

Técnicas de Modelagem de Ambientes Fabris Utilizando Equipamentos de Capacidade Limitada de Processamento

*Ildeberto de Genova Bugatti
Shusaburo Motoyama
Ana Paula Piovesan Melchiori Peruzza
Claudiney Sanches Júnior
Thiago Tognoli Lopes
Rodrigo Dieger
Murilo Alvarez Gigliotti*

Resumo

Neste artigo são descritas as técnicas de modelagem e partição visando à implementação de mundos virtuais com alto grau de realismo imersivo para serem processados e visualizados em equipamentos com capacidade limitada de processamento.

As técnicas propostas foram implementadas em um estudo de caso, onde se mostra o mundo virtual que representa a fábrica de polímeros da Empresa Politen, localizada no polo petroquímico da Bahia, bem como, a utilização de sua matéria prima para a construção de produtos finais através de oito processos de transformação.

Utilizando a tecnologia de Realidade Virtual Imersiva, uma ferramenta gráfica foi construída em um sistema computacional de baixo custo em que o ambiente fabril da Politen é modelado, algumas partes simuladas e processadas em tempo real.

Palavra-Chave – Realidade Virtual, Imersão, Texturas, Partição, Modelagem de Ambientes Fabris, Simulação, Visualização, Tempo real.

1- Introdução

O campo de pesquisa em Realidade Virtual (RV) tem recebido um grande desenvolvimento, contribuindo na obtenção de Sistemas Computacionais com um novo paradigma de interface com o usuário [1] [16].

A principal característica da Realidade Virtual é permitir uma sensação de realismo ao usuário. A intensidade deste realismo está relacionada com a capacidade de imersão e não imersão dos sistemas implementados.

Para sistemas de RV não imersivos, não existe a necessidade de equipamentos periféricos, propiciando custos menores, sendo adequados para aplicações que exigem primordialmente características de tridimensionalidade [2].

A principal característica da RV imersiva é a necessidade de periféricos que propiciam um alto grau de imersão. Existem no mercado equipamentos periféricos tais como, óculos 3D, capacetes, luvas, atuadores, sensores e juntamente com técnicas de simulação e geração de

imagens tridimensionais que permitem a construção e utilização de sistemas imersivos com alto grau de realismo [3].

A sensação de imersão é atribuída, também, à necessidade de processamento em tempo real, exigindo consequentemente, processadores de alta velocidade, grande capacidade de armazenamento e processamento em ambiente distribuído.

Equipamentos computacionais com essas características possuem custos proibitivos para aplicações comerciais. Entretanto, em determinadas áreas de pesquisa e desenvolvimento, tais como, previsão de tempo, sistemas de informações geográficas, simuladores de voo, entre outros, apresentam uma relação custo/benefício bastante satisfatória, observando grandes vantagens técnicas em relação aos sistemas atualmente existentes [4]. A utilização de tecnologia de RV está sendo aplicada principalmente na área de entretenimento (jogos, filmes e outros).

O objetivo deste artigo é propor sistemas de RV de baixo custo, através do desenvolvimento de técnicas de modelagem, simulação e visualização que propiciam sensação de realismo e imersão em equipamentos com capacidade limitada de processamento encontrada em PCs comerciais.

As técnicas desenvolvidas propiciam a generalização do uso de RV na implementação de sistemas de RV imersivos e não imersivos. Além disso, as técnicas desenvolvidas são potencialmente aplicáveis na construção de sistemas de RV para geração de ferramentas educacionais e/ou à distância e em ambientes fabris.

O exemplo de aplicação utilizado neste artigo refere-se à implementação de um mundo virtual imersivo, que mostra um ambiente fabril contendo a unidade de produção de resinas da empresa Politen e vários processos de transformação da matéria prima, polietileno, para a obtenção de produtos e/ou objetos plásticos.

O artigo está organizado da seguinte forma: Na seção 2 são descritos o ambiente fabril da empresa Politen e os processos de transformação de sua matéria prima em produtos finais, que serão implementados em um mundo virtual imersivo. As técnicas de modelagem utilizadas para a implementação do mundo virtual com alto grau de realismo imersivo são apresentadas na seção 3. Na seção 4 são mostradas as técnicas de partição utilizadas e a aplicação dessas técnicas para a obtenção de naturalidade de navegação e visualização do mundo virtual implementado. Na seção 5 são descritas as características do sistema computacional utilizado, e finalmente na seção 6 são apresentados os principais resultados e contribuições.

2- O Ambiente Fabril da Empresa Politen

A fábrica da empresa Politen, localizada no polo petroquímico de Camaçari na Bahia, possui área total de 184.250 m². A Politen produz um conjunto de seis famílias de resinas (polietileno de baixa densidade, polietileno de alta densidade, polietileno de média densidade, polietileno linear de baixa densidade, polietileno linear de média densidade e copolímero de etileno acetato de vinila-EVA), totalizando 56 diferentes produtos [5].

