicos para ambientes computacionais. Apresenta diversos cenários e objetos de aprendizagem em Realidade Virtual, com o objetivo de estimular o gerenciamento da aprendizagem (aprender a aprender), a aprendizagem intencional e significativa de conceitos em Física que possam ser transferidos para outros contextos de aprendizagem.

Pode-se afirmar que o produto final desse *software* obteve melhoras significativas devido às contribuições da equipe multidisciplinar. A equipe da Educação contribuiu com a arquitetura e os desenhos pedagógicos dos cenários e objetos de aprendizagem dos três ambientes do sistema. A equipe de Física ofereceu

um suporte conceitual para o sistema e estratégias para a criação de simulações. A equipe de Artes Virtuais contribui com *layouts* interfaces para os Ambientes Virtuais e algumas modelagens de objetos.

A integração do VRML com o Javascript foi de suma importância na implementação. A linguagem VRML foi apropriada para modelar os mundos virtuais, porém para incluir interações, animações e realizar cálculos foi preciso utilizar uma linguagem de programação específica que contemplasse comandos (JavaScript). O uso de tal técnica garantiu a possibilidade do sistema desenvolvido ser acessado via Internet, sem custo de aquisição de *softwares* e *hardwares* adicionais.

De acordo com a avaliação dos usuários, o sistema apresenta-se como uma das principais contribuições para uso de processos pedagógicos integrados a técnicas de RV. A adoção de princípios e técnicas pedagógicas e as técnicas de RV exploradas indicaram uma maior motivação do usuário para o gerenciamento da informação e construção de seu conhecimento de forma mais intuitiva que outros tutoriais encontrados na literatura e na Internet.

Verificou-se que o SEFIRV foi bem aceito e de fácil usabilidade. Além disso, constatou-se também que os alunos não têm acesso freqüente ao laboratório de ensino de Física; pelo contrário, utilizam constantemente o computador. Diante desses fatos, indica-se que esse *software* pode oferecer suporte ao ensino de Física, tornando-se uma ferramenta de apoio às escolas e aos alunos que não têm acesso a laboratórios de Física instalados.

A avaliação demonstra que as estratégias de representação de fenômenos físicos, elaboradas para o desenvolvimento dos ambientes virtuais, foram bem avaliadas pelos usuários, sendo consideradas úteis para a aprendizagem em Física.

Os usuários consideraram que os organizadores gráficos e os mapas conceituais ajudaram no seu aprendizado, devido a sua organização, distribuição e as relações entre os conceitos. No entanto, não foi possível avaliar as contribuições destas ferramentas cognitivas para a memorização, a longo prazo, dos conceitos.

O desenvolvimento deste trabalho demonstrou o grande potencial que a tecnologia de Realidade Virtual oferece à área educacional, principalmente se esta tecnologia estiver aliada a processos pedagógicos.

E finalmente, é possível verificar que esta pesquisa contribuiu para melhoria do entendimento sobre o uso das técnicas de Realidade Virtual não-imersiva e ferramentas cognitivas (mapas conceituais e organizadores gráficos) como ferramentas auxiliares ao processo de ensino e aprendizagem.

7.3 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, uma possível continuação deste trabalho, podem ser sugeridas:

- A criação de outros modelos virtuais, ou mesmo a modificação dos ambientes do SEFIRV, para que o usuário possa, em um mesmo cenário, manipular um conjunto de objetos de aprendizagem para solução de diferentes problemas.
- O desenvolvimento de novos ambientes virtuais, introduzindo resolução de problemas e teorias de jogos como apoio pedagógico para estes ambientes.
- A criação de Ambientes Virtuais distribuídos em rede, para que a aprendizagem ocorra de forma cooperativa e síncrona.
- O desenvolvimento de uma plataforma de EAD, obedecendo ao padrão SCORM [SCORM, 2006], para acompanhar o aprendizado do aluno com o SEFIRV.
- O desenvolvimento de um sistema computacional de histórico para cada ambiente, no qual serão armazenadas as ações do usuário assim como as respostas do SEFIRV a estas ações. Este histórico terá como objetivo servir de suporte para análises e comparações mais complexas dos experimentos.

Referências Bibliográficas

[Alvarenga and Máximo, 2000] Alvarenga, B. and Máximo A. (2000). **Curso de Física: Volume 1**. 5. ed. São Paulo: Editora Scipione.

[American Association for the Advancement of Science- project 2061, 2001] American Association for the Advancement of Science - AAAS (2001) - **project 2061**. Atlas of Science Literacy. Washington.

[Ames et al., 1997] Ames, A. K., Nadeau, D. R., and Moreland, J. L. (1997). **VRML 2.0 Sourcebook**. John Wiley e Sons, New York, 2 edition.

