



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANDRE MARIANI MAGALHÃES NUNES

**PLANEJAMENTO DE OBRAS COM MODELAGEM DA
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BIM**

Salvador

2013

ANDRÉ MARIANI MAGALHÃES NUNES

**PLANEJAMENTO DE OBRAS COM MODELAGEM DA
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO - BIM**

Projeto de Monografia apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira

Salvador

2013

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as oportunidades oferecidas e por me dar forças para suportar todas as dificuldades;

Ao Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira, pela oportunidade oferecida e por todo o apoio e orientação durante a realização deste trabalho;

A Dra. Alba, pela orientação no desenvolvimento do cronograma da obra;

Ao Eng.º Gabriel Lino de Souza, pela disponibilidade e colaboração com o fornecimento de projetos da obra;

A Nayara e Stephanie pela ajuda com o desenvolvimento de modelagens no Revit;

Aos meus pais por todo amor e apoio dado durante essa jornada;

A todos os familiares, professores amigos que estiveram comigo durante o período da faculdade.

NUNES, André Mariani Magalhães. Planejamento de obras com Modelagem da Informação da Construção - BIM. 71f. il. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo sobre planejamento de obras, utilizando os softwares Autodesk Navisworks Simulate 2013 e Autodesk Revit 2013, baseados na tecnologia BIM (Building Information Modeling), bem como o software Microsoft Project 2010. Este trabalho visa reduzir as dificuldades encontradas no planejamento tradicional de obras, que utiliza projetos 2D e gráficos de Gantt. Sendo assim, além dos conceitos e técnicas conhecidas, novos recursos disponibilizados pela tecnologia foram utilizados. O trabalho apresenta a análise de uma simulação 4D das atividades de uma obra, sincronizada ao cronograma executivo. Através desta simulação, foi estudada a sequência lógica construtiva e foi possível visualizar a construção a cada momento antes de sua execução. A principal conclusão do trabalho foi que a visualização das etapas da obra com as ferramentas do BIM, permite fazer um planejamento mais eficiente e um cronograma mais assertivo.

Palavras-chave: BIM, Planejamento, Cronograma.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 JUSTIFICATIVA.....	6
1.2 OBJETIVOS.....	8
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	9
2 METODOLOGIA.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 PLANEJAMENTO DE OBRAS.....	13
3.1.1 Planejamento de obras sob a ótica do PMI	14
3.1.2 Técnicas de Planejamento.....	16
3.1.3 Planejamento do Canteiro de Obras.....	23
3.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	24
3.3 SOFTWARE AUTODESK NAVISWORKS.....	28
3.3.1 Terminologia de Arquivos.....	29
3.3.2 Ferramenta TimeLiner.....	30
4 ESTUDO DE CASO.....	33
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	54
6 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE.....	60

1 INTRODUÇÃO

A realização de um empreendimento envolve diversos processos que se distribuem no seu ciclo de vida, compondo as fases de iniciação, planejamento, execução, monitoramento, controle e encerramento, segundo o modelo de gerenciamento de projetos do PMBOK (2004). A fase de planejamento é a etapa de realização do empreendimento que será abordado neste trabalho. Neste contexto, foram exploradas as área de conhecimento de escopo e tempo.

É comum, haver na fase de planejamento de um empreendimento, estudos independentes de fluxo de um determinado serviço, como a execução de alvenaria ou concretagem, bem como a realização do projeto de canteiro de obras subdividido em fases bem definidas, e também um plano de ataque pouco detalhado e estático, geralmente analisado com base em experiências anteriores e estudos pouco precisos por falta de informação. A simulação 4D, entretanto, permite analisar as seqüências de serviços simultaneamente, de forma a identificar possíveis interferências entre as atividades que ocorrem ao mesmo tempo, bem como visualizar melhor, formas de reduzir atividades que não agregam valor, como as realizadas com mão de obra de apoio e transporte de material.

Desta forma, a metodologia BIM permite que o planejamento da obra seja feito com visualização contínua, durante as simulações da obra. Assim, o processo decisório para as soluções dos diversos serviços fica mais rápido, eficaz e claro, podendo também ser repassado para os demais envolvidos com mais transparência.

A indústria da construção civil, em especial o subsetor edificações, é freqüentemente citada como exemplo de setor atrasado, com técnicas rudimentares, baixos índices de produtividade e elevados desperdícios de recursos, em comparação a outros segmentos industriais. O uso de tecnologias modernas para estudos logísticos das atividades de uma obra visa desafiar esse quadro.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho visa reduzir as dificuldades encontradas no planejamento tradicional de obras, que utiliza projetos 2D e gráficos de Gantt, dentre outras ferramentas mais simples. De acordo com Papamichael (1999) *apud* Biotto; Formoso; Isatto (2012), no setor da construção, as decisões são tomadas com pouca informação, resultando em oportunidades perdidas e em efeitos indesejados.

Com o BIM, a equipe do projeto identifica conflitos mais cedo, a custos mais baratos e com mais cooperação dos subcontratados. As revisões do planejamento com visualização dos projetos em 3D, literalmente trazem todos os envolvidos à mesma sala, para que todos trabalhem juntos na resolução dos problemas. Esse procedimento diminui significativamente os riscos do projeto (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

O uso da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) está se disseminando pelo setor da construção por ser um recurso para compartilhar informação sobre uma edificação, configurando uma base confiável para apoiar decisões e melhorar os processos no decorrer do ciclo de vida do projeto, baseado em uma representação digital de características físicas e funcionais dessa edificação (NBIMS, 2007)

Modelos em que a quarta dimensão de informação é o tempo, chamados de modelos 4D, são a combinação de modelos 3D com o planejamento da obra (FISCHER, 2011 *Apud* BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2012) e são utilizados como fonte de planejamento visual da construção, além de gerarem um novo nível de visualização e entendimento dos processos por parte dos envolvidos no empreendimento (KYMMEEL, 2008 *apud* BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2012).

Portanto, para melhor representar e embasar as decisões na gestão da produção, contemplando em especial, a fase de projeto e planejamento do canteiro de obras, novas ferramentas podem ser utilizadas para extração de informações e explicitação de decisões (BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2012).

A demanda crescente por inovações tecnológicas na construção civil, a maior exigência de estudo, planejamento e precisão de resultados exigem dos profissionais novos conhecimentos, maior preparo e uso de ferramentas

computacionais de alta tecnologia no auxílio ao desenvolvimento dos processos envolvidos neste mercado, ainda considerado precário e rudimentar nos países subdesenvolvidos.

Os países em desenvolvimento, como o Brasil, vivem um período de transformação extremamente rápido em comparação às décadas anteriores. A industrialização está em ritmo acelerado e a construção civil no Brasil, está entre as áreas de maior desenvolvimento no país. O surgimento de novas tecnologias, geralmente criadas em grandes potências mundiais como Estados Unidos, Japão, China, Inglaterra, Alemanha, entre outras, provocam grandes transformações e muitas vezes revolucionam os métodos de trabalho tradicionais. O fato é que, atualmente, a facilidade de acesso à informação e o conhecimento permitem um rápido processo de divulgação, capacitação de pessoal e implantação de novas tecnologias nas empresas e universidades, o que exige dos profissionais, uma atualização contínua e a realização de cursos e especializações para se manterem no mercado de trabalho.

Essa onda de transformação faz surgir novos mercados e idéias que geram renda em curto espaço de tempo, frequentemente associados a inovações tecnológicas, o que estimula a criatividade dos profissionais e estudantes. As empresas, principalmente as de grande porte, passaram a investir mais em incentivos às novas idéias e realização de trabalhos experimentais, com o intuito de se destacarem no mercado. Dessa forma, todos os processos de trabalho, empresas e profissionais envolvidos estão, mais do que nunca, sujeitos a grandes mudanças e a maiores riscos.

O surgimento da Modelagem da Informação da Construção (BIM - *Building Information Modeling*) traz consigo novas metodologias de utilização do conhecimento da Engenharia em empreendimentos de construção. Essa inovação tecnológica promete gerar mudanças substanciais na forma de se idealizar, projetar, orçar, planejar, executar e monitorar uma obra, bem como facilitar a comercialização e divulgação do produto. Esse conceito já se encontra implantado no mercado da construção de alguns países desenvolvidos, como os Estados Unidos, porém ainda tem muito a se desenvolver. Algumas empresas brasileiras já investem nesta tecnologia e já exigem de seus projetistas e equipes de trabalho, novas capacitações. Portanto, podemos dizer que estamos em um processo de transição

irreversível de ferramentas e métodos de trabalho, sendo que novas idéias, podem gerar benefícios inéditos ao mercado brasileiro e do mundo.

A atual fase que estamos vivendo na construção civil, portanto, é fonte de grandes oportunidades e descobertas, provoca discussões, estimula a criatividade e nos deixa apreensivos para novas surpresas que estão por vir. Todo esse processo e suas consequências é o grande fator motivante que justifica o esforço despendido para realizar este trabalho.

1.2 OBJETIVOS

- OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicação de ferramentas de MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM - BUILDING INFORMATION MODELING) para estudo do planejamento de obras.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Conhecer os princípios de aplicação das ferramentas de modelagem da informação da construção;
- Aplicar ferramentas de modelagem da informação da construção para estudo do planejamento de obras;
- Propor recomendações para aplicação das ferramentas de modelagem da informação da construção utilizadas para o estudo do planejamento de obras.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em 6 capítulos, sendo eles a Introdução, Metodologia, Referencial Teórico, Estudo de Caso, Análise e Discussão dos Resultados, e Conclusão.

No primeiro capítulo, foi apresentada a introdução que traz a justificativa do trabalho e apresenta as dificuldades encontradas no planejamento de canteiro de obras tradicional, utilizando projetos 2D e gráficos de Gantt, os objetivos geral e específicos do trabalho, e também a estrutura do trabalho aqui relacionada.

No capítulo seguinte, a Metodologia utilizada é apresentada através de descrição textual e de um quadro resumo, com os objetivos específicos, ferramentas utilizadas e resultados esperados em cada etapa do trabalho.

Em seguida, no terceiro capítulo, o referencial teórico apresenta uma revisão sobre os conceitos de Modelagem da Informação da Construção (BIM), planejamento de obras e Logística.

No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso proposto neste trabalho. São aplicadas as ferramentas BIM para planejamento de obras, em um modelo composto por projetos de topografia, arquitetura e estrutura. Também são apresentados como estes projetos foram utilizados no Navisworks e como a EAP foi feita e exportada para o MS Project, aonde o cronograma foi elaborado. Em seguida é apresentado como o cronograma foi importado pelo Navisworks, e como suas atividades foram configuradas para a realização da simulação 4D.