Estes produtos são utilizados por empresas transformadoras de plásticos, que utilizam as resinas de polietileno e de EVA, como matérias primas para produção de utilidades como brinquedos, baldes plásticos, utensílios domésticos, embalagens flexíveis, caixas d'água, conectores elétricos, mangueiras, solado de calçados e outros mais. Cerca de 80% do

mercado dos produtos da Politeño encontram-se nas regiões sudeste, centro-oeste e sul, cerca de 20% do mercado encontram-se nas regiões norte e nordeste. Isto obriga a Politeño a desenvolver uma logística de distribuição bastante eficiente para vencer essa distância do seu principal mercado [6].

Para a transformação das resinas em produtos plásticos finais, as empresas transformadoras podem utilizar oito processos disponíveis: rotomoldagem; filme, tubos, placa expandida, *hotmelt*, injeção, sopro e estruturas orientadas.

No processo de rotomoldagem, a resina é colocada em um molde, que por sua vez passa por um forno com temperatura e tempo pré-estabelecidos. Os movimentos rotacionais do molde dão a forma desejada da peça. Após a etapa de conformação da peça o forno é aberto e o molde, ainda em movimento, é resfriado. A peça é sacada do molde somente depois da etapa de resfriamento estar concluída. Esse processo é utilizado para a fabricação de peças de grandes dimensões, tais como, tanques para transporte de líquidos em geral (água, defensivos agrícolas e outros).

No processo filme, os polietilenos são colocados no funil, independentemente do tipo de resina. Através de uma rosca sem fim e de um processo de aquecimento externo, por resistência elétrica e interna, por cisalhamento, a resina é transportada, passando por uma etapa de compressão e plastificação. Ao passar por filtros, o material é submetido a uma última etapa de homogeneização. O produto, então, é encaminhado para uma matriz que pode ser circular ou plana, gerando o filme.

A própria denominação do processo, “tubo”, indica que o processo é utilizado para a fabricação de tubos que podem ser utilizados na construção civil para conter cabos elétricos ou condutores de líquidos. Nesse processo, as resinas são introduzidas em uma extrusora por um funil. Através de uma rosca sem fim e de um processo de aquecimento externo e interno, a resina passa por uma etapa de compressão e plastificação, até a sua homogeneização total. Os tubos são devidamente acabados ao passarem por uma banheira contendo calibradores e um sistema de resfriamento por água, dando acabamento às peças produzidas. O embobinamento em carretéis é feito de acordo com as necessidades e os pedidos dos usuários finais.

No processo de placa expandida é produzida uma massa resultante da mistura de vários itens. Essa massa passa por cilindros misturadores para originar um laminado, que é introduzido em um molde localizado em uma prensa aquecida, onde ocorre o processo de expansão e reticulação. As principais aplicações das placas expandidas acontecem na indústria de calçados para a fabricação de solas, entressolas e palmilhas; na indústria náutica na fabricação de flutuadores, além da produção de tatames, redutores de ruídos, entre outras.

Os objetos produzidos no processo *Hotmelt* são muito utilizados em embalagens, montagem de móveis, filtros de ar, dispositivos eletrônicos, encadernação de livros e revistas, catálogos, agendas, absorventes higiênicos, fraldas descartáveis, fitas adesivas entre outros. Neste processo, as resinas são colocadas em um “reator misturador”, com aquecimento e agitação constantes, onde são fundidos e misturados. Depois do controle final das propriedades requeridas, todo o material é enviado para um tanque aquecido e, em seguida, transferido para uma esteira de resfriamento e acabamento, dando a forma final ao produto.

A moldagem por injeção é o processo que permite a confecção de utensílios plásticos em geral, tais como: bacias, tampas, caixas, para-choques, calotas, entre outros. O processo

consiste na introdução do plástico em um molde fechado e frio ou pouco aquecido, por intermédio de pressão fornecida por um êmbolo. O material preenche as cavidades do molde e o artefato plástico é posteriormente extraído.

Moldagem por sopro é um processo para produzir artigos ocos fechados, tais como: bolsas, frascos ou garrafas. O processo consiste na expansão de um tubo pré-conformado, sobre a ação de aquecimento e ar comprimido, no interior de um molde bipartido. Em contato com o molde, o material resfria e endurece, permitindo a abertura e a retirada do artefato.

O processo de estrutura orientada utiliza bobinas produzidas através de processo de extrusão, que são conduzidas para teares para a produção de fitas. Após o aquecimento e alongamento das fitas, são trançadas para a obtenção do tecido aplicado em sacarias, telas entre outros.

O ambiente fabril descrito é extremamente complexo. A sua implementação em um mundo virtual em PC comercial é um desafio muito grande, exigindo técnicas de modelagem e partição eficientes.