[Andrade et al., 1998] Andrade, F. A., Wazlawick, S. R. and Cruz, D. M. (1998). Realidade Virtual na Escola: Um Panorama. **Anais do XVIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 18.**, 1998, Belo Horizonte, MG, p. 604 – 613.

[Ausubel, 1963] Ausubel, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Gruneand Stratton.

[Ausubel et al, 1984] Ausubel, D, Novak, N., Hanassen, D. (1984). **Psicologia Educacional**. Interamericana. Rio de Janeiro, Brasil.

[Barros and Kelner, 2003] Barros, P. G. and Kelner, J. (2003). Simulação de tráfego – uma experiência com Realidade Virtual. **Anais do VI Simpósio de Realidade Virtual (SVR 2003)**, p. 140 – 151.

[Burdea and Coiffet, 1994] Burdea, G. and Coiffet, P. (1994). **Virtual Reality Technology**. John Wiley and Sons, New York.

[Burgen and Härnqvist, 1997] Burgen, A. and Härnqvist, K. (1997). **Growing up with Science: developing early of Science**. Academia Europae, London.

[Cardoso, 2002] Cardoso, A. (2002). **Uma Arquitetura para Elaboração de Experimentos Virtuais Interativos suportados por Realidade Virtual Não-**

imersiva, Tese (Doutorado em Engenharia de Computação e Sistemas Digitais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

[CNE, 2002] CNE (2002). Resolução CNE/CP 1/2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 4 de março. Seção 1, p. 8.

[Collis, 2002] Collis, B. (2002). Information Technologies for Education and Training. In Adelsberger, Collis and Pawlowski (eds). **Handbokk on Information Technologies for Education and Training**. International. Handbooks on information Systems. Springer Verlag, Berlin.

[Cosmo worlds, 1996] Cosmo worlds (1996). **Cosmo worlds 2.0**. Disponível em: <<http://www.sgi.com/products/software/cosmo/worlds.html>>. Acesso: 11 de jul. 2005

[Coutaz, 1990] Coutaz, Jöelle. (1990). **Interfaces homme-ordinateur: conception et realisation**. Paris: Dunod Informatique.

[Discreet, 2002] Discreet (2002). **3d max 5**. Disponível em: <<http://www4.discreet.com/3dsmax/>>. Acesso: 11 de jul. 2005

[Encarnação, 1994] Encarnação, J. M. (1994). European Activities in Virtual Reality. **Anais do IEEE Computer Graphics and Applications**, p. 73.

[Escola Vesper, 2005] Escola Vesper (2005). **Definição de applet Java**. Disponível em: <<http://www.escolavesper.com.br/html.htm>>. Acesso: 11 de jul. 2005

[Faria, 1995] Faria, Wilson. (1995). **Mapas Conceituais: Aplicações ao ensino, currículo e avaliação**. São Paulo: EPU - Temas Básicos de educação e ensino.

[FisicaNet, 2005] FisicaNet (2005). **FisicaNet**. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/fisicanet/simulacoes/>>. Acesso em: 28 abr. 2005

[Fox and Shaddock, 1996] Fox, D. and Shaddock, P. (1996). **Web Publisher's Construction Kit with VRML/Live 3D: Creating 3D Web Worlds**. Waite Group.

[Galvis, 1992] Galvis, A.H. (1992). **Ingenieria de Software educativo**. Santafé de Bogotá: Ediciones Uniandes.

[Glaserfeld, 1995] Glaserfeld, E. (1995). **Construtivismo Radical**. Instituto Piaget, Lisboa.

[Good and Berger, 1997] Good, R and Berger, C. (1998) **The Computer as Powerful tool for Understanding Science**. In. Mintzes, Wandersee and Novak, ed. Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View. Academic Press, San Diego.

[Hartman and Wernecke, 1996] Hartman, J. and Wernecke, J. (1996). **The VRML 2.0 Handbook: Building Moving World on the Web**. Addison-Wesley.

[Henriques, 2000] Henriques, M. (2000). **O Pensamento Complexo e a Construção de um Currículo Não-Linear**. Disponível em: <<http://www.anped.org.br>>. Acesso em 15 de abril de 2000.

[INEP, 2002] INEP. **Perfil do Magistério da Educação Básica**. Brasília, 2002.

[Jans and Leclercq, 1997] Jans, V. and Leclercq, D. (1997). Metacognitive Realism: a cognitive style or a learning strategy? **Educational Psychology**, vol 17, n. 1 and 2.

[Jonassen, 1992] Jonassen, D. (1992). What are Cognitive tools. Jonassen, Kommers and Mayes. (eds.) **Cognitive Tools for Learning**. (Series F: Computer and Systems Sciences) vol. 81. Spring-Verlag, Berlin.