No 5º capítulo, são apresentadas as análises do planejamento de obras com as informações visuais geradas pelo software Navisworks, sincronizadas ao cronograma feito no MSProject. Ao final, uma análise geral dos resultados demonstra os pontos positivos e dificuldades encontradas durante a realização do trabalho.

No último capítulo, as conclusões relativas ao trabalho são apresentadas, com exposição dos resultados obtidos e objetivos traçados.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na realização deste trabalho consiste, inicialmente, em uma revisão bibliográfica sobre os conceitos gerais sobre modelagem da informação da construção e suas aplicações práticas para a construção civil, visando assim atingir o primeiro objetivo específico relatado anteriormente. Na revisão bibliográfica a respeito da modelagem da informação da construção, foram utilizados livros, artigos, dissertações e monografias de graduação.

A seguir foi feita uma revisão sobre a aplicação do software Navisworks para estudo de planejamento de obras. Primeiramente foram apresentados os conceitos sobre simulação do planejamento da construção, com a explicação da utilização da ferramenta Timeliner. Em seguida foi abordada a sua integração com software de planejamento de projeto e arquivos de projetos externos. Foi abordado também conceitos sobre terminologias, importação e exportação de arquivos.

Em seguida foi feita uma revisão sobre os conceitos de planejamento de obras em níveis hierárquicos de longo, médio e curto prazo. Foi feita uma referência da abordagem do trabalho aos conceitos do PMI, situando o tema do trabalho à fase de planejamento do ciclo de vida do projeto, com abordagem dos processos relacionados às áreas de conhecimento de gerenciamento de escopo e tempo.

Dentro deste contexto, foi abordado o conceito de linhas de balanço (LOB), técnica muito útil para projetos em que existem grupos de atividades repetitivas. A representação gráfica traz informações visuais que otimizam a execução do cronograma e o planejamento da obra.

Por fim, foi feita uma revisão sobre planejamento de canteiro de obras, que por sua vez deve compor as etapas de planejamento da obra. Através da simulação 4D, é possível estudar melhor a localização das centrais de produção, a logística dos principais serviços e materiais, de acordo com a evolução da obra.

Após as revisões descritas, um estudo de caso foi feito com o intuito de aplicar as ferramentas BIM para estudo do planejamento de uma obra real. Primeiramente os projetos modelados em Revit foram exportados no formato de arquivo NWC e organizados em uma pasta. Em seguida, os arquivos em NWC foram

importados para um mesmo arquivo NWF, com o uso do software Navisworks, para compor todos os elementos do projeto em um arquivo só.

A partir daí, foi feito o planejamento do escopo do projeto, com definição dos pacotes de trabalho e da EAP, através da criação e organização de Sets no software Navisworks. A EAP foi transferida para o TimeLiner e exportada em XML. Em seguida, no MSPProject as atividades foram sequenciadas, os seus recursos e durações estimados para o desenvolvimento do cronograma.

Em seguida, o cronograma foi importado para o Navisworks, as atividades foram configuradas em *Construct*, *Demolish* ou *Temporary*, de acordo com a forma que deveriam aparecer na simulação. Outra configuração realizada foi das regras de associação, em que as atividades de planejamento foram associadas aos Sets previamente criados.

Após todo esse processo, a simulação da obra pôde ser feita. Nesta etapa foi possível observar os benefícios oferecidos pela tecnologia e o processo BIM aplicado a planejamento de obras.

O quadro 1 a seguir, apresenta de forma mais detalhada as atividades, ferramentas e resultados esperados do trabalho.

OBJETIVO GERAL	Avaliar a aplicação de ferramentas de MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM - BUILDING INFORMATION MODELING) para estudo do planejamento de obras.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGIA		
	ATIVIDADES	FERRAMENTAS	RESULTADOS ESPERADOS
Conhecer os princípios de aplicação das ferramentas de modelagem da informação da construção	Estudar e pesquisar os conceitos da metodologia BIM através da bibliografia apresentada	Livros, artigos, dissertações, monografias de graduação.	Compreensão dos conceitos e das vantagens relacionadas à utilização da metodologia BIM
Aplicar ferramentas de modelagem da informação da construção para estudo do planejamento de obras	Agrupar os elementos dos modelos importados do Revit no Navisworks através da criação dos Sets.	Software Navisworks e projetos da obra "A"	Definição dos pacotes de trabalho
	Gerar EAP no Navisworks e exportar para o MS Project	Softwares Navisworks e MS Project	Geração da EAP no MS Project com a mesma nomenclatura dos elementos agrupados no Navisworks
	Desenvolver cronograma no MS Project sincronizado ao projeto no Navisworks	Softwares Navisworks e MS Project	Análise do cronograma sincronizado ao projeto modelado no Navisworks
Propor recomendações para aplicar as ferramentas de modelagem da informação da construção utilizadas para o estudo do planejamento de obras	Avaliar o planejamento de obras através de informações visuais sincronizadas ao cronograma da obra	Softwares Navisworks e MS Project	Antever possíveis interferências de execução dos serviços e replanejar a obra com antecedência.

Quadro 1 – Metodologia do trabalho.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PLANEJAMENTO DE OBRAS

Planejar significa antever e estudar um determinado trabalho antes de ser iniciado com o intuito de atingir um determinado objetivo. Para executar uma construção, é necessário planejar todas as áreas técnicas envolvidas, bem como a produção e o canteiro de obras, fazendo-se seus respectivos projetos, planos de ataque, fluxo de serviços, dentre outros.

Planejamento pode ser definido como o processo de desenvolvimento de alternativas e escolha de uma dentre as várias identificadas, de acordo com determinados critérios, visando à consecução de determinado objetivo futuro (BIO, 1985 *apud* BERNARDES, 1997).

Os empreendimentos de construção civil são bastante complexos, sendo necessário, em geral, dividir seu planejamento (aliado ao controle da produção) em diferentes níveis hierárquicos. De maneira geral temos definidos três principais níveis hierárquicos que, de acordo com Formoso (2001), são:

Estratégico ou de longo prazo: refere-se à definição dos objetivos do empreendimento a partir do perfil do cliente. Envolve o estabelecimento de algumas estratégias para atingir os objetivos do empreendimento, tais como a definição do prazo da obra, fontes de financiamento, parcerias, etc. Por fim, é um nível pouco detalhado.

Tático ou de médio prazo: envolve, principalmente, a seleção e aquisição dos recursos necessários para atingir os objetivos do empreendimento (por exemplo, tecnologia, materiais, mão de obra, etc.), e a elaboração de um plano geral para a utilização destes recursos. Para este nível, considera-se uma janela móvel de tempo, dentro da qual os pré-requisitos das tarefas vão sendo gradativamente satisfeitos, com o objetivo de garantir as condições necessárias à realização das mesmas. Resumindo, é neste nível onde a equipe de gerenciamento irá remover as restrições para o bom andamento do projeto.

Operacional ou de curto prazo: relacionado, principalmente, à definição detalhada das atividades a serem realizadas, seus recursos e momento de execução. Tem o papel de orientar diretamente a execução da obra e, em geral, é

realizado em ciclos semanais. Cabe destacar que, somente as tarefas realmente exeqüíveis devem fazer parte desta “programação semanal”, afim de que a mesma seja considerada confiável e possa ter uma seqüência.

3.1.1 Planejamento de obras sob a ótica do PMI

Segundo o PMBOK, 2004 o ciclo de vida de um projeto é composto pelas fases de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento. Na figura 1 a seguir, podemos observar o ciclo PDCA (Planejar, desempenhar, checar e agir).

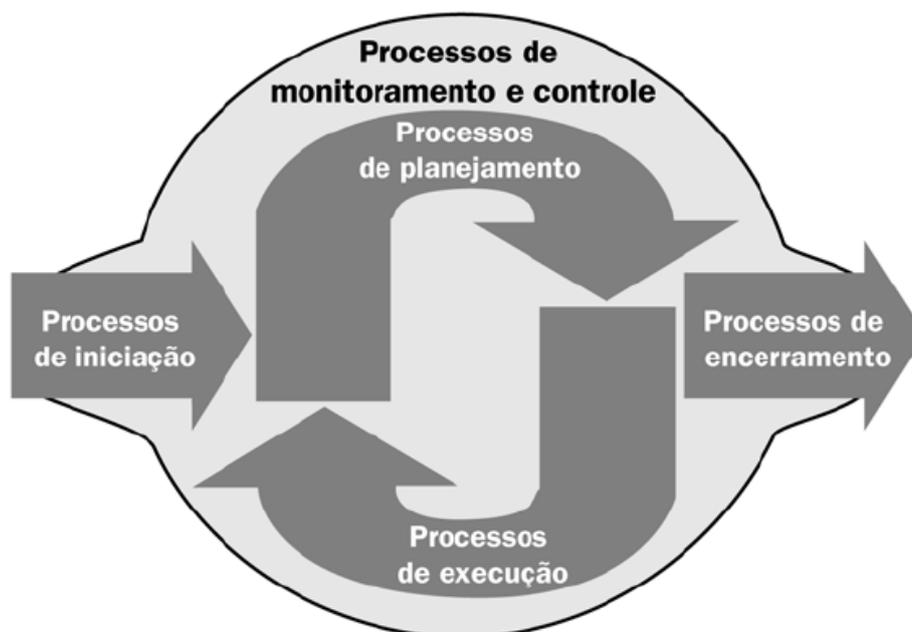


Figura 1 - Mapeamento entre grupos de processos de gerenciamento de projetos e o ciclo PDCA.

Fonte: PMBOK 2004.

Desta forma fica destacada a importância do monitoramento e controle do projeto. Segundo Mattos (2010) o mérito do ciclo (figura 2) é deixar patente para a equipe do projeto que não basta planejar. Não é suficiente delinear previamente a metodologia, os prazos e os recursos requeridos, sem que haja o monitoramento da atividade e a comparação dos resultados reais com aqueles desejados.

