

SAP-RISCO4D - Sistema de Visualização 4D para Projetos na Construção Naval

Diogo Paludo de Oliveira¹, Sílvia Silva da Costa Botelho² e Nelson Lopes Duarte Filho³

¹Mestrando do Curso de Modelagem Computacional – FURG, Rio Grande, RS – diogo.paludodeoliveira@gmail.com

²Centro de Ciências Computacionais – FURG, Rio Grande, RS – silviacb@furg.br

³Centro de Ciências Computacionais – FURG, Rio Grande, RS – dmtnlfd@yahoo.com.br

RESUMO: Os sistemas de acompanhamento têm auxiliado construtores em manter os prazos de montagem definidos previamente, e também, permitido que acionistas e investidores possam acompanhar a evolução das construções, entendendo os processos em execução. Recentemente, uma ferramenta chamada de visualização 4D vem auxiliando esse acompanhamento, possibilitando a utilização da computação gráfica para criar modelos virtuais do processo de construção. A engenharia naval brasileira busca utilizar essa abordagem para se enquadrar nos padrões de construção utilizados nos melhores estaleiros pelo mundo. O Gerenciador SAP-RISCO baseia-se no conceito de Sistemas de Acompanhamento de Projetos (SAP) e de Visualização 4D para criar um sistema que gerencie a construção naval realizada nos estaleiros.

PALAVRAS-CHAVE: visualização 4D, engenharia naval, sistema de acompanhamento de projetos.

ABSTRACT: Management software have been aiding builders in keeping the assembly deadlines previously defined, and also allowing stakeholders to follow the building evolution, understanding the processes in execution. Recently, a tool called 4D visualization is aiding this, enabling the use of computer graphics to create virtual models of the building process. The Brazilian naval engineering wants to pursuit this approach to fit in building standards used in the best shipyards around the world. The Gerenciador SAP-RISCO bases itself in the concept of Building Management Software and 4D visualization to create a system capable of managing shipbuilding in shipyards.

KEYWORDS: 4D visualization, shipbuilding, project management software

1. INTRODUÇÃO

Por muitos anos, desde a segunda metade de 1980, a construção naval brasileira passou por uma grande crise, onde a atividade de construção naval sofreu forte retração no país. Atualmente, a indústria naval brasileira vem tentando retomar o seu desenvolvimento. O número de empregos no setor aumentou substancialmente e o país vem se destacando na produção de barcos de apoio marítimo e unidades offshore. Depois de um longo período, os estaleiros nacionais voltaram a construir embarcações de grande porte.

Neste panorama, em um setor de intensa competição internacional, a construção naval brasileira deve buscar altos padrões de qualidade, compatíveis com as melhores práticas internacionais. Por outro lado, ainda há uma forte apreensão por parte de armadores e agentes financeiros de risco nos contratos de construção naval, oriundo do mau desempenho do setor nos últimos anos, que levaram a atrasos e aumento nos orçamentos contratados.

Nesse contexto, aplicações e ferramentas de gerenciamento e acompanhamento de projetos podem ser muito úteis na redução do risco envolvido nos contratos de construção naval no país. Se pode observar a falta de ferramentas computacionais e de engenharia adequadas às especificidades da construção naval no Brasil, compatíveis com os sistemas de produção empregados nos estaleiros nacionais e com o modelo de orçamento exigido para financiamento pelo FMM

O projeto do gerenciador SAP-RISCO foi desenvolvido como ferramenta que possibilita o acompanhamento e monitoramento das construções na indústria naval. Os diferentes módulos do projeto em conjunto são responsáveis tanto pela documentação orçamentária de cada navio em construção, como pela visualização do estado de desenvolvimento das estruturas que compõem a obra. O sistema também incorpora metodologia para avaliação contínua dos riscos envolvidos na construção naval.

Ferramentas de acompanhamento já são amplamente utilizadas em grandes obras da construção civil [3, 4 e 6], podendo permitir a difusão de conhecimento e informação dentro dos diversos setores envolvidos nos projetos. Estes eram antes vistos como caixas pretas para indivíduos sem conhecimento do trabalho como um todo [2], que desenvolve sobre vantagens, precauções e propostas no gerenciamento da informação em projetos de engenharia.

Ao longo deste trabalho serão descritos os principais objetivos do Gerenciador SAP-RISCO, tendo como foco seu Módulo de Visualização. Os desafios e decisões que levaram ao desenvolvimento do sistema são apresentados, junto também dos resultados obtidos até o momento.

2. OBJETIVO

O projeto SAP-RISCO tem por principal objetivo desenvolver uma metodologia de acompanhamento e gerenciamento de riscos na construção naval. Envolve o desenvolvimento de um sistema de gerência de projetos, baseado na internet, com indicadores de acompanhamento, dotado de recursos de visualização, específicos para acompanhamento de obras e de recursos para preparação de documentação padrão requerida pelo sistema FMM/BNDES (Fundo da Marinha Mercante / Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).