3- Técnicas de Modelagem

Em geral, a modelagem de ambientes virtuais é realizada objeto a objeto. A composição dos diversos objetos gera o mundo virtual desejado. A modelagem de cada objeto deve ser realizada de acordo com os seguintes parâmetros: nível de detalhes e distância de visualização. Nos dois casos, a quantidade de polígonos utilizados influencia tanto no número de pontos gerados quanto na dimensão do arquivo necessário para representar o objeto modelado.

A distância afeta a sensação de visualização realista de um objeto. A proximidade do objeto exige um nível de detalhe maior, requerendo um modelo do objeto com um número maior de polígonos para representá-lo com precisão. Para longas distâncias, é possível manter o grau de realismo sem a necessidade de uma modelagem detalhada. Dessa maneira, é necessário gerar dois ou mais modelos do mesmo objeto permitindo a manutenção de seu realismo para as diversas distâncias de visualização. Além disso, essa técnica também viabiliza a visualização global do mundo virtual mantendo o grau de realismo do conjunto.

Para a modelagem de objetos em PCs, deve-se utilizar menos polígonos possíveis, mantendo, entretanto, o realismo desejado. Para modelar uma árvore, por exemplo, pode-se utilizar diversos níveis de detalhes. Um modelo que represente a árvore com todos os detalhes de seus troncos, galhos e folhas necessita de um número de polígonos proibitivo para PCs. Entretanto, com um número pequeno de polígonos, em geral, obtém-se um baixo grau de realismo, como mostrado na Fig. 3.1a. Na figura, os troncos e os galhos são modelados, cada um, por quatro planos (16 pontos), e uma folha através de um triângulo (três pontos). Dessa forma, o modelo de árvore da figura que contém 1 tronco, 10 galhos e 10 folhas por galho, tem-se no total 476 pontos além de texturas.

Uma técnica para diminuir o número de pontos gerados na modelagem de um objeto está na utilização de planos perpendiculares e texturas. No caso anterior, a árvore modelada pode ser representada por somente dois planos e texturas. Desta maneira, pode-se representar a árvore com dois planos (8 pontos). Esta técnica possibilita alto grau de realismo quando a visualização do objeto é realizada para visões distantes, e inadequada para visões detalhadas. A Fig. 3.1b mostra as visões próximas da árvore, obtidas a partir da técnica de

modelagem proposta, e a Fig. 3.1c mostra um conjunto da mesma árvore visualizado a distância [7].



Figura 3.1a – Árvore com baixo grau de realismo



Figura. 3.1b- Árvore modelada com texturas e planos

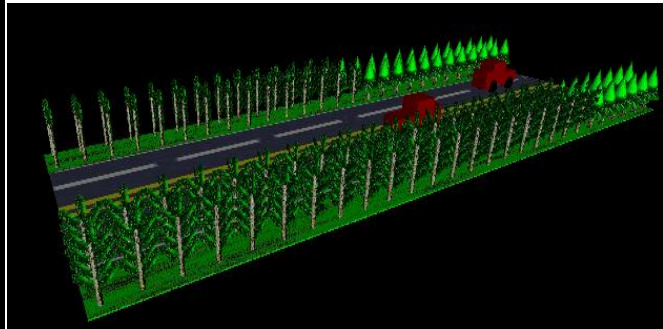


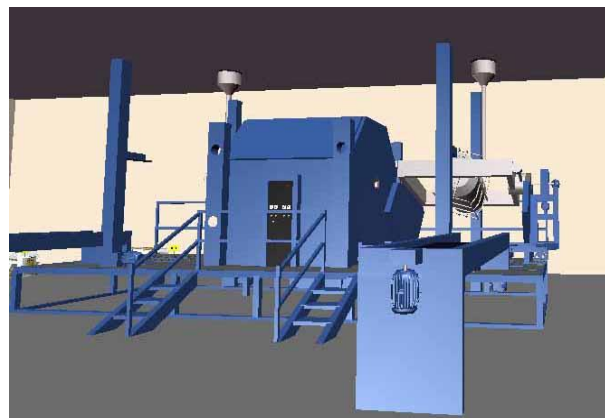
Figura 3.1c-Floresta contendo reproduções da árvore mostrada na Fig.3.1b

A técnica utilizada na modelagem do ambiente fabril é sempre reduzir o número de polígonos e complementar com texturas para a obtenção de efeitos realísticos.

A Fig. 3.2 mostra uma foto de um equipamento utilizado em um ambiente fabril real, para produzir objetos plásticos através do processo de rotomoldagem (Fig.3.2a) e o equipamento virtual modelado (Fig. 3.2b), utilizando a técnica desenvolvida.



a- Foto de um forno real para rotomoldagem



b- Equipamento de rotomoldagem modelado

Figura 3.2- Equipamentos utilizados no processo de rotomoldagem

4- Técnicas de Partição

O mundo virtual pode ser modelado com diferentes níveis de detalhes, que influenciam na dimensão dos arquivos que representam esse mundo. A navegação em um mundo virtual deve conter características de sensação de sequência e naturalidade de visualização dos

objetos contidos. Esta naturalidade de navegação está diretamente relacionada com a capacidade de processamento e armazenamento do equipamento utilizado. Assim, quando a dimensão dos arquivos do mundo modelado excede tanto a capacidade de armazenamento quanto a velocidade de processamento, são utilizadas técnicas para particionar o mundo virtual, para a obtenção de sensação de visualização e naturalidade adequada às características do mundo virtual.