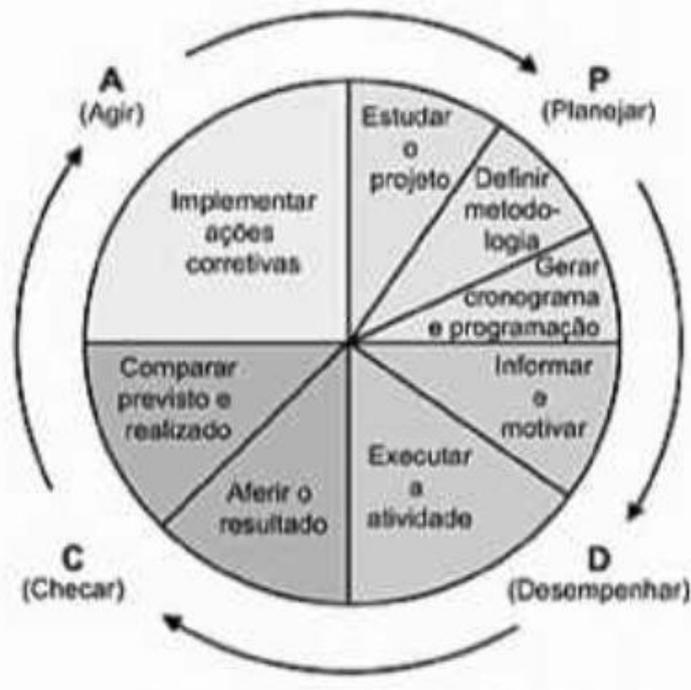


Figura 2 - Ciclo de vida do projeto

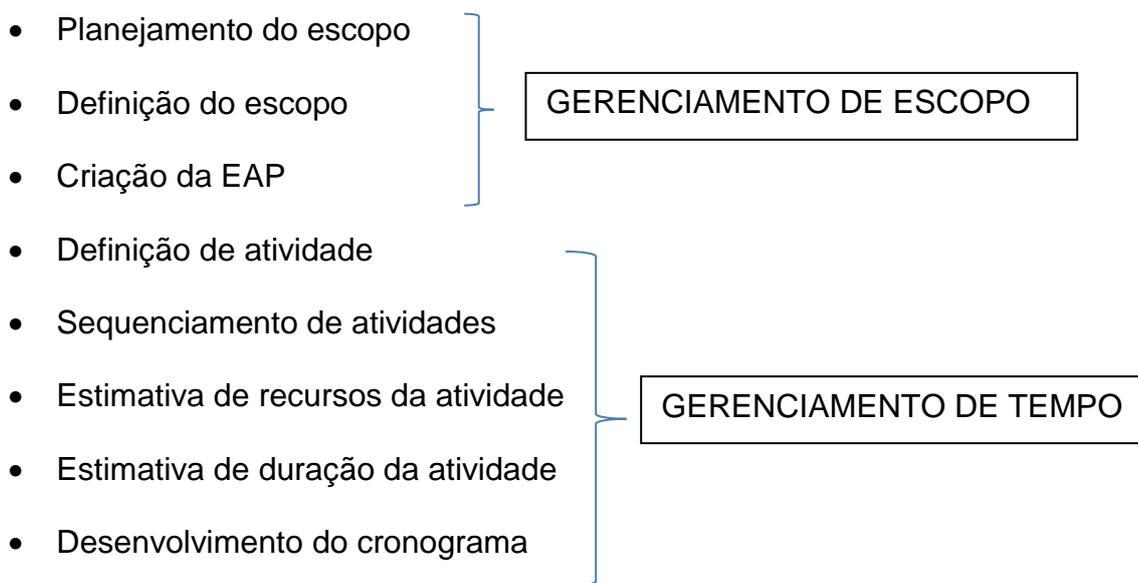
Fonte: MATTOS, 2010

De acordo com o PMBOK (2004), as fases do ciclo de vida do projeto contém grupos de processos relacionados às 9 áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos, relacionadas a seguir, sendo que a fase de planejamento contém processos relacionados à todas as áreas.

- Integração do gerenciamento de projetos
- Gerenciamento do escopo do projeto
- Gerenciamento de tempo do projeto
- Gerenciamento de custos do projeto
- Gerenciamento de qualidade do projeto
- Gerenciamento de recursos humanos do projeto
- Gerenciamento das comunicações do projeto
- Gerenciamento de riscos do projeto
- Gerenciamento de aquisições do projeto

Sob a ótica do PMBOK, este trabalho foi desenvolvido com a exploração dos processos de planejamento relacionados a duas áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos, sendo elas o gerenciamento de escopo e gerenciamento de tempo.

Portanto, os processos de gerenciamento de projetos estudados neste trabalho foram:



3.1.2 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO

- DIAGRAMAS DE REDE - PERT/CPM

O diagrama de rede é a representação gráfica das atividades, levando em conta as dependências entre elas. Essa etapa do roteiro do planejamento não caracteriza mais entrada de dados – o que se faz agora é transformar as informações de duração e sequenciação em um diagrama, uma malha de flechas ou blocos (Mattos, 2010).

As siglas PERT/CPM tiveram origem em 1957, através dos matemáticos Morgan Walker e James Kelley, que se puseram a investigar uma maneira de entender melhor a correlação tempo-custo para os projetos de engenharia. Eles sabiam que acelerar todas as atividades de um projeto não era a maneira mais eficiente de obter prazo reduzido e desconfiavam que o cerne do problema era

achar as atividades “certas” para acelerar o projeto sem incorrer em significativo aumento de custo. Walker e Kelley batizaram de “cadeia principal” o que pouco depois seria imortalizado como “caminho crítico” e que seria a base do *Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico), cuja sigla é CPM (MATTOS, 2010).

O *Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de Avaliação e Revisão de Programas), cuja sigla é PERT, também remonta ao ano de 1957. Ele foi desenvolvido na marinha americana em parceria com a Booz Allen & Hamilton (empresa de consultoria) e a *Lockheed Aircraft Corporation*, para planejamento e controle do Projeto Polaris, cujo escopo era o desenvolvimento de um míssil balístico essencial para os planos americanos na época da Guerra Fria (MATTOS, 2010).

Os diagramas PERT/CPM permitem que sejam indicadas as relações lógicas de precedência (inter-relacionamento) entre as inúmeras atividades do projeto e que seja determinado o caminho crítico, isto é, a sequência de atividades que, se sofrer atraso em alguma de suas componentes, vai transmiti-lo ao término do projeto. Cálculos numéricos permitem saber as datas mais cedo e mais tarde em que cada atividade pode ser iniciada, assim como a folga de que elas dispõem (MATTOS, 2010).

A grande vantagem de representar a lógica do projeto sob a forma de um diagrama de rede é que a leitura e o manuseio da rede ficam muito mais simples e fáceis de entender. Basta imaginar o quanto seria trabalhoso descrever apenas com palavras a metodologia e o encadeamento lógico das atividades de um projeto extenso (MATTOS, 2010).

Há dois métodos de construção de um diagrama de rede: O método das flechas (*Arrow Diagramming Method – ADM*) e o método dos blocos (*Precedence Diagramming Method – PDM*). Ambos produzem o mesmo resultado, o que muda são as regras para desenhar o diagrama. Pelo método das flechas, as atividades são representadas por flechas que conectam eventos ou instantes do projeto. Pelo método dos blocos, as atividades são representadas por blocos. As atividades são unidas por setas que não tem outra função senão definir a ligação entre elas (MATTOS, 2010).

A seguir, nas figura 3 e 4, estão apresentadas o método das flechas e o método dos blocos, respectivamente.

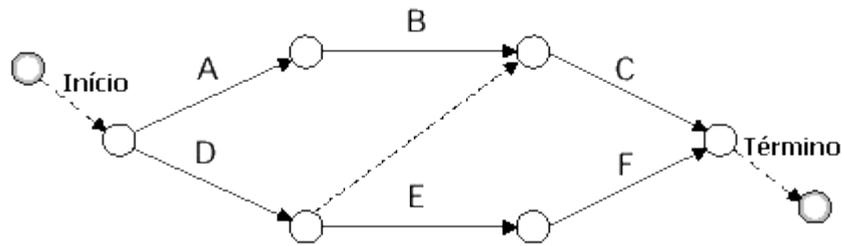


Figura 3 - Método das flechas (*Arrow Diagramming Method – AMD*)

Fonte: PMBOK, 2000.

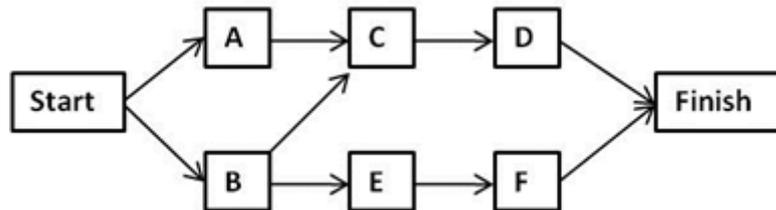


Figura 4 – Método dos blocos (*Precedence Diagramming Method – PDM*)

Fonte: Usmani, 2012.

- GRÁFICO DE GANTT

A visualização das atividades com suas datas de início e fim pode ser conseguida lançando-se mão do recurso gráfico chamado cronograma de Gantt, assim batizado em homenagem ao engenheiro norte-americano Henry Gantt, que introduziu o cronograma de barras como ferramenta de controle de produção de atividades, sobretudo na construção de navios cargueiros no início do século XX (MATTOS, 2010).

O cronograma de Gantt é um gráfico simples: à esquerda figuram as atividades e à direita, as suas respectivas barras desenhadas em uma escala de tempo. O comprimento da barra representa a duração da atividade, cujas datas de início e fim podem ser lidas nas subdivisões da escala de tempo.

O cronograma de Gantt constitui uma importante ferramenta de controle, porque é visualmente atraente, fácil de ser lido e apresenta de maneira simples e imediata a posição relativa das atividades ao longo do tempo.

O cronograma de barras, como originalmente concebido, tem a deficiência de não possibilitar a visualização da ligação entre as atividades, não levar em conta as folgas e não mostrar o caminho crítico. A fim de suprir essas limitações, planejadores criaram uma versão aprimorada do cronograma de Gantt, na qual introduziram dados tirados da rede PERT/CPM. A versão final recebe o nome de cronograma integrado Gantt-PERT/CPM.

No contexto deste trabalho, o cronograma da obra realizado para o estudo de caso foi feito no software MSProject, que utiliza o modelo integrado Gantt-PERT/CPM. Já no software Navisworks, cronograma disponibilizado na ferramenta TimeLiner é de versão mais simples gráfico de Gantt.

Nas figuras 5 e 6, respectivamente, estão apresentados os cronograma de Gantt no Navisworks e o cronograma integrado Gantt-PERT/CPM no MSProject.