[Kirner, 2004] Kirner, C. (2004). **Realidade virtual: Dispositivos e aplicações**. Technical report, São Carlos, UFSCar, Departamento de Computação, Grupo de Pesquisa em Realidade Virtual. Disponível em: <<http://realidadevirtual.com.br/publicacoes/publicacoes.htm>>. Acesso em 03/07/2004.

[Latta, 1994] Latta, J. N. & Oberg, D. J (1994). A conceptual virtual reality model, **IEEE Computer Graphics & Applications**, pp. 23-29, Jan.

[Lebow, 1995] Lebow, D. (1995). **Constructivist Values for Instructional Systems Design: Five Principles Toward a New Mindset**. In Seels (ed.) Instructional Design Fundamentals: A Reconsideration Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey.

- [Lowyck, 2002] Lowyck, J., 2002. Pedagogical Design. In: Adelsberger, Collis and Pawlowski ed. **Handbokk on Information Technologies for Education and Training**. International. Handbooks on information Systems. Springer Verlag, Berlin.
- [Mendes, 2002] Mendes, E. B. (2002). **Tendências futuras para Planejamento Curricular Construtivista**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.
- [Mintzes, 1998] Mintzes, J; Wandersse, J. and Novak, J. (1998). **Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View**. Academic Press, San Diego.
- [Moreira, 1980] Moreira, M.A. (1980). **Aprendizagem Significativa. A teoria de David Ausubel**. Porto Alegre, São Paulo.
- [Nakamoto P., 2005] Nakamoto P. (2005). **Utilização de mapas conceituais na construção de ambientes virtuais de aprendizagem**. Dissertação (*Mestrado* em Ciências) – Faculdade de Engenharia Elétrica - UFU, Uberlândia, 2005.
- [ParallelGraphics, 2005] ParallelGraphics (2005). **ParallelGraphics**. Disponível em: <<http://www.parallelgraphics.com/>>. Acesso em: 28 abr. 2005.
- [Pimentel, 1995] Pimentel, David. (1995). **Amounts of pesticides reaching the target pests: environmental impacts and ethics**. J. Agric. Environ. Ethics 8:17-29.
- [Pinho, 1998] Pinho, M. S. (1998). **Realidade Virtual como ferramenta de Informática na Educação**. Porto Alegre: PUCRS.
- [Pintar, 2005] Pintar (2005). **Pintar**. Disponível em: < <http://www.geracaobyte.com.br/>>. Acesso em: 28 abr. 2005
- [PROINF, 2006] PROINF (2006). **PROINF**. Disponível em: <<http://www.uel.br/seed/nte/analisedesoftware.html>>. Acesso em: 01 jan. 2006
- [Prugmper, 1999] Prugmper, P. (1999). 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.

[Ribeiro C., 1998] Ribeiro C. (1998). **Bases pedagógicas e ergonômicas para concepção e avaliação de produtos educacionais informatizados**. Dissertação (*Mestrado* em Engenharia de Produção) – Faculdade de Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1998.

[Sacardamalia and Bereiter, 2000] Sacardamalia, M. and Bereiter, C. (2000). **Schools as knowledge Building Organizations**. Ontario Institute for Studies in Education of the University of Toronto. Disponível em <<http://www.csile.oise.on.ca/abstracts/ciar-understanding.html>>. Acesso em 20 de maio de 2000.

[Scapin, 1993] Scapin, Dominique L. (1993). **Organizing Human Factors Knowledge for Evaluation and Design of Interfaces** - B.P. 105/78153 Le Chesnay Cedex, France.

[SCORM, 2006] SCORM (2006). **SCORM**. Disponível em: <<http://www.scorm.com>>. Acesso em: 01 jan. 2006

[Senach, 1993] Senach, B. (1993). L'Évaluation ergonomique des interfaces homme-machine. Une revue de la littérature. In: SPERANDIO, Jean-Claude. **L'ergonomie dans la conception des projets informatiques**. Toulouse-France: Octares Éditions.

[Silicon Graphics, 2005] Silicon Graphics (2005). **Silicon Graphics**. Disponível em: <<http://www.sgi.com/software/cosmo>>. Acesso em: 17 dez. 2005

[Sperandio, 1988] Sperandio, J. C. (1988). **L'ergonomie du travail mental**. Paris: Masson.

[Tamiosso and Raposo, 1997] Tamiosso, F. S., Raposo, A. B (1997). **Building Interactive Animations using VRML and Java**. Proc. of X Brazilian Symposium of Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'97), pp 42-48.