Existe um comprometimento entre as características do equipamento e a necessidade de número de partições do mundo virtual, para a obtenção de efeitos de visualização e realismo. Um equipamento com maior capacidade de processamento pode necessitar um menor número de partições. Consequentemente, uma capacidade limitada de processamento pode acarretar um maior número de partições.

A partição do mundo virtual deve ser implementada através da utilização de técnicas que possibilitem, mesmo com o mundo particionado, a manutenção da sensação de navegação natural entre as diversas partições. Nessas técnicas, três parâmetros possuem maior relevância, os níveis de detalhes dos objetos observados, o grau de liberdade de navegação e as características peculiares ao mundo modelado [8].

Suponha um mundo virtual, dividido em 9 partições, como mostrado na Fig. 4.1. Um “avatar” posicionado na partição P5, com liberdade total de navegação, pode caminhar para qualquer uma das demais partições. Esse grau de liberdade necessita de processamento de alto desempenho.

Considerando um “avatar”, posicionado na partição P5, capaz de movimentar-se nas direções esquerda, direita, acima e abaixo, pode caminhar apenas para as partições adjacentes (P2, P6, P8 e P4). Já, um “avatar” com trajetórias pré-definidas, pode caminhar para uma única partição. Estes dois últimos casos diminuem a necessidade de processamento de alto desempenho, sendo mais apropriados para PCs [9].

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P7	P8	P9

Figura 4.1 – Exemplo de Partição

O exemplo a seguir mostra uma técnica utilizada para gerar as partições do ambiente fabril, descritos na seção 2. O ambiente fabril possui vários níveis de processos de fabricação que abrange desde a obtenção de matéria prima (polietileno) até a sua transformação em produtos finais (objetos plásticos em geral).

O mundo virtual gerado do complexo fabril é muito abrangente e apresenta níveis de detalhes importantes para mostrar, com realismo desejado, todos os processos envolvidos. Ficaria impossível visualizar, em uma única partição, o mundo virtual nos equipamentos disponíveis no projeto. Para minimizar o número de partições, foram adotados os seguintes critérios: definição de trajetórias pré-determinadas, com baixo grau de liberdade de navegação, e geração de somente 6 partições e várias subpartições. Essas seis partições

foram definidas, considerando características inerentes ao ambiente fabril e as dimensões atribuídas a cada uma delas. As subpartições mostram maiores níveis de detalhamento, tanto de ambientes internos quanto dos equipamentos de produção de objetos plásticos.

Para a migração entre partições foram anexados ao mundo gerado, ambientes resumidos, (antessalas e um elevador) e introdução de sonorização, que possibilitaram a manutenção da naturalidade de navegação e o tempo de processamento, necessário para o carregamento da próxima partição definida na trajetória [10].

A navegação pelas partições do mundo virtual é realizada com pouco grau de liberdade para o usuário. Esta técnica evita o tratamento de colisão e otimiza a migração entre as partições [11].

As seis partições são: a unidade fabril da Politeño em Camaçari, a logística da distribuição da matéria prima (resina) para as empresas transformadoras e 4 partições contendo, cada uma, dois processos de transformação (rotomoldagem e filme, tubos e placa expandida, *hotmelt* e injeção, sopro e estruturas orientadas) [12] [13].

A Fig. 4.2 mostra a partição que contém o modelo virtual da unidade fabril da Politeño em Camaçari. Esta partição foi subdividida em subpartições utilizadas para mostrar detalhes internos dos prédios e também de equipamentos utilizados na produção de resinas (Fig. 4.3). O funcionamento de alguns equipamentos foram simulados e processados em tempo real, durante a visualização e navegação através do mundo. As Fig. 4.3a e 4.3b mostram as visões externa e interna, detalhadas, com simulação do equipamento denominado misturador e as Fig. 4.3c e 4.3d mostram as visões externa e interna de um prédio. A visualização, em tempo real, do funcionamento dos equipamentos simulados, exige uma capacidade de processamento adicional do sistema.