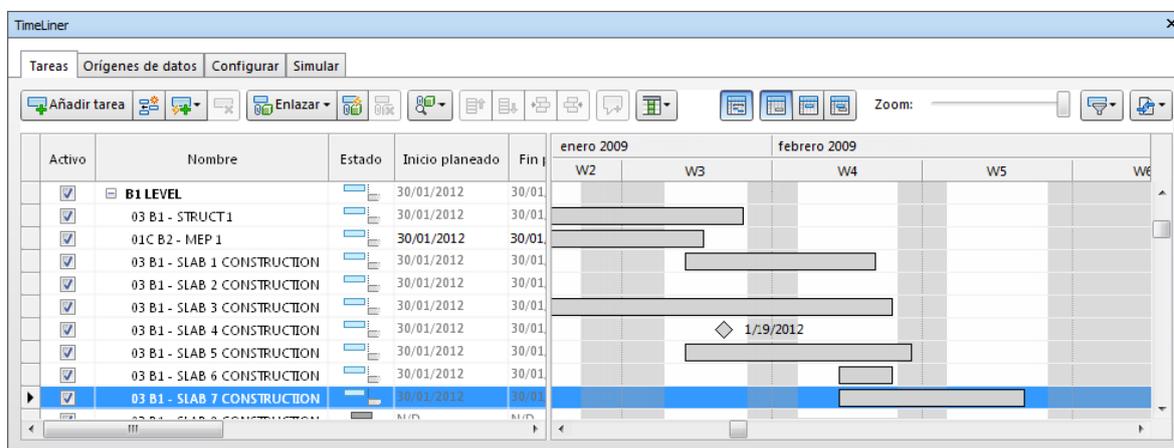


Figura 5 - Gráfico de Gantt no Navisworks.

Fonte: Autodesk (2013).

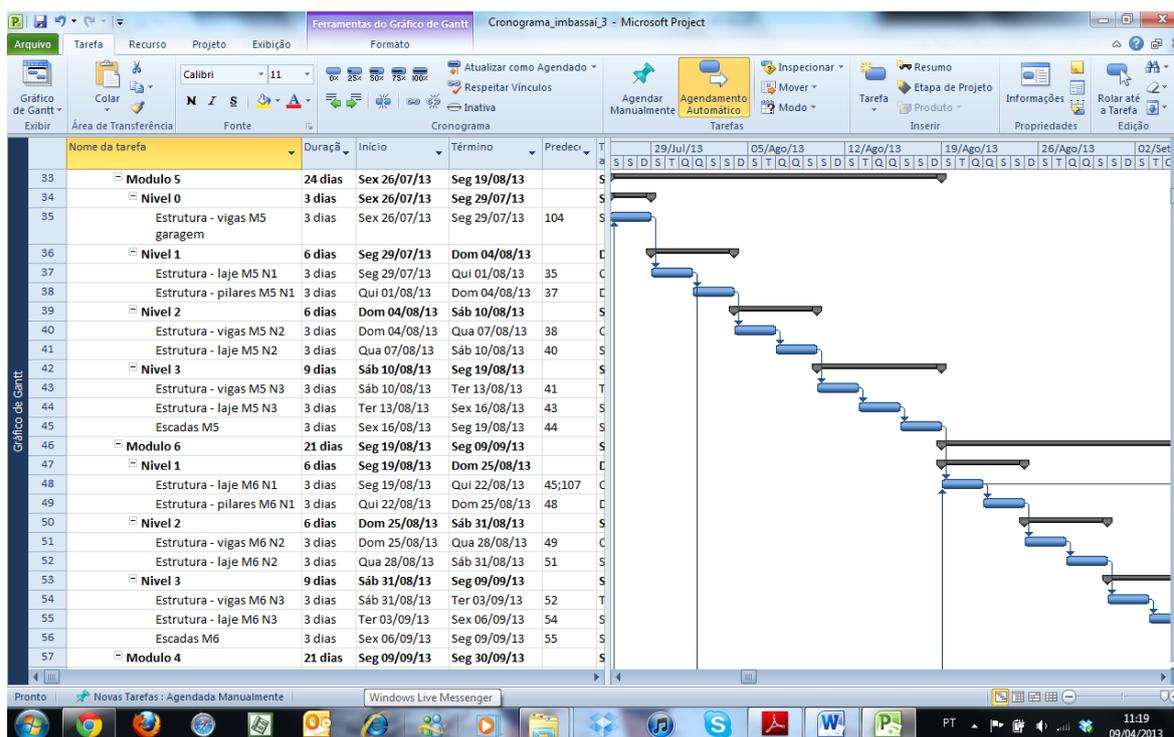


Figura 6 - Gráfico de Gantt no MSProject.

- LINHA DE BALANÇO

A Técnica da linha de balanço (LDB ou LOB, do inglês *line of balance*) foi originalmente desenvolvida em 1941 pela *Goodyear Tire & Rubber Company*, nos EUA, sob orientação de George E. Fouch. Ela também foi aplicada com sucesso para o planejamento e controle de produção da Marinha americana nos anos 50 (MATTOS, 2010).

O conceito de linha de balanço foi ampliado para a construção civil, a indústria de manufatura e o fluxo de operações industriais. A popularidade do PERT/COM alavancou a potencialidade da LDB como ferramenta de planejamento e controle (MATTOS, 2010).

Em projetos em que existem determinados grupos de serviços repetitivos, com ciclos de produção, a linha de balanço é uma excelente técnica de planejamento. Podemos citar como alguns exemplos na construção civil: Obras de edifícios altos, estradas, gasodutos e oleodutos, adutoras, conjuntos de villages, conjuntos de habitação popular, como do programa Minha Casa Minha Vida (MATTOS, 2010).

A linha de balanço, também conhecida por diagrama tempo-caminho ou diagrama espaço-tempo, é uma técnica de planejamento desenvolvida para este tipo de obra. Os serviços realizados em seqüências lógicas podem ser representados por uma reta em um gráfico tempo-progresso. A inclinação da reta mostra o ritmo com que a atividade avança. Ao contrário do cronograma de barras tradicional, que se fixa na duração das atividades, a LDB representa a produtividade do serviço (MATTOS, 2010).

No exemplo da figura 07 a seguir, podemos observar a linearidade dos serviços, por estarem agrupados. Desta forma, a representação revela o aspecto geral de evolução de atividades comuns de forma condensada, podendo-se constatar quais destes deverão ser mais acelerados, de acordo com a taxa de produção no tempo, bem como é possível saber a duração de cada serviço pela espessura da linha. Na abscissa temos a grandeza tempo e na ordenada, a quantidade de unidades produzidas. (MATTOS, 2010).

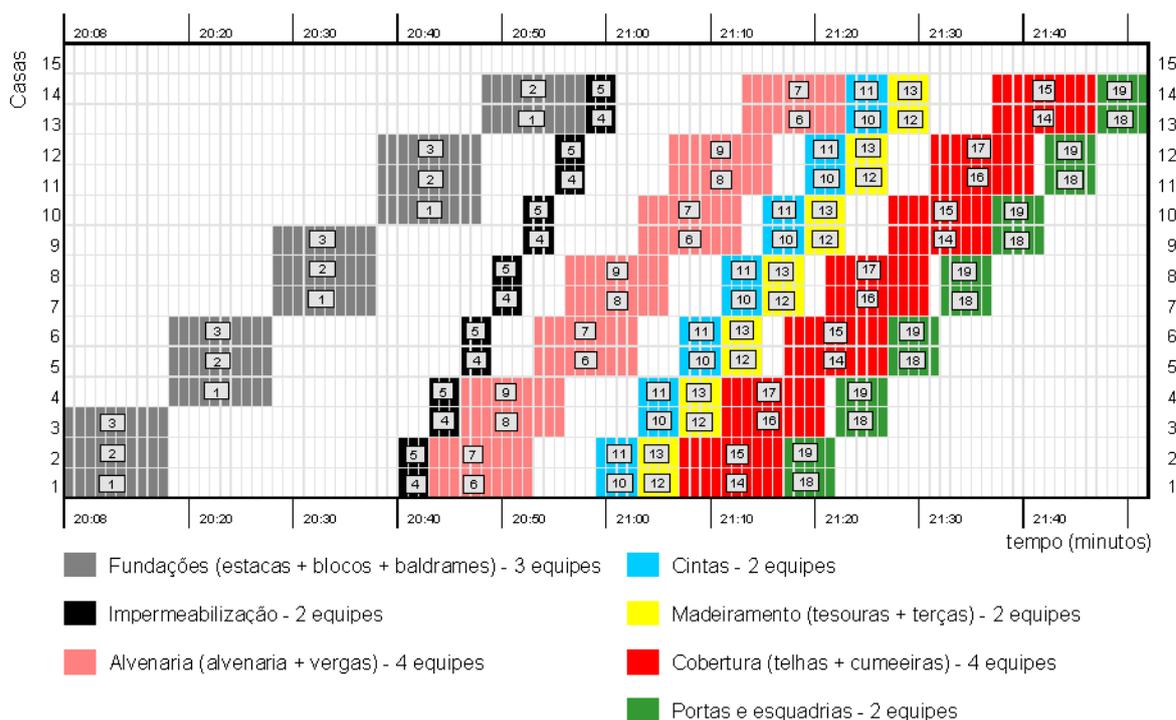


Figura 7 - Linha de balanço

Fonte: VARGAS, 1998

Akkari; Costa (20--), fazem uma análise comparativa entre a aplicação prática da Linha de Balanço (LOB – *line of balance*) nos softwares MSProject e

MSExcel, analisando os pontos positivos e negativos de cada um. Nas figuras 08 e 09 temos os dois exemplos.

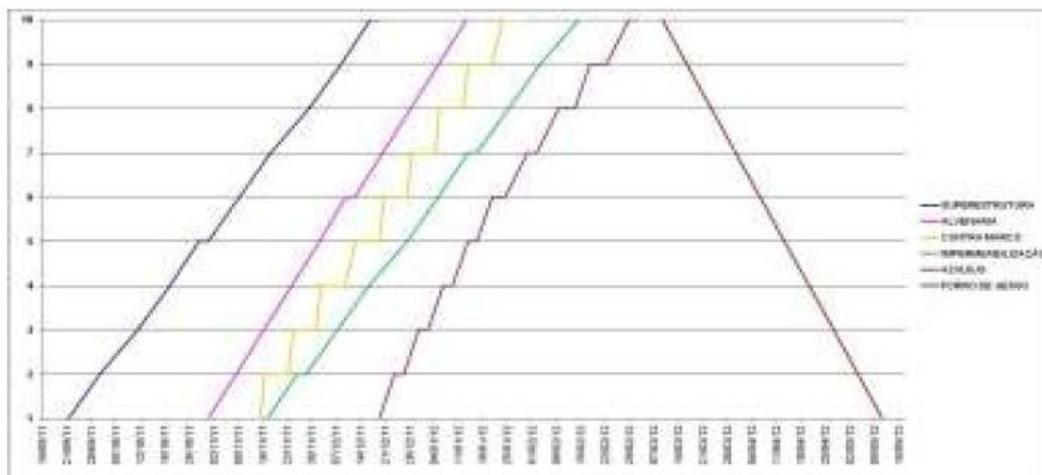


Figura 8 - Linhas de balanço no MSExcel

Fonte: Akkari (20__)

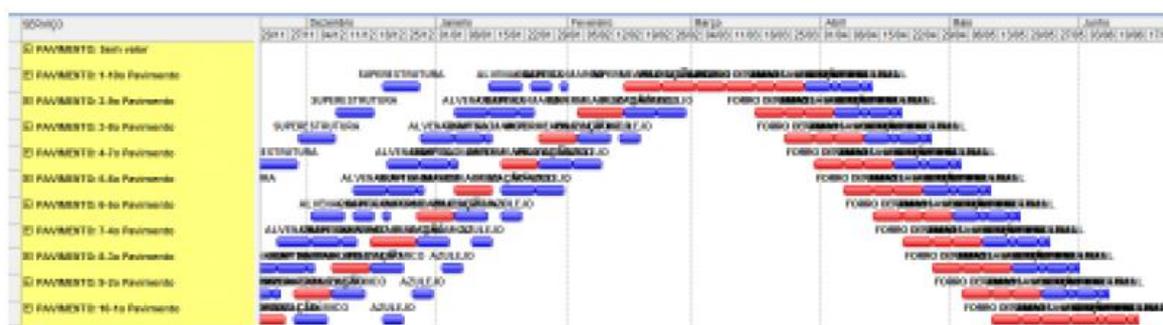


Figura 9 - Linhas de balanço no MSProject

Fonte: Akkari (20__)

Segundo Akkari (20__), a linha de balanço no MSExcel é mais fácil de visualizar e assim tomar ações para redução da ociosidade das equipes, mas essas ações precisam ser feitas no MSProject.