O SAP-RISCO permite o acompanhamento e gerenciamento de risco de projetos navais com base em indicadores específicos, mas também o acompanhamento visual do empreendimento. O sistema permite o entendimento do avanço da construção antecipadamente, através de ferramentas que possibilitam a visualização 3D das estruturas sendo construídas, junto da sua evolução ao longo do tempo. Este conceito de visualização 3D somada a evolução no tempo é chamada de visualização 4D. Com base nos objetivos

descritos anteriormente, o Módulo de Visualização do gerenciador SAP-RISCO tem as seguintes metas:

- Desenvolver uma aplicação de internet que permita a visualização de figuras 3D em um navegador, de forma que possam ser manipuladas pelo usuário, sendo interativas e dinâmicas, com o intuito de representar a evolução das construções de maneira esclarecedora.
- Permitir a armazenamento de informações relativas aos navios sendo construídos numa base de dados, possibilitando a criação dos modelos 3D de acordo com o tipo de navio sendo montado e de acordo com as diferentes estruturas existentes em cada um deles.
- Criar figuras capazes de representar a evolução da construção em 4 dimensões, demonstrando com exatidão as devidas estruturas existentes no navio e seus estados de construção.

O sistema foi concebido como uma ferramenta computacional, envolvendo controle financeiro, físico, de análise e monitoramento do risco, e de visualização avançada (4D) denominada SAP-RISCO.

A Figura 1 demonstra a arquitetura do Gerenciador SAP-RISCO, exibindo os diferentes módulos que formam a aplicação.

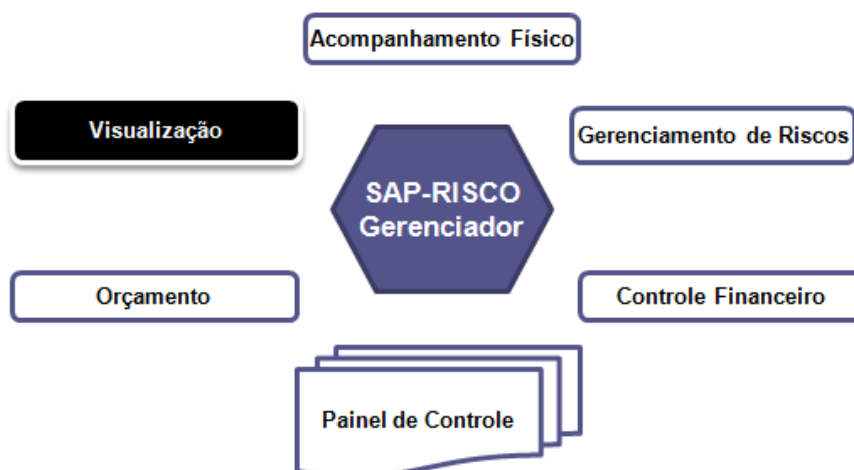


Figura 1 – Módulos do Gerenciador SAP-RISCO

O desenvolvimento dos módulos do sistema requereu a elaboração de modelos específicos, adaptados para o acompanhamento de projetos de construção naval compatível com a realidade da construção naval no país. Foram desenvolvidos os seguintes modelos para integrar os módulos do sistema SAP-RISCO:

- Modelo da Estrutura Analítica de Projeto (WBS);
- Modelo do Orçamento Padrão do Projeto;
- Modelo da Estrutura Organizacional do Empreendimento (OBS);
- Modelo para Análise de Risco.

O sistema de acompanhamento envolve o desenvolvimento de um protótipo - construção de navio petroleiro do tipo Suezmax, que serve de modelo para estruturação do sistema.

3. MÓDULO DE VISUALIZAÇÃO

O sistema de acompanhamento de projetos de construção naval envolve o desenvolvimento de recursos de visualização, que serão empregados na identificação visual de atividades não iniciadas, em andamento e concluídas, constituindo-se de um importante recurso gerencial no apoio de atividades de controle de projetos. O Módulo de visualização permite a visualização em tempo real das áreas relevantes do estaleiro e a identificação do progresso de atividades selecionadas. Na etapa de implantação do projeto, é necessária a seleção das atividades cujo progresso será acompanhado visualmente, a implantação dos modelos CAD para a visualização do acompanhamento e, finalmente, o relacionamento das atividades existentes no módulo de acompanhamento com os elementos visuais utilizados em seu acompanhamento.

3.1 Especificações do Sistema

O módulo de visualização tem como funcionalidade representar visualmente o estado da construção de um navio, ou parte dele, mostrando blocos e estruturas típicas para cada modelo naval (Exemplo na Figura 2), e assim, representando-as graficamente com a maior exatidão possível. Como o estado de uma construção é algo que se altera com o passar do tempo e deve respeitar um agendamento previamente definido, há a necessidade da utilização de técnicas capazes de mostrar o avanço no desenvolvimento da obra. A representação visual deve atender tal necessidade.