[WebTop, 2005] WebTop (2005). **WebTop**. Disponível em: <<http://webtop.msstate.edu/>> Acesso em: 28 abr. 2005.

[Winn, 1993] Winn, W. (1993). **A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality**. Human Interface Technology Laboratory, Washington Technology Center.

[Wisner, 1987] Wisner, A. (1987). **Por dentro do trabalho. Ergonomia: Método e Técnica**. São Paulo: FTD.

[X3D, 2005] X3D (2005). **X3D**. Disponível em: <<http://www.web3d.org/x3d>>. Acesso em: 28 abr. 2005

Anexo

Avaliação do Programa de Experiências de Física

Avaliador: _____ Data da avaliação: ____ / ____ / 2005
Série: ☐ 1º Colegial ☐ 2º Colegial ☐ 3º Colegial
Escola: _____

1. Você já desenvolveu experimentos de Física em laboratórios durante o Ensino Médio?
☐ Sim ☐ Não
2. Com qual frequência você usa o computador?
☐ Muito Frequentemente ☐ Frequentemente ☐ Pouco Frequentemente
3. Você conseguiu compreender o guia do usuário?
☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte
4. Você considera que o guia do usuário ajudou na compreensão do software?
☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

I. Organizadores Gráficos de Conceitos Tridimensionais (Diagramas 3d)

1. Você considera que descobrir a função do ícone , ou seja, realizar a abertura da “janela de definição” foi:
☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil
2. Você considera que utilizar o ícone  para acessar a “janela de definição” é:
☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil
3. Você conseguiu compreender as informações das “janelas de definições”?
☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte
4. As “janelas de definições” foram úteis para sua aprendizagem?
☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte
5. Você considera que a visualização dos próximos organizadores gráficos antes que ocorra a progressão no ambiente é útil para sua aprendizagem?
☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte
6. Você considera que a progressão para a próxima estrutura foi de fácil manuseio?
☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte
7. Você considera que este tipo de progressão foi útil para sua aprendizagem?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

8. Você considera que descobrir a função do ícone , ou seja, visualizar os organizadores gráficos anteriores e retornar a esta estrutura se necessário, foi:

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

9. Você considera que a utilizar o ícone  para visualizar e retornar aos organizadores gráficos anteriores, se necessário, é:

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

10. A possibilidade de visualizar e retornar, se necessário, aos organizadores gráficos anteriores foi útil para sua aprendizagem?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

11. Como você considera o processo de navegação nos organizadores gráficos em geral, desde o início até o acesso aos experimentos físicos?

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

12. As estratégias criadas para navegação pela estruturas tridimensionais contribuíram para sua aprendizagem?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

II. Experimentos Físicos Virtuais

1. Como você considera a compreensão e utilização dos Painéis colocados junto aos experimentos, que lhe permitem alterar valores?

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

2. Como você considera a visualização dos conceitos contidos nos Painéis (Exemplo Aceleração do Motor, tempo, velocidade, etc)?

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

3. Como você considera que as informações contidas nestes Painéis são suficientes para a realizar e compreender o experimento?

☐ Sim, são suficientes.

☐ Não, faltam informações. Quais?

4. Os ambientes de simulação possuem relação com o cotidiano, ou seja, eles se assemelham com a realidade do seu dia-a-dia?

☐ Muito ☐ Pouco ☐ Nada

5. O ambiente onde você realiza o experimento é composto por um conjunto de objetos (por exemplo, carro, casas, etc), chamados de objetos virtuais. Estes objetos e a suas posições no ambiente de simulação, contribuíram para a compreensão do fenômeno físico?

☐ Sim, contribuiu.

☐ Não contribuiu. Sugira novos objetos e novas formas de organizar os ambientes

6. Como você considera a manipulação dos objetos virtuais?

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

7. Como você considera descobrir os diferentes tipos de pontos de visão, ou seja, as diferentes câmeras?

☐ Fácil ☐ Parcialmente Fácil ☐ Difícil

8. Estas câmeras foram úteis para sua aprendizagem?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

9. Os ambientes de simulação contribuíram para sua aprendizagem?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

III. Mapas conceituais

1. Com que frequência você utilizou a tecla “Tutorial” do painel?

☐ Muito Frequentemente ☐ Frequentemente ☐ Pouco Frequentemente

2. Com que frequência você acessa os *links* de definições dos mapas conceituais?

☐ Muito Frequentemente ☐ Frequentemente ☐ Pouco Frequentemente

3. Os mapas conceituais contribuíram para a sua compreensão do experimento físico?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

4. Os mapas conceituais contribuíram para que você memoriza-se os conceitos envolvidos no experimento?

☐ Sim ☐ Não ☐ Em parte

IV. Comentários ou sugestões adicionais