A maior dificuldade no MSProject quando abre-se Serviço-Pavimento (casamento entre o orçamento-planejamento) é o alto grau de detalhamento. Os pacotes de trabalho, nesse caso, precisam estar enxutos e agrupados. Já quando

abre-se Pavimento-Serviço a desvantagem é o descasamento com o orçamento (AKKARI, 20__).

3.1.3 Planejamento do Canteiro de Obras

O projeto de canteiro de obras é o serviço integrante do processo de construção, responsável pela definição do tamanho, forma e localização das áreas de trabalho, fixas e temporárias, e das vias de circulação, necessárias ao desenvolvimento das operações de apoio e execução, durante cada fase da obra, de forma integrada e evolutiva, de acordo com o projeto de produção do empreendimento, oferecendo condições de segurança, saúde e motivação aos trabalhadores e, execução racionalizada dos serviços (FERREIRA, 1998).

Para Saurin; Formoso (2006) o planejamento de um canteiro de obras pode ser definido como o planejamento do layout e da logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do layout envolve a definição do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem Frankenfeld (1990) apud Saurin; Formoso (2006).

FERREIRA (1998), propõe uma metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras, baseada no desenvolvimento simultâneo do projeto do produto e da produção, explicado a seguir.

O projeto da produção compreende o projeto dos processos, o projeto do canteiro, a organização do empreendimento, o sistema de informações e o sistema de planejamento e controle (FRANCO, 1992 *apud* FERREIRA, 1998).

Segundo FERREIRA (1998), o projeto do canteiro de obras, como parte do projeto da produção, deve iniciar durante a definição do programa de necessidades (PN) e evoluir paralelamente ao desenvolvimento do projeto do produto, durante as etapas de elaboração do estudo preliminar (EP), anteprojeto (AP) e projeto executivo (PE).

Para atender às normas e a um mercado mais competitivo, exigindo a melhoria da qualidade e da produtividade das construções, torna-se necessário a elaboração do projeto do canteiro de obras, como forma de, atender as exigências

legais, e possibilitar a otimização das condições de trabalho e segurança nas obras, contribuindo para o funcionamento mais eficiente do sistema de produção.

No planejamento da obra é fundamental o estudo do canteiro e sua interseção com as etapas de execução, identificando os momentos de inclusão, modificação e retiradas dos elementos do canteiro de obras.

3.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

BIM é um conceito que fundamentalmente envolve a modelação das informações do edifício, criando um modelo digital integrado de todas as especialidades, e que abrange todo o ciclo de vida da edificação. A modelação 3D paramétrica e a interoperabilidade são características essenciais que dão suporte a esse conceito (AZEVEDO, 2009).

Para Coelho; Novaes (2008), os sistemas baseados na tecnologia BIM podem ser considerados uma nova evolução dos sistemas CAD, pois gerenciam a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento de construção, através de um banco de informações inerentes a um projeto, integrado à modelagem em três dimensões.

Nos sistemas CAD, a geometria é baseada em coordenadas para o desenvolvimento de entidades gráficas, formando elementos de representação (paredes, portas, lajes, etc.). A alteração de um projeto desenvolvido em CAD (2D e 3D) implica em diversas modificações “manuais” dos objetos representados (COELHO; NOVAES, 2008).

Os sistemas BIM adotam modelos paramétricos dos elementos construtivos de uma edificação e permitem o desenvolvimento de alterações dinâmicas no modelo gráfico, que refletem em todas as pranchas de desenho associadas, bem como nas tabelas de orçamento e especificações (COELHO; NOVAES, 2008).

A base de um sistema BIM é o banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a

experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007 *apud* COELHO, 2008).

A adoção de sistemas BIM e não se limita a uma implantação de nova tecnologia, mas referem-se à adoção de novos fluxos de trabalho envolvendo ambiente colaborativo e planejamento nas fases iniciais do projeto. O novo modelo de colaboração envolve recursos avançados de visualização, aliados à transferência contínua de conhecimento entre os diversos agentes participantes do processo de projeto (projetistas, construtores, contratantes, consultores, etc.) (COELHO, 2008).

Para Silveira (2005), o planejamento 4D pode ser definido como o processo de planejamento para um empreendimento da construção civil e visualização do mesmo a nível espacial conforme o planejado, ou seja, consiste em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último (o tempo) a quarta dimensão. O planejamento 4D associa os objetos existentes na maquete eletrônica a uma atividade do planejamento. Além disso, pode-se inserir os grandes equipamentos (grua, elevador provisório, andaimes, etc.) usados na construção e associá-los a atividades do planejamento.

Segundo Mckinney (2000), um sistema de planejamento 4D apóia o processo de captura e dinâmica de gestão da integração entre os componentes do projeto e os recursos ao longo do tempo, dando suporte, em tempo real, de interação dos usuários com o sistema em 4D. Esse sistema também incentiva a comunicação, a aprovação e melhoria dos cronogramas de construção entre as partes interessadas, como gerentes da construção, os clientes, projetistas, subcontratados e membros da equipe.

Para Silveira (2005), o planejamento 4D associa os objetos existentes na maquete eletrônica a uma atividade do planejamento. Grandes equipamentos (gruas, elevadores provisórios, andaimes etc.) usados na construção podem ser associados a atividades do planejamento e serem visualizados ao longo do tempo, permitindo a detecção de interferências no andamento da obra.

Cotts (2010) descreve o planejamento de canteiro de obras com a utilização do BIM como sendo o processo no qual a modelagem 4D é usada para representar graficamente as instalações permanentes e temporárias do canteiro, de acordo com o cronograma da obra. Maiores informações incorporadas no modelo podem incluir

recursos humanos, materiais e entregas associadas, bem como locação de equipamentos. Como os componentes da modelagem 3D são diretamente vinculadas ao cronograma, o gerenciamento das atividades do canteiro, como visualização das atividades planejadas, atividades de planejamento à curto prazo e recursos, podem ser analisados em qualquer data e local de execução da obra.

Trabalhar com BIM demanda treinamento e customização. Cada empresa deve avaliar e desenvolver o modelo específico para as suas necessidades. Há diferentes formas de se trabalhar com o conceito: existem construtoras que estimulam seus projetistas terceirizados a desenvolverem todas as etapas em BIM, integrando todos os processos de forma plena; e há outras que recebem todos os projetos em CAD e modelam somente pontos críticos para detectar possíveis incompatibilidades (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

Como desafios a serem enfrentados, o primeiro problema apontado por quase todos os agentes da cadeia de projetos é a interoperabilidade dos softwares. Por questões comerciais, existem fabricantes que não possibilitam a exportação de projetos para um formato que possa ser compartilhado em programas de outras marcas que não a sua. Com isso, os arquitetos, projetistas de estruturas, hidráulicos e elétricos ficam presos a uma única família de programas, que nem sempre atendem às suas necessidades (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

Para resolver esse problema, é preciso que todos os softwares adotem o formato IFC (*Industry Foundation Classes*) padronizado pela ISO 16.739, para exportação de modelos. O IFC é para o BIM o que o DWG é para o CAD (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

Na figura 10 a seguir, são apresentados dois modelos que representam uma comparação entre o processo tradicional e o processo BIM.

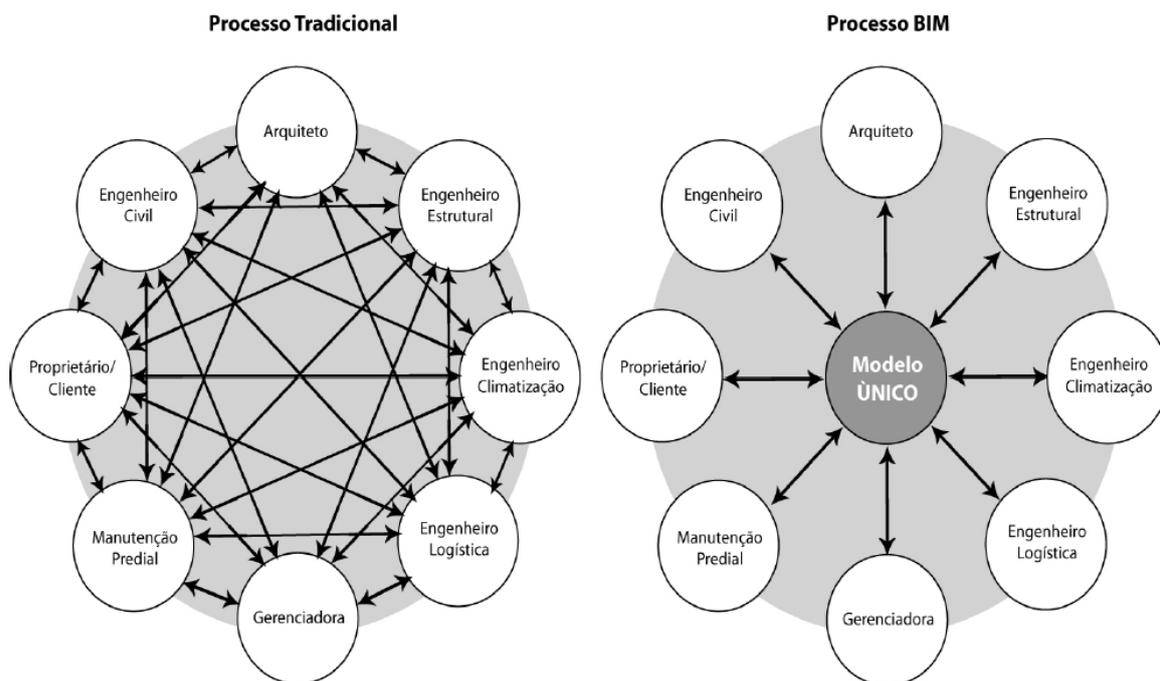


Figura 10 - Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto

Fonte: GOES E SANTOS (2011)

Observa-se que o processo tradicional de projeto muda completamente. Segundo a Revista Construção Mercado (2011), os profissionais de Arquitetura deverão inserir no anteprojeto detalhes técnicos dos sistemas e das dimensões das estruturas, porém vão ganhar tempo com a geração automática de plantas, cortes e perspectivas. Já para os profissionais de estruturas, os softwares de cálculo tradicionais já permitem a extração de modelos em BIM a partir de projetos consistentes e bem resolvidos. Por outro lado, para os projetos de instalações, os aplicativos atuais precisam evoluir muito para que sejam produtivos e eficientes na área de sistemas prediais e para não se tornarem uma barreira na disseminação do BIM em toda cadeia construtiva.