A visualização está associada ao acompanhamento do projeto, em que as atividades a serem visualizadas estão associadas à rede de estruturas do projeto e a sua condição (status) em determinado momento da obra.

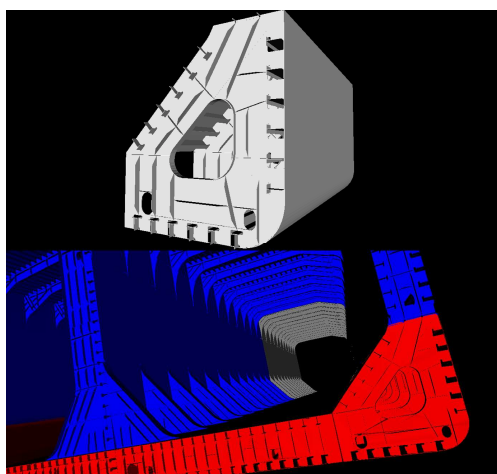


Figura 2 – Exemplo de bloco estrutural

A representação visual deve propiciar o acompanhamento da evolução temporal da obra, apresentando as alterações ocorridas e o real estado da construção. As diferentes estruturas e blocos devem ser corretamente representados, evitando informações errôneas ou inconclusivas ao usuário. O Módulo de Visualização deve interpretar o conjunto de dados advindos do Módulo de Acompanhamento Físico, possibilitando o seu entendimento de forma simples e rápida pelos usuários do sistema.

Assim, de maneira direta, o módulo deve:

- Possibilitar a aquisição de informações de um projeto existente em um banco de dados de forma a representá-lo graficamente apresentando a evolução temporal dos diversos blocos e partes do navio, permitindo aos usuários visualizar e compreender o que está sendo feito, e,

além disso, os atrasos e problemas ao longo da construção. É necessário também que o usuário saiba qual data está sendo representada na visualização, portanto, uma indicação é necessária, junto a uma identificação de cada parte da figura, já que ela estará evoluindo e se alterando de acordo com o período visualizado;

- Tornar o sistema preparado para qualquer tipo de navio que esteja sendo construído e qualquer tipo de visualização que deva ser feita. Navios como petroleiros, graneleiros e rebocadores, não podem ser representados da mesma maneira, com um navio padrão para todos os tipos. Isso faria com que o sistema perdesse credibilidade e o seu principal objetivo, que é fazer com que o usuário saiba exatamente o que está sendo construído no momento. Cada navio possui um tipo de estruturação, que varia não somente nas dimensões.

- Permitir ao usuário do sistema saber o que está atrasado, em dia ou ainda não foi construído. Ao analisar a representação do navio em construção, ele deve facilmente perceber o que já foi iniciado ou não, assim como o que está atrasado e terminado. Identificar também quais são exatamente as partes que ele está visualizando é muito importante.

3.2 Arquitetura do Sistema

De maneira resumida, é necessário que o sistema ofereça acesso remoto, que consiga representar os modelos de navios realizados em certo estaleiro, permitindo a diferenciação dos navios em construção, quais estruturas estão sendo construídas e qual período está sendo visualizado.

A Figura 3 mostra a arquitetura do Módulo de Visualização SAP-RISCO. São mostrados os componentes que fazem parte da estrutura do módulo, assim como quais se comunicam. Cada componente da figura será explicado a seguir.