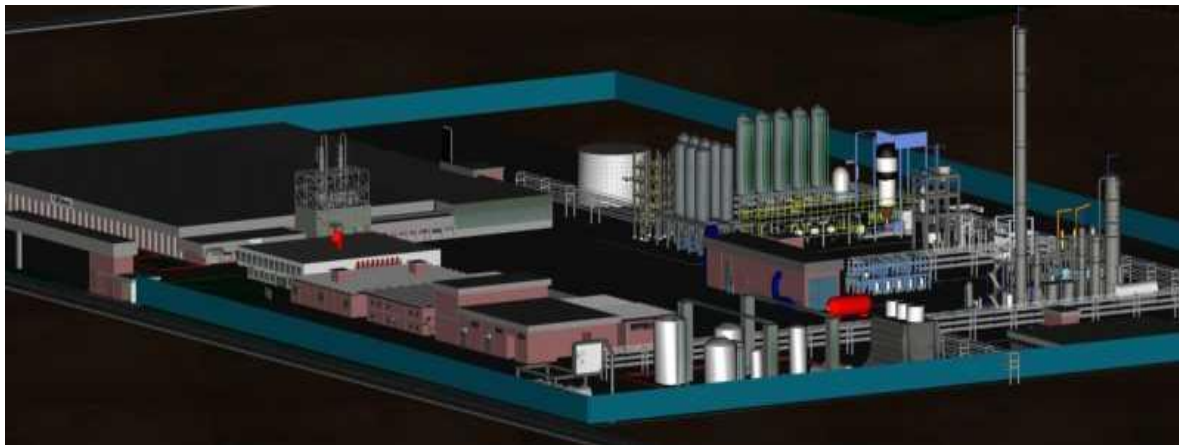
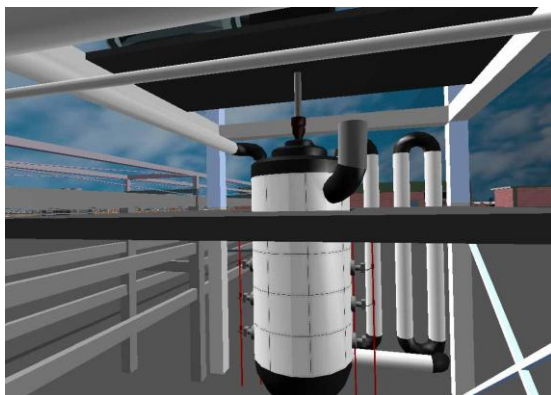
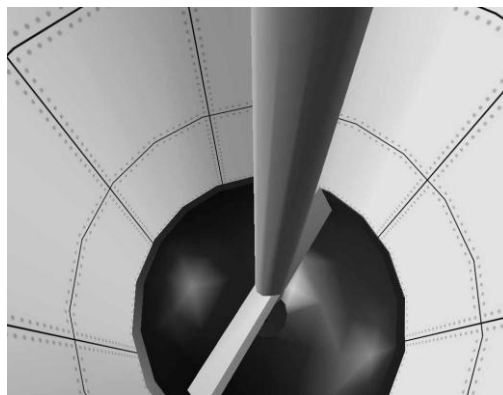


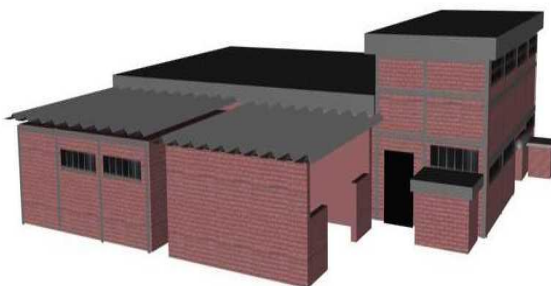
Figura 4.2- Visão aérea do modelo da fábrica da empresa Politeño em Camaçari.



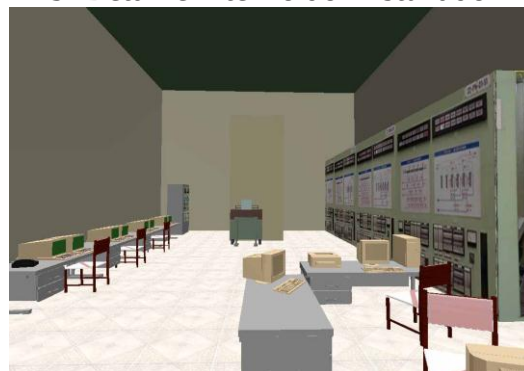
a- Visão externa de um misturador



b- Detalhe interno do misturador



c- Visão externa de um prédio



d- Visão interna (sala de controle)

Figura 4.3 – Visões internas e externas do equipamento e instalação civil

A Fig. 4.4 mostra uma pequena amostra da partição que contém o modelo virtual da logística de distribuição da matéria prima (resina) para as empresas transformadoras. O sistema de transporte utilizado para conduzir os produtos da Politenor até o seu destino é determinada com base no tempo de transporte, custo e localização geográfica do cliente. Foram modelados e simulados todos os meios de transporte utilizados, marítimo, ferroviário e rodoviário.