Na figura 11 a seguir, tem-se o ciclo de um projeto com o processo BIM:

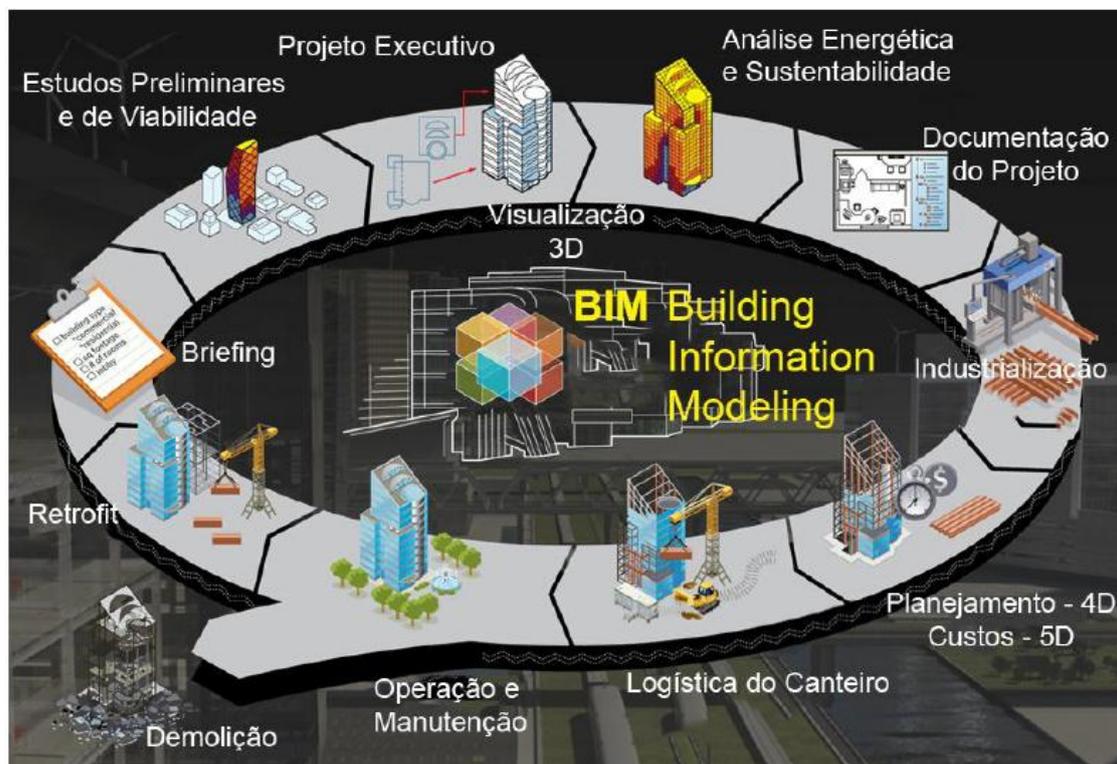


Figura 11 - Ciclo do BIM

Fonte: CAMPOS (2010)

3.3 SOFTWARE AUTODESK NAVISWORKS

O software Autodesk Navisworks Simulate 2013 é uma solução completa de revisão para os profissionais de projeto e de gerenciamento de construção, que procuram por uma poderosa visão e prognósticos, para aprimorar a produtividade e a qualidade do projeto. Dados de projeto 3D, geometria e informações, podem ser combinados, a despeito das ferramentas de autoria de projetos ou do tamanho do arquivo (AUTODESK, 2013)

O software Autodesk Navisworks Simulate 2013 fornece ferramentas avançadas para simulação e poderosos recursos para ajudá-lo a comunicar melhor as informações do projeto. Dados de projetos multidisciplinares criados em ampla escala de aplicativos de modelagem de informações de construção (BIM), protótipo

digital e projeto de plantas de processo podem ser combinados em um único modelo de projeto integrado. Recursos de tabela completa, custo, animação e a visualização auxiliam os usuários a demonstrar a intenção do projeto e a simular a construção, a fim de ajudar a aprimorar a visão e a previsibilidade. A navegação em tempo real é combinada com um conjunto de ferramentas de revisão para suportar a colaboração entre a equipe do projeto. A seguir temos uma explicação da terminologia de arquivos utilizados no software Navisworks, baseados na página de Ajuda do Autodesk Navisworks Simulate (2013).

3.3.1 Terminologia de Arquivos

- ARQUIVOS DE CACHE (NWC)

Quando qualquer arquivo nativo do CAD ou Revit estiver aberto ou anexado, o Autodesk Navisworks cria um arquivo em cache (NWC), caso a opção gravar em cache estiver ativada. Quando o arquivo é aberto ou anexado da próxima vez, o Autodesk Navisworks irá ler os dados do arquivo de cache correspondente em vez de reconverter os dados originais se o cache for mais novo do que o arquivo original. Se o arquivo original for alterado, o Autodesk Navisworks irá recriar o arquivo de cache da próxima vez que for carregado. Os arquivos de cache aceleram o acesso aos arquivos de uso comum. Eles são particularmente úteis para modelos compostos de muitos arquivos, entre os quais apenas alguns são modificados entre as sessões de visualização. Os arquivos de cache também podem ser exportados de alguns aplicativos de CAD onde um leitor de arquivo nativo não está disponível com o Autodesk Navisworks.

- ARQUIVOS DE DADOS PUBLICADOS (NWD)

Os arquivos NWD publicados são úteis ao se desejar obter um instantâneo do modelo em determinado momento. Toda a informação de geometria e revisão é salva nos arquivos NWD, não podendo assim ser alterada. Os arquivos NWD publicados também podem conter informações sobre o arquivo, assim como são capazes de serem protegidos por senha e marcados no tempo para fins de segurança. Estes arquivos são também bem pequenos, comprimindo os dados em até 80% de seu tamanho original.

- ARQUIVOS REVISADOS (NWF)

Os arquivos de revisão são úteis ao utilizar os arquivos anexados ao Autodesk Navisworks. Eles armazenam a localização dos arquivos anexados, junto com quaisquer revisões do projeto feitas no Autodesk Navisworks, como comentários, linhas de marcação, pontos de vista, animações e assim por diante.

Se um grupo de arquivos é anexado a uma cena do Autodesk Navisworks e salvo como um arquivo NWF, então, ao reabrir este arquivo NWF mais tarde, uma vez que os arquivos originais tenham sido alterados, os arquivos atualizados serão carregados na cena para revisão.

3.3.2 Ferramenta TimeLiner

A seguir são apresentados os conceitos da ferramenta TimeLiner de acordo com a Autodesk (2013).

A ferramenta TimeLiner adiciona a simulação de tabela ao Autodesk Navisworks. O TimeLiner permite criar ou importar o planejamento de uma variedade de fontes. É possível então conectar tarefas em planejamento com objetos no modelo para criar uma simulação. Isto permite ver o efeito do planejamento no modelo e comparar as datas planejadas com as datas atuais. Os custos também podem ser atribuídos às tarefas para acompanhar o custo de um projeto ao longo da programação. O TimeLiner também permite exportar as imagens e animações com base nos resultados da simulação. O TimeLiner irá atualizar automaticamente a simulação se o modelo ou o planejamento é modificado.

É possível combinar a funcionalidade do TimeLiner com outras ferramentas do Autodesk Navisworks. A vinculação do TimeLiner com um *Object Animation* permite acionar e planejar o movimento de um objeto com base em uma hora inicial e a duração das tarefas do projeto, e pode ajudar com o planejamento de espaço de trabalho e de processo. Por exemplo, uma sequência do TimeLiner pode indicar quando um determinado guindaste no terreno move de seu ponto inicial para seu ponto final no decorrer de uma determinada tarde, e que um grupo de trabalho trabalhando nas proximidades causa uma obstrução em sua rota. Este problema potencial de obstrução pode ser solucionado antes de ir ao terreno (ou seja, o

guindaste pode ser movido ao longo de uma outra rota, o grupo de trabalho pode ser movido para outro lugar ou o planejamento do projeto pode ser alterado).

A vinculação do TimeLiner com o Clash Detective permite as verificações de interferência no projeto com base em horário. A vinculação do TimeLiner, com o Object Animation e o Clash Detective permite o teste de interferência de planejamentos do TimeLiner com uma animação completa. Portanto, ao invés de inspecionar visualmente uma sequência do TimeLiner para assegurar, por exemplo, que o guindaste em movimento não colidiu com o grupo de trabalho, é possível executar um teste do Clash Detective.

- TAREFAS DO TIMELINER

A guia Tasks pode ser utilizada para criar e editar tarefas, para anexar tarefas em itens de geometria, e para validar seu planejamento do projeto.

É possível ajustar a vista da tarefa. Adicionar novas colunas do usuário para o conjunto padrão de colunas. Isso é útil quando você importa dados de arquivos de projeto externos que contêm mais campos do que o TimeLiner.

- GRAFICO DE GANTT

A vista *Gantt Chart* na guia *Tasks* fornece uma representação visual de suas tarefas. O eixo horizontal representa o intervalo de tempo do projeto, dividido em incrementos (tais como minutos, horas, dias, semanas, meses e anos) e o eixo vertical representa as tarefas do projeto. As tarefas podem ser executadas sequencialmente, em paralelo, ou sobrepostas.

É possível arrastar uma tarefa para diferentes datas ou clicar em qualquer extremidade da tarefa e arrastá-la para estender ou encurtar sua duração. Todas as alterações são atualizadas automaticamente na vista *Task*. Da mesma forma, modificar um campo na vista *Tasks* modifica o campo correspondente na vista *Gantt Chart*.