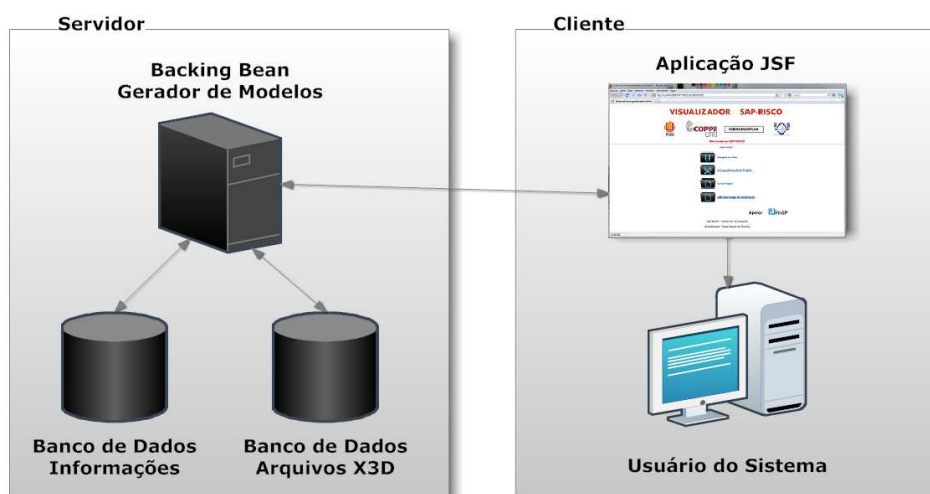


Figura 3 – Arquitetura do Módulo de Visualização SAP-RISCO

Desde o início do projeto percebeu-se que a utilização de aspectos da computação gráfica seria necessária para permitir uma boa visualização dos navios em construção. Devido à aplicação a ser construída ter que executar na web foi necessário um formato de figura 3D que pudesse ser inserido e visualizado em uma página de Internet, onde o usuário conseguisse interagir com o cenário, podendo fazer ajustes para visualizar melhor o navio em construção. A solução escolhida foi o formato X3D, que tem justamente o objetivo de ser utilizado facilmente em páginas na Internet, sendo um dos responsáveis pelo crescimento no número de aplicações 3D disponíveis na Internet [1]. O uso da computação gráfica dá ao usuário uma boa noção de qual é a situação das obras navais no ambiente de construção e qual o estado de progresso em que elas se encontram. Neste caso, a utilização de um ambiente 3D é até mesmo

melhor que uma transmissão de vídeo ao vivo. Em um ambiente como esse, o usuário pode interagir com o cenário de uma forma simulada, numa representação semelhante ao local onde a obra está em desenvolvimento. Ele possibilita visualização aproximada de certas estruturas, giros que permitem a observação por vários ângulos diferentes e, até mesmo, a interação com cada bloco ou peça, através de cliques e animações.

Para o problema de como mostrar ao usuário qual o andamento de cada elemento da construção que está sendo visualizada no ambiente 3D, definiu-se um padrão de cores, que indicam o grau de conclusão de cada item representado na visualização. Assim, o usuário pode perceber rapidamente o estado de andamento da obra, como por exemplo, se há algo errado (atrasos em demasia) ou se a obra está adiantada (muitos blocos concluídos). Estas cores devem ser atualizadas de acordo com a data de referência mostrada no momento.

Já quanto à necessidade de acesso remoto ao sistema, optou-se pela criação de uma aplicação Internet para o Módulo de Visualização do Gerenciador SAP-RISCO. Uma arquitetura com essa característica foi então definida, utilizando o framework JavaServer Faces no desenvolvimento do sistema. O JSF é um conjunto de classes que adicionam funcionalidades para o desenvolvimento web ao JavaServer Pages (JSP), podendo manter os componentes de interface do usuário em sincronização com objetos Java que recebem valores de entrada e respondem a eventos, chamados de Backing Beans [5 e 7], permitindo com que arquivos Java fiquem no servidor e lidem com as requisições de criação ou modificação das figuras X3D. Esta vantagem fez com que o JSF fosse usado, pois trabalhando com arquivos 3D, é necessário tratar longos conjuntos de caracteres que formam os códigos dos arquivos X3D. O Java fornece classes que facilitam o desenvolvimento, modificação e manipulação de conjuntos de caracteres extensos, oferecendo métodos úteis que permitem a criação de arquivos facilmente.

O arquivo X3D, que pode ser visualizado na página do sistema web, tem que ser criado com base nos dados e informações do navio desejado. A criação deste arquivo é feita por Backing Beans que verificam qual tipo de navio deve ser criado e quantos e quais tipos de blocos ele tem, gerando automaticamente o arquivo X3D e todas as suas funções. Estas informações não podem ser enviadas pelo usuário quando ele deseja utilizar o sistema, por isso estão armazenadas em um banco de dados, que as fornece para serem utilizadas na criação dos arquivos.

4. SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO 4D SAP-RISCO

Para a implementação do sistema, escolheu-se um caso de teste que serviria de base para todo o sistema de visualização. O navio escolhido como modelo foi um Petroleiro do tipo Suezmax e, com base nas suas especificações e características ele foi recriado, sendo subdividido em blocos, que permitiram o agrupamento e alteração, de acordo com as necessidades do sistema. O sistema permitirá a inclusão de outros tipos padrões de embarcações. A Figura 4 mostra um navio do tipo Suezmax real.



Figura 4 – Navio petroleiro do tipo Suezmax real

4.1 Aplicação Web

Depois das principais decisões de projeto serem tomadas, a implementação da aplicação web foi iniciada. O sistema permite apenas que pessoas cadastradas, que possuem login e senha no banco de dados, possam entrar no sistema e utilizar as funcionalidades do módulo de visualização.

A tela principal permite acesso a visualização das câmeras ao vivo, assim como a visualização 4D dos projetos existentes e cadastrados no sistema, onde eles podem ser criados, alterados e removidos. Estas câmeras mostram imagens de dentro do estaleiro, mostrando atividades de edificação e montagem acontecendo em tempo real, como exemplificado na Figura 5, que mostra uma tela do sistema web onde é possível visualizar estas imagens da construção. As câmeras disponíveis e os respectivos endereços de acesso as suas imagens são armazenados no banco de dados do sistema.