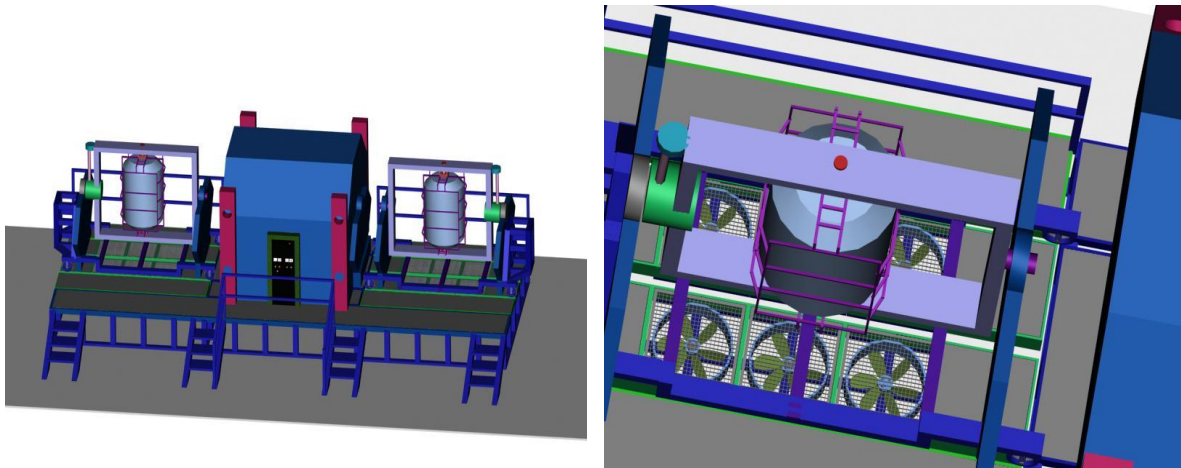
Cabotagem



Rodoviário

Figura 4.4- Transporte Marítimo e Rodoviário de containers

A Fig. 4.5 mostra a partição que contém visões gerais e detalhadas, do modelo virtual do equipamento utilizado no processo de transformação denominado rotomoldagem. Para demonstrar o funcionamento do sistema, foi simulada a fabricação de um tanque para conter defensivos agrícolas líquidos. Esse tanque é utilizado para equipar tratores.



Visão ampla

Visão do sistema de resfriamento

Figura 4.5 – Equipamentos utilizados nos processos de rotomoldagem

A Fig. 4.6, mostra duas visões do equipamento utilizado no processo de transformação denominado filme. O processo de obtenção de filme é composto por vários equipamentos que trabalham de forma sincronizada. A simulação de cada um dos equipamentos foi temporizada de acordo com os parâmetros já padronizados para o processo.

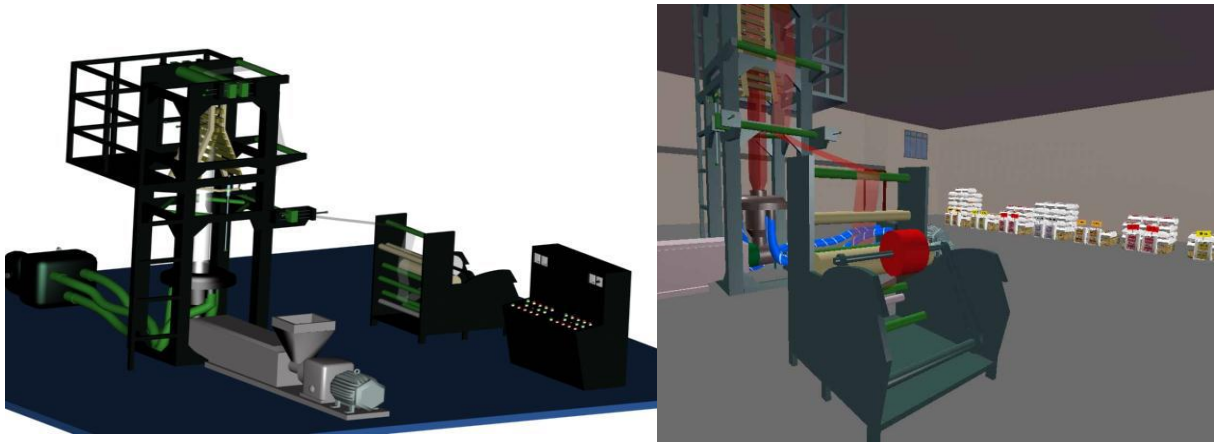
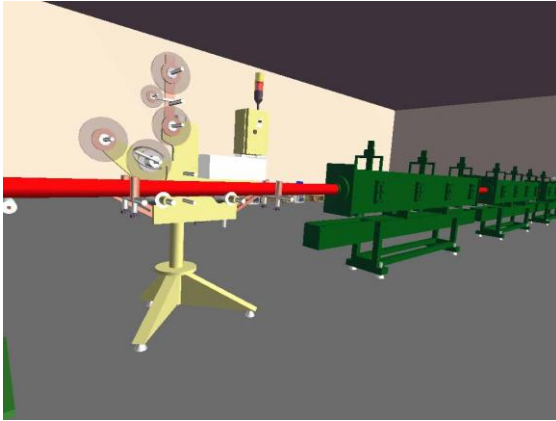
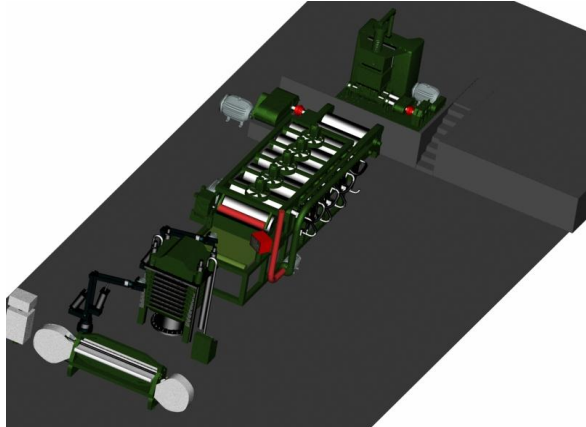