- VINCULAÇÃO COM ARQUIVOS DE PROJETOS EXTERNOS

Um dos mais poderosos recursos do TimeLiner é a sua integração com software de planejamento de projeto. A lista de tarefas incluindo suas datas/horas iniciais e finais podem ser importada de um arquivo de projeto diretamente no TimeLiner, conforme apresentado na figura 12.

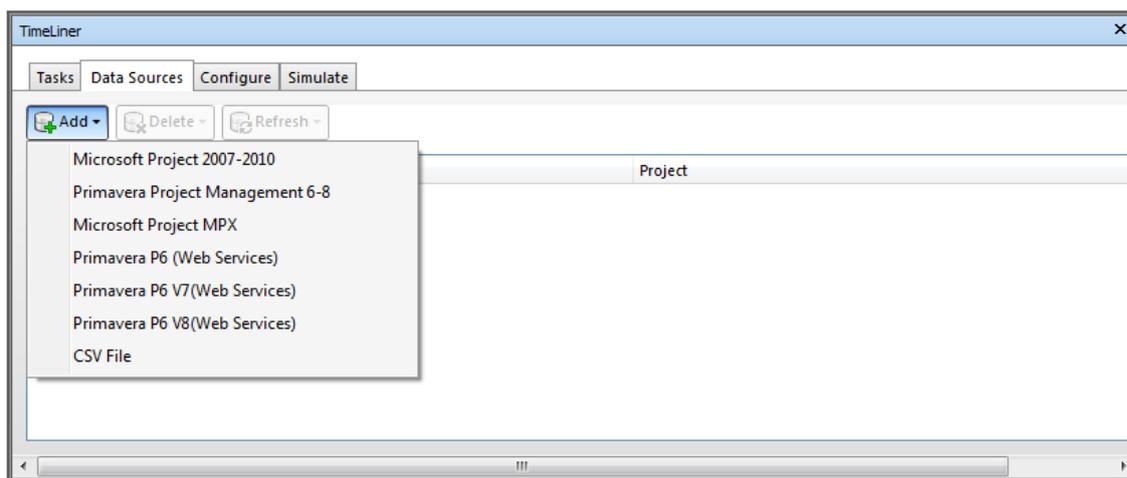


Figura 12 - Janela do TimeLiner.

Fonte: AUTODESK (2013).

- EXPORTAÇÃO DE TABELAS DO TIMELINER

É possível exportar dados da tabela do TimeLiner nos formatos CSV e Microsoft Project XML. Os dados são exportados na ordem padrão, sem considerar a ordem ou a seleção de colunas do TimeLiner.

Se você estiver exportando para XML, há opções adicionais disponíveis na página *Import/Export*, que você pode usar para exportar datas de início de tarefas e tempo de duração. Como diferentes tipos de calendários podem ser utilizados em softwares de gerenciamento de projeto externo, é recomendado gerenciar as datas e a duração das tarefas no Autodesk Navisworks Manage 2013 ou utilizar um software de gerenciamento de projeto externo, mas não ambos.

Observação: Ao exportar um CSV do TimeLiner, a hierarquia das tarefas não é representada. Todas as tarefas disponíveis são exportadas sem nenhuma estrutura hierárquica. Isso significa que a retração/expansão dos nós das tarefas na grade do TimeLiner não afeta se as tarefas são ou não exportadas para o CSV.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso proposto neste trabalho tem o objetivo de avaliar a aplicação de ferramentas de Modelagem da Informação da Construção para estudo do planejamento de obras. Espera-se com isso, apresentar os benefícios da metodologia BIM aplicada a planejamento.

A obra utilizada para realização do trabalho é referente a um village com 6 módulos de 2 andares cada. Contém vagas para visitantes, Guarita com segurança, Quiosques com churrasqueira, piscina adulto e infantil com deck, espaço gourmet, lounges, sala de fitness, e parque infantil.

No quadro 2 a seguir, são apresentadas as etapas para elaboração do planejamento 4D utilizando ferramentas do BIM.

Item	Descrição
1	Modelagem dos projetos no software Autodesk Revit 2013 de forma estruturada em arquivos por blocos/torres, e organizada por local e etapa;
2	Para grandes projetos, os arquivos em Revit devem ser exportados no formato NWC; Para projetos menores ou com menor nível de detalhamento, a importação dos arquivos pode ser feita no formato RVT;
3	Organizar os arquivos nos formatos RVT e NWC em uma pasta;
4	Os arquivos NWC ou RVT são importados para um mesmo arquivo NWF no software Navisworks;
5	Agrupamento de elementos comuns dos projetos em pastas para definição dos pacotes de trabalho;
6	Organização das pastas criadas com estrutura que definirá a EAP (Estrutura Analítica do Projeto);
7	Adicionar a EAP criada na tela da ferramenta TimeLiner do software Navisworks;
8	Exportar a EAP gerada na tela da ferramenta TimeLiner como um arquivo no formato XML;
9	Abrir o arquivo XML criado através do MSProject;
10	Estimar os recursos das atividades;
11	Estimar a duração das atividades;
12	Desenvolver o cronograma;
13	O cronograma desenvolvido é importado para o Navisworks, através da ferramenta TimeLiner;
14	Abrir o arquivo importado na ferramenta TimeLiner, através do botão Rebuild Task Hierarchy, na guia Data Sources;
15	Configurar todas as atividades em uma das opções: <i>Construct</i> , <i>Demolish</i> ou <i>Temporary</i> ;
16	Simular o desenvolvimento do projeto vinculado ao cronograma executivo.

Quadro 2 – Etapas para elaboração do planejamento 4D utilizando ferramentas do BIM.

Os projetos utilizados na realização do trabalho, já modelados no Revit, foram cedidos pela construtora “A”. A modelagem do projeto foi feita de forma particionada em diversos arquivos em Revit, para reduzir o tempo de carregamento para abrir e rodar o programa no computador.

Posteriormente, cada um dos arquivos em Revit foi exportado no formato de arquivo NWC e organizado em uma pasta. Em seguida no Navisworks, através do arquivo NWF aberto, os arquivos NWC foram importados para compor todos os elementos do projeto completo.

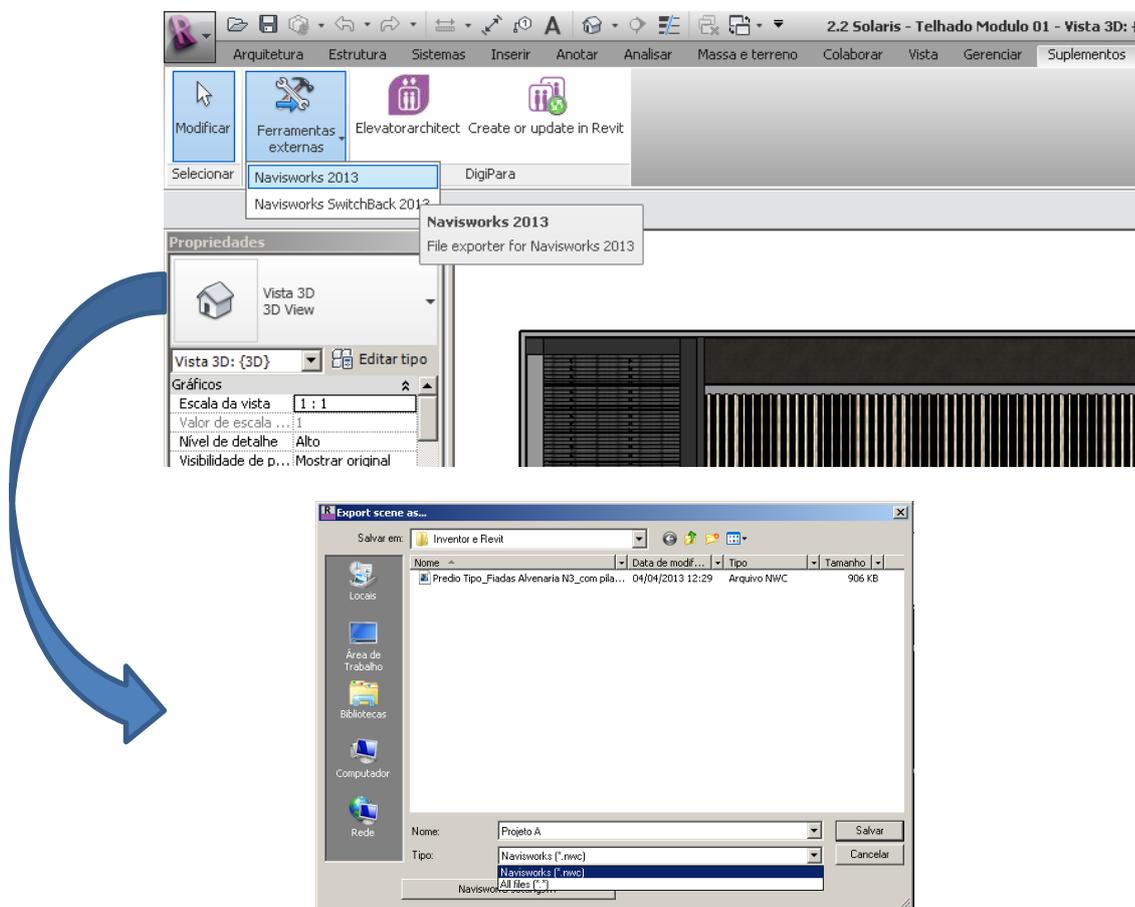


Figura 13 – Exportação de arquivos do Revit em NWC.