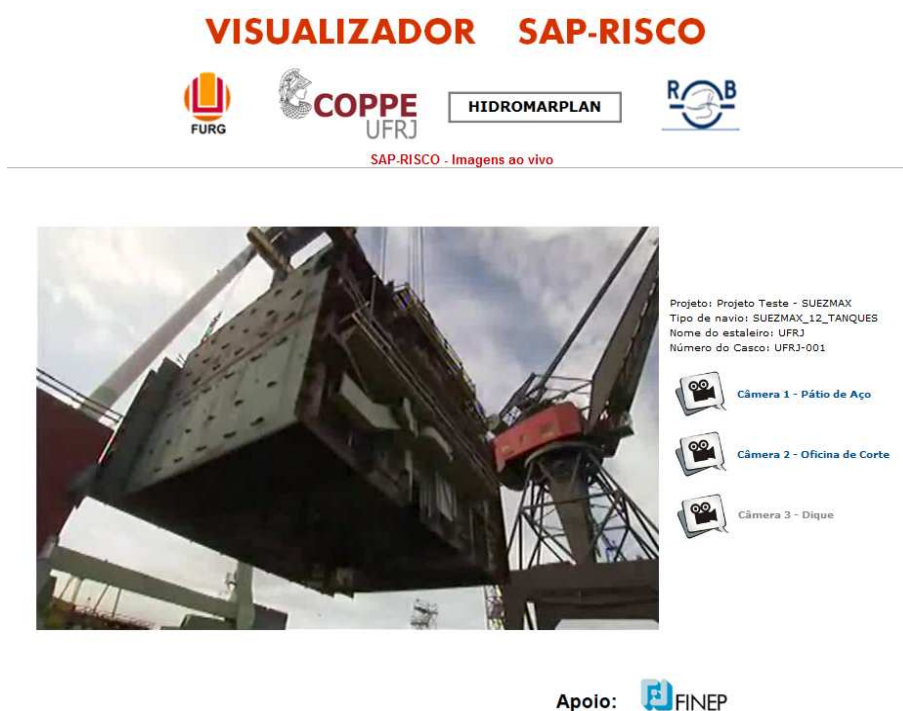


Figura 5 – Tela de visualização ao vivo.

Um diferencial importante do sistema é a facilidade com que se podem visualizar as embarcações em desenvolvimento. Diferente de outras aplicações, não é necessário nenhum software pesado em processamento gráfico ou mesmo de custo caro para poder visualizar os arquivos X3D. A visualização é feita inserida na página exibida pelo navegador padrão de qualquer computador, tanto o Internet Explorer como o Mozilla Firefox. É necessária apenas a instalação de um plug-in que permite a visualização dos arquivos no próprio navegador. Uma vez terminado, o sistema permitirá não só a visualização 4D da estrutura principal de cada projeto, mas também uma representação 2D da pintura e acabamento de várias redes internas de cada embarcação, junto de sua evolução no tempo, como pode ser visto na Figura 6.

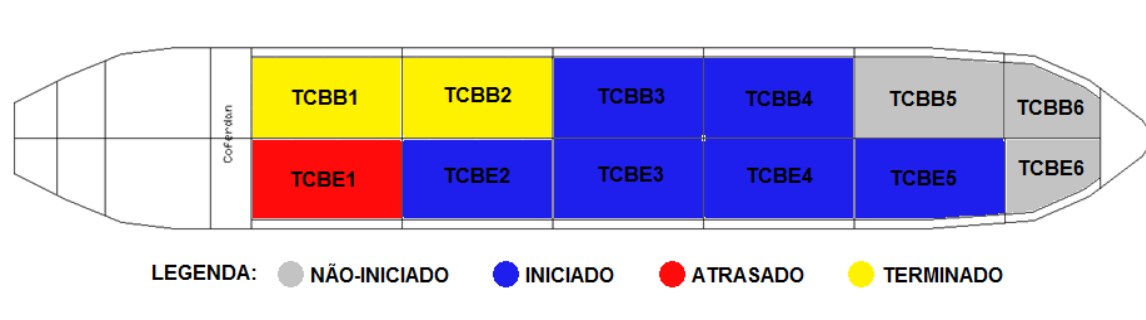


Figura 6 – Representação 2D do estado da pintura de tanques de um petroleiro Suezmax.

4.2 Banco de Dados

Para que os usuários do sistema de visualização 4D do gerenciador SAP-RISCO tenham condições de analisar a edificação em andamento nos estaleiros, foi necessária a criação de um banco de dados que armazene as informações essenciais para a geração automática das figuras X3D.