Figura 4.6- Visões do processo filme

A Fig. 4.7 mostra a partição que contém os modelos virtuais dos processos de transformação denominados tubos e placa expandida. Para demonstrar o funcionamento dos dois processos, foi simulado o processo de fabricação para a obtenção de tubos utilizados para conter cabeamento de fibras óticas, no processo tubo, e material utilizado em revestimento acústico, no processo placas.



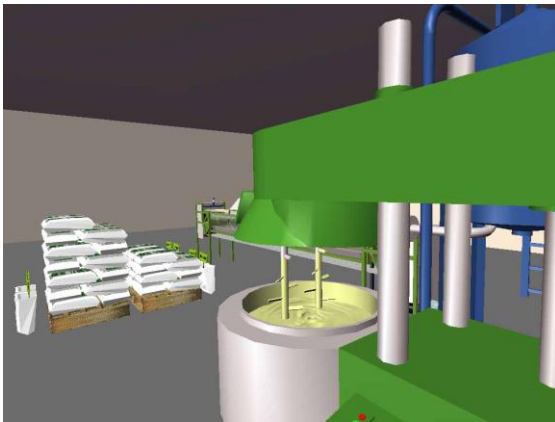
Tubos



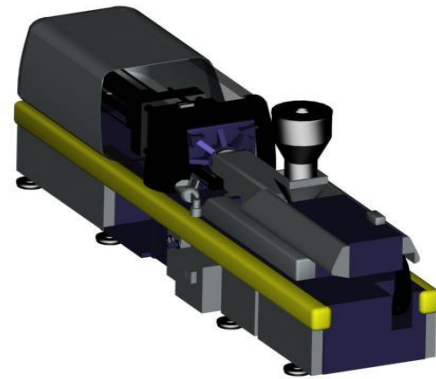
Placa Expandida

Figura 4.7 – Equipamentos utilizados na fabricação de Tubos e Placas Expandidas

A Fig. 4.8 mostra a partição que contém os modelos virtuais dos processos de transformação denominados *hotmelt* e injeção. Para demonstrar o funcionamento do sistema, foi simulada a fabricação da tampa de vedação de um recipiente, no processo injeção. No processo *hotmelt* é também simulado e visualizado os efeitos da mistura dos materiais realizada no reator misturador.



Hotmelt

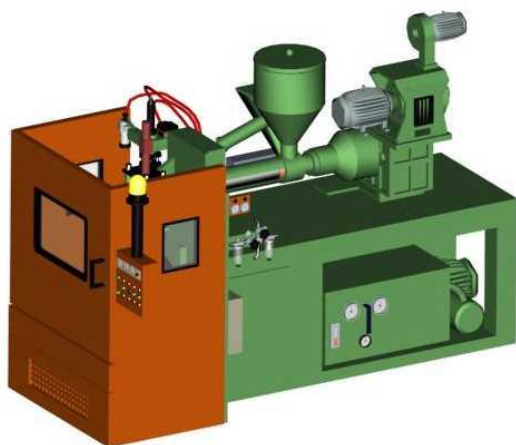


Injeção

Figura 4.8 – Equipamentos utilizados nos processos *hotmelt* e injeção

A Fig. 4.9, mostra a partição que contém os modelos virtuais dos processos de transformação denominados sopro e estruturas orientadas. Para demonstrar o funcionamento do processo sopro, foi simulada a fabricação de um recipiente (garrafa) para conter “yogurt”. Para processo de estruturas orientadas foi simulado a fabricação de material para a obtenção de sacarias.

A simulação de todos os equipamentos modelados no mundo virtual considerou parâmetros de temporização e sincronismo padronizados. O processamento e a visualização da fabricação de objetos plásticos, em todos os processos descritos, são realizados em tempo real.