No banco de dados, informações como qual embarcação ou qual é o tipo de navio ao qual pertence um bloco que deve ser visualizado são essenciais ao funcionamento do sistema, sem os quais não é possível demonstrar os estados de andamento da construção. São armazenados os diferentes tipos de navios que podem ser gerados pelo sistema, assim como os navios que podem ser acompanhados pela visualização 4D.

Cada bloco do navio que será visualizado na representação 4D, chamados de Unidades de Visualização (UVs), possuem informações no banco correspondentes ao seu estado em certo período de tempo. O código de estado é usado pelo gerador de arquivos X3D para definir qual será a cor de representação da Unidade de Visualização quando aquele cenário for criado.

As informações de entrada ao módulo de visualização do SAP-RISCO são passadas através de planilhas que atendem padrões de formato para a leitura adequada pelo sistema. Assim, a identificação e estado de todas as estruturas acompanhadas pelo sistema de visualização 4D, assim como quais serão as possíveis visualizações 2D das outras atividades de construção, como pintura e acabamento, podem ser adquiridas nestes dados de entrada.

O Banco de Dados é essencial para a criação dos arquivos X3D, pois armazena todas as informações necessárias na geração do código para representar tanto as estruturas como o andamento de cada Unidade de Visualização, em cada data especificada. Utilizando as definições existentes no banco para todas as datas armazenadas, é possível criar as diferentes fases de visualização 4D.

4.3 Geração dos arquivos X3D

Uma importante decisão de projeto foi qual formato 3D utilizar para que se pudesse ter uma visualização boa e rápida em um browser. O VRML (Virtual Reality Modeling Language) é um dos formatos mais bem estabelecidos e conhecidos, mas está se tornando cada vez mais obsoleto com o surgimento do seu sucessor, o X3D.

O formato X3D é um padrão de formato de arquivos para representar e comunicar cenas de objetos 3D usando XML. Possui um grande conjunto de características que podem ser moldadas para o uso em visualização científica e de engenharia, de CAD e arquitetura, visualização médica, treinamento e simulação, multimídia, entretenimento, educação, e muitas outras áreas [8]. Seu surgimento teve como objetivo amadurecer e refinar o antigo VRML, baseando seus componentes em XML, facilitando muito a inserção em formato HTML e sua visualização em navegadores.

As principais características do X3D que facilitaram a obtenção dos objetivos do Módulo de Visualização são:

- Facilidade de inserção em páginas web, sendo visualizado através de plug-ins;
- Representação de cada componente como um nodo, com uma tag correspondente, que podem ser criadas aninhadamente ou separadamente, uma completando ou adicionando funcionalidades à outra, tornando o código organizado e bem estruturado;
 - Facilidade em alterar tamanhos, posições, cores e inclinações de figuras 3D adicionadas ao cenário;
 - Capacidade de criar sensores de toque e tempo para as figuras, que podem ser associadas a objetos dentro de um cenário ou também servirem de gatilhos para eventos pré-programados;
 - Possibilidade de definir interpoladores para Cor e Posição, entre outros, que permitem a alteração de propriedades internas de nodos definidos nos cenários, variando-os ao longo do tempo. Por exemplo, definindo um interpolador de posição, associando-o a uma esfera e um sensor de tempo e definindo as suas devidas posições em cada intervalo de tempo, o interpolador faz com que haja uma evolução da posição determinada no primeiro tempo até o segundo, deste até a definida no terceiro e assim por diante, movendo a esfera de uma posição até a outra continuamente, até recomeçar o ciclo. Estas interpolações podem ser acionadas, pausadas ou paradas através dos sensores de toque, citados anteriormente;
 - Outra vantagem é a possibilidade de reaproveitar códigos que representam estruturas 3D em um mesmo ambiente. Desenhando, por exemplo, um anfiteatro, com centenas de cadeiras, usar-se-ia o código que define apenas uma cadeira. As outras seriam apenas reproduções, onde atributos como, tamanho, cor e posição podem ser editados para melhor representar o objetivo desejado;

Utilizando as características citadas foi possível desenvolver um gerador de arquivos X3D, que após buscar as informações do navio desejado no banco de dados da aplicação consegue criar os códigos corretos para cada estrutura presente na embarcação. Baseando-se nos dados das Unidades de Visualização que fazem parte do referido navio, o gerador cria também os cenários para cada data existente no banco de dados. Se, por exemplo, no BD do visualizador estão armazenados cinco cenários diferentes para cada Unidade de Visualização de um navio, representando cinco datas distintas, o gerador cria uma animação usando interpoladores que modificam as cores de cada bloco, de acordo com o passar de um tempo estipulado. Esta troca acontece quando há mudança na data sendo exibida, caracterizando uma evolução no tempo da demonstração 3D, fazendo com que a animação se enquadre ao conceito de visualização 4D.

Os problemas encontrados para o desenvolvimento do Módulo de Visualização do Gerenciador SAP-RISCO foram apresentados, junto das decisões tomadas no processo de buscar as melhores soluções para o cumprimento das necessidades atribuídas ao Módulo.

5. RESULTADOS FINAIS

O sistema de visualização 4D do SAP-RISCO foi testado tendo o projeto de um navio do tipo Petroleiro Suezmax como caso inicial. A Figura 7 mostra a visualização 4D do navio, realçando a possibilidade de separação de diversas seções para a melhor análise e entendimento das estruturas. Pode-se perceber que, como indicado pela data acima da figura 3D, há uma evolução em relação ao grau de conclusão do navio. Cada diferente data representa uma fase de acompanhamento que foi adicionada ao sistema como entrada através de uma planilha vinda do módulo de acompanhamento físico. As estruturas que ainda não

começaram a serem construídas são omitidas da representação 4D, permitindo uma real percepção do navio em montagem, aos poucos chegando à conclusão. As diferentes cores indicadas na legenda mostram se cada bloco pertencente à embarcação está terminado, iniciado ou atrasado.

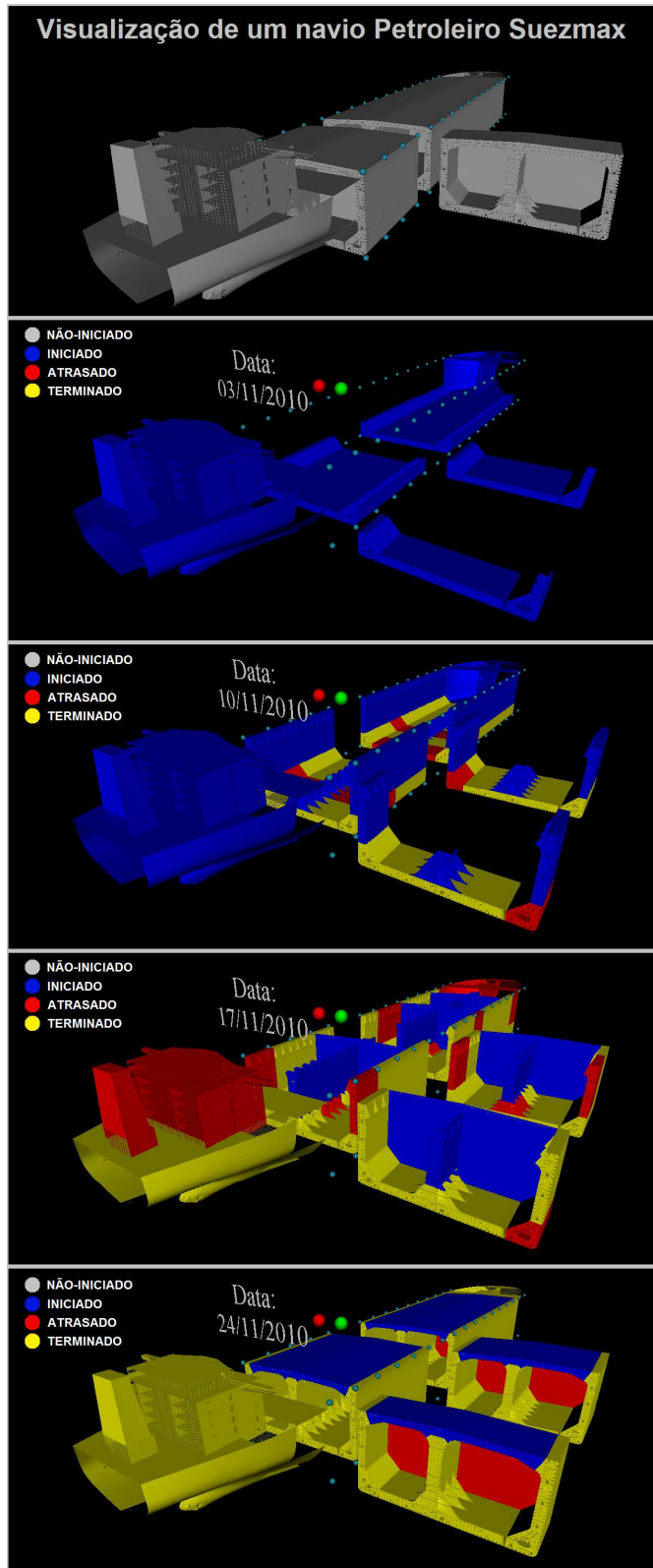


Figura 7 – Visualização 4D de um Petroleiro Suezmax

Atualmente, já é possível também a visualização de navios do tipo Balsa (Figura 8), que é mais simples em número de UVs e complexidade das estruturas, comparado ao Petroleiro de 12 tanques do tipo Suezmax. Outros ainda serão adicionados ao sistema, ampliando as possibilidades de acompanhamento visual do sistema.