Sopro



Estruturas Orientadas

Figura 4.9 – Equipamentos utilizados nos processos sopra e estruturas orientadas

A Fig. 4.10 mostra os ambientes resumidos, antessala e elevador, que são utilizados para manter a naturalidade de navegação mesmo durante as transições entre duas partições. A Fig. 4.9a mostra uma antessala contendo somente objetos simplificados e texturas. Os quadros visualizados nas paredes do ambiente são apenas texturas. Fig. 4.9b mostra o elevador utilizado para realizar as transições entre as partições que modelam os diversos processos de transformação das resinas em produtos plásticos. Os botões contidos no painel de controle do elevador são utilizados para acionar comandos que simulam o funcionamento real do mesmo, além de indicar o processo de transformação contido no andar escolhido [9].



a- Ambiente Texturizado



b- Elevador

Figuras 4.10- Ambientes resumidos utilizados na navegação entre partições

5- Características de Hardware e de Software do sistema computacional utilizado

O Hardware e o Software para implementar e processar o ambiente fabril foram dimensionados para processar um mundo virtual imersivo contendo estereoscopia. Várias alternativas foram avaliadas para a obtenção de uma boa relação custo benefício mantendo

a sensação de imersão com grau de realismo desejado para a aplicação. Segue abaixo uma breve descrição dos recursos utilizados [14] [15].

Hardware: Microcomputador PC “dual *Pentium*” com velocidade de processamento de 1GHz e 1 *Gbytes* de memória, interligados em rede interna e à *Internet*, óculos de Realidade Virtual, projetor 3D, sala escura.

Softwares Gráficos: Potentes *softwares* tanto para a criação quanto edição de objetos tridimensionais, tais como: *WorldToolKit*, *WorldUp*, *Maya*, *CosmoWorlds*, *3D Studio Max*, *Adobe Photoshop* e *Corel Draw*.

Softwares de Apoio: Além de *softwares* específicos para gráficos, tem-se ainda *software* de apoio como: compiladores C/C++, Sistemas Operacionais (*Windows 95*, *Windows NT*).

6 – Conclusão

Neste artigo foram discutidas técnicas de modelagem e partição para sistema de RV utilizando equipamentos de capacidade limitada de processamento.

A técnica de modelagem proposta reduz de uma maneira drástica os polígonos para modelar os objetos e a visualização é complementada através da utilização de texturas.

A partição é feita através de níveis hierárquicos. No nível mais alto, faz-se a partição macroscópica do ambiente virtual e através de subpartições o mundo virtual é cada vez mais detalhado.

A simulação de todos os equipamentos modelados, nas partições descritas, é processada e visualizada em tempo real em um microcomputador PC.

As técnicas desenvolvidas são aplicadas em ambiente de fábrica da empresa Politeño, instalada em Camaçari, Bahia, obtendo resultados bastante satisfatórios. Para visualizar o mundo virtual implementado, a Politeño montou uma sala escura para realizar visitas virtuais às instalações de sua unidade fabril, e também, para mostrar as características técnicas de suas resinas apropriadas para cada processo de transformação.

7- Referências Bibliográficas

- [1]-Goebel, M.; Hirose, M.; Rosenblum, L.. Today's VR. Computers Graphics and Applications. Nov -00.
- [2]-Singhal, S.; Zyda, M.. Network Virtual Enviroments – Design and Implementation. ACM, 1999.
- [3]-Fuhrmann, H., L.; at all. Collaborative Visualalizacion in Augmented Reality. Computers Graphics and Applications. Jul/Aug, 1998.
- [4]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Análise de Requisitos em Sistemas de RV. CIC-MAR 2001.
- [5]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. O Projeto Politeño. CIC-MAR 2001.
- [6]-Bugatti, I., G.; at all. Modelagem, Sonorização, Texturização e Navegação para Sistemas de Realidade Virtual, 4º WRV, 2001, Gramado-RS.
- [7]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Técnicas de Modelagem 3D. CIC-MAR 2001- Marília -SP.
- [8]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Técnicas de Otimização de Implementação em RV. CIC-MAR 2001.
- [9]-Faisstnauer, D., S.; Purgathofer, W.. Priority Scheduling for network Virtual Enviroments. IEEE Computers Graphics and Applications. Nov/Dec 2000.
- [10]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Implementação de Ambientes Virtuais. CIC-MAR 2001.
- [11]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Visualização e Navegação. CIC-MAR 2001- Marília -SP.
- [12]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Técnicas de Sonorização em Sistemas de RV. CIC-MAR 2001.
- [13]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Técnicas de Texturização de Objetos 3D. CIC-MAR 2001.
- [14]-Bugatti, I., G.. at all, C., J.. Periféricos Imersivos de Realidade Virtual. CIC-MAR 2001.
- [15]-Rosatelli, M.,C.; 4th SBC Symposium on Virtual Reality – Florianópolis-SC, 2001.
- [16]-Kirner, C.. Anais do 2º Workshop de Realidade Virtual, Marília – SP, 1999.