Duas telas principais do sistema podem ser vistas na Figura 9, mostrando na primeira onde é possível escolher o projeto em andamento cujo acompanhamento deseja-se visualizar e na segunda como funciona a visualização embarcada no navegador web.

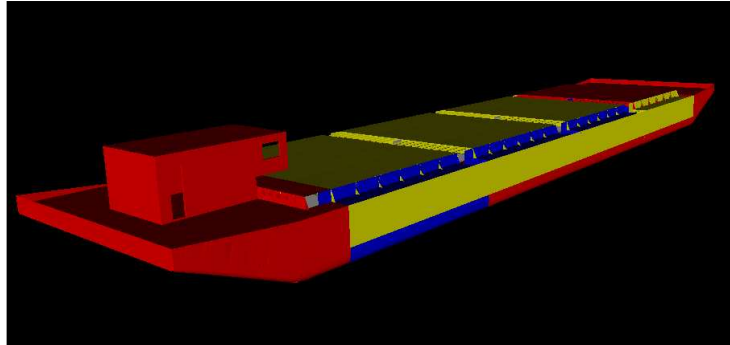


Figura 8 – Representação 3D de um navio do tipo Balsa



Figura 9 – Telas do sistema de visualização 4D do SAP-RISCO

6. CONCLUSÃO

Atualmente, ferramentas de acompanhamento para projetos navais têm capacidade de apoiar de maneira importante o desenvolvimento da indústria da construção naval brasileira, pois facilitam a visualização do estado dos navios em construção, assim como antecipar possíveis problemas no andamento das obras, seja na parte orçamental ou na parte de montagem das diversas estruturas.

O módulo de Visualização do Gerenciador SAP-RISCO mostra a importância atual da aplicação de técnicas da computação para tentar auxiliar nos processos de montagem e acompanhamento dos projetos da construção naval. A realização do Módulo de Visualização

do projeto SAP-RISCO permitiu o desenvolvimento de um produto que será utilizado como importante ferramenta no auxílio ao acompanhamento de diferentes projetos navais.

Ao final do desenvolvimento de todos os módulos da ferramenta SAP-RISCO, o gerenciador permitirá o acompanhamento de projetos realizados em diversos estaleiros, buscando auxiliar na retomada da produção naval do país, permitindo aos usuários, sejam eles engenheiros envolvidos ou outros usuários interessados em analisar os projetos, perceberem o real estado de desenvolvimento para cada navio sendo montado.

6.1 Trabalhos Futuros

Aprimoramentos no Módulo de Visualização do SAP-RISCO devem ser realizados. O sistema deve ser adaptado aos outros tipos de embarcações existentes que serão construídas nos estaleiros brasileiros, tornando-o preparado para o recebimento de dados e informações referentes a projetos cuja visualização 4D é necessária.

A melhoria da maneira como os dados relevantes a cada estrutura (Identificação e Estado de montagem, por exemplo) são enviados ao sistema também é algo que pode ser realizado, automatizando o recebimento das informações através do seu envio na própria zona de construção, com dispositivos de identificação RFID e sistemas como o SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Este sistema seria o responsável pelo controle, supervisão e aquisição de dados no estaleiro onde a construção está acontecendo, enviando os dados de entrada para o módulo de Visualização SAP-RISCO, que o interpretaria e geraria a figura 4D correspondente.

Outra possível mudança no módulo seria na aplicação Internet, adaptando-a para tecnologias mais recentes que tornam o aspecto visual do sistema mais moderno (RichFaces), facilitando a comunicação, alteração e adição de informações com o banco de dados (Hibernate) e permitindo a atualização de conteúdo mostrado ao usuário dinamicamente, sem recarregar toda a página (Ajax).

7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o coordenador do projeto SAP-RISCO, Luiz Felipe de Assis, juntamente com todos os envolvidos no desenvolvimento do Projeto. Agradecimentos especiais também a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio e incentivo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRUTZMAN, D; DALY, L; X3D Extensible 3D Graphics for Web Authors. Morgan Kaufmann, 2007.
- [2] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K.; BIM - Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley. 2008.
- [3] FISCHER, M.; Introduction to 4d research. <http://www.stanford.edu/group/4D/>. 2006.
- [4] FISCHER, M.; KAM, C; Pm4d final report. CIFE Technical Report, (143). 2002.
- [5] GEARY, D.; HORSTMANN, C; Core JavaServer Faces. Prentice Hall, 2nd edition. 2007.
- [6] HAYMAKER, J; FISCHER, M.; Challenges and benefits of 4d modeling on the walt disney concert hall project. CIFE Working Paper, (64). 2001.
- [7] MANN, K. D.; JavaServer Faces in Action. Manning Publications. 2005.
- [8] WEB3D; Case studies. <http://www.web3d.org/casestudies/>. 2010.