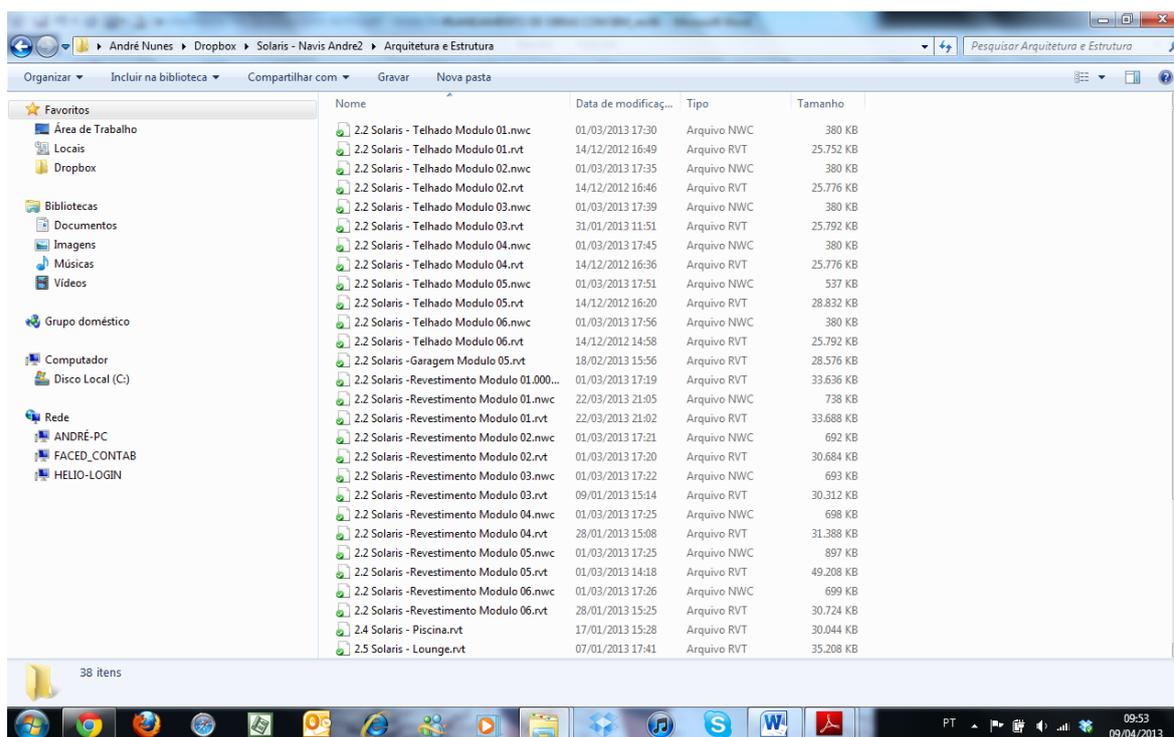


Figura 14 - Pasta com os arquivos RVT e NWC organizados.

A importação dos arquivos no formato RVT pelo Navisworks demora um tempo enorme. Concluiu-se de que a importação do arquivo no formato RVT é boa, mas só para arquivos pequenos. Projetos maiores, com mais detalhamento e maior número de projetos devem ser exportados no formato NWC, pois o arquivo do Navisworks fica muito mais leve e rápido para carregar e atualizar. Para isto funcionar bem, poderá ser utilizado como rotina, após o desenvolvimento dos projetos e exportação para o Navisworks, de sempre exportar o projeto do Revit após a realização de qualquer alteração.

Sendo assim, todos os projetos necessários ao planejamento da obra foram incorporados ao Navisworks no formato NWC através do botão Append, na figura 15 a seguir.

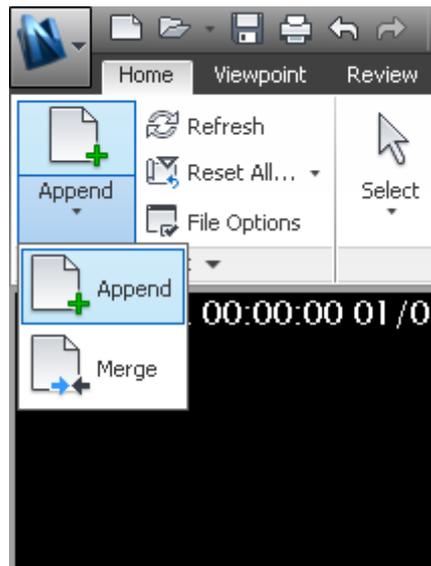


Figura 15 - Botão Append para importação de arquivos.

Assim, os arquivos foram organizados de maneira a facilitar o processo de seleção dos elementos para criação e definição dos pacotes de trabalho no Navisworks.

Na figura 16 a seguir é possível observar os projetos importados para o Navisworks no formato NWC. Para isso, basta apertar o botão Selection Tree e deixar na tela Standard.

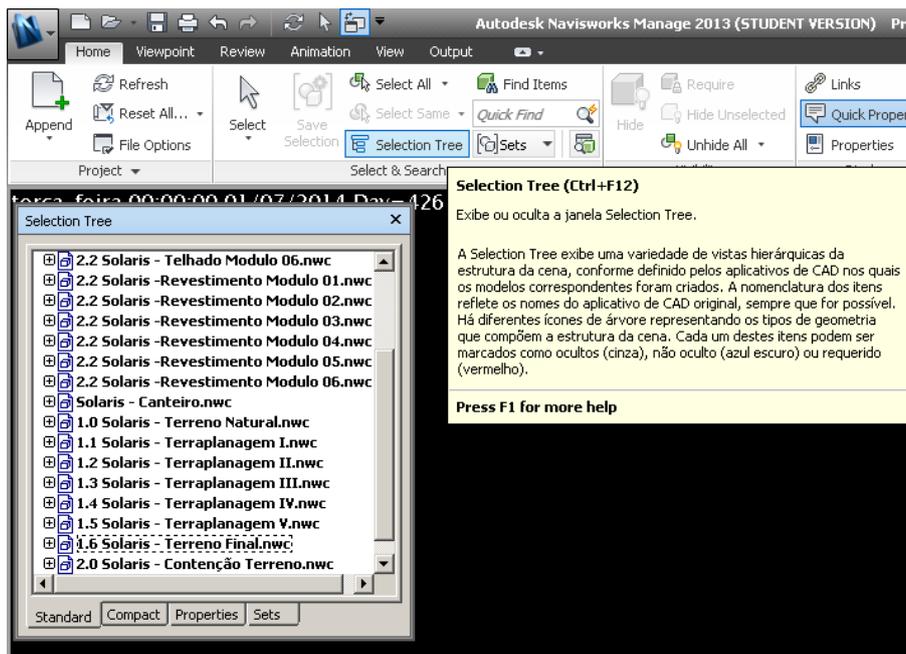


Figura 16 - Tela Selection Tree com Standard ativado.

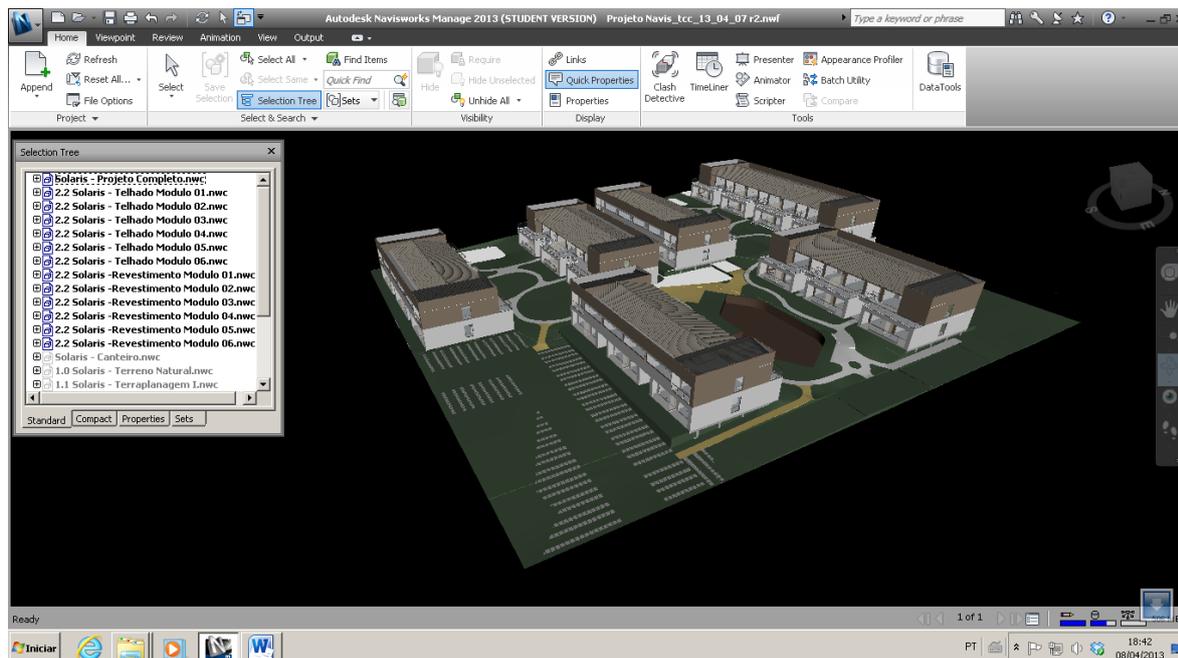


Figura 17 - Modelo da obra importado do Revit para o Navisworks.

Após a importação de todos os projetos, foi dado início aos processos de planejamento de escopo, definição dos pacotes de trabalho e criação da EAP. Na figura 18 a seguir, podemos observar que cada projeto importado em NWC é subdividido em diversos itens. Por exemplo, o projeto Telhado módulo 3 é subdividido em montantes, telhas, caibros, cumeeira, ripas, etc.

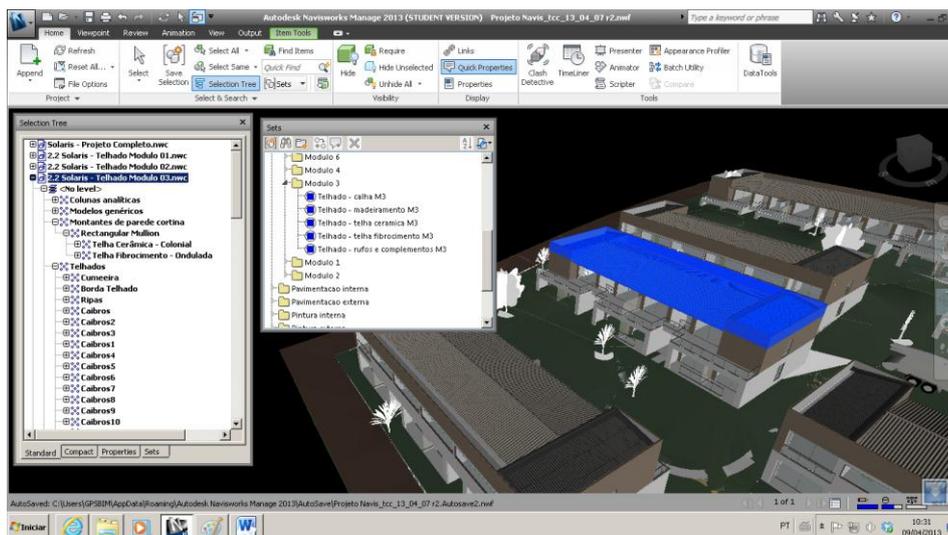


Figura 18 - Seleção de itens para criação de Sets.

Para a definição dos pacotes de trabalho, os itens relacionados a um mesmo serviço a ser realizado por uma equipe de trabalho definida, foram agrupados em pastas, através da janela de gerenciamento de conjuntos (*Manage Sets*) e do botão *Save Selection*. Estas pastas, por sua vez, foram organizadas com estrutura que deu origem a EAP do projeto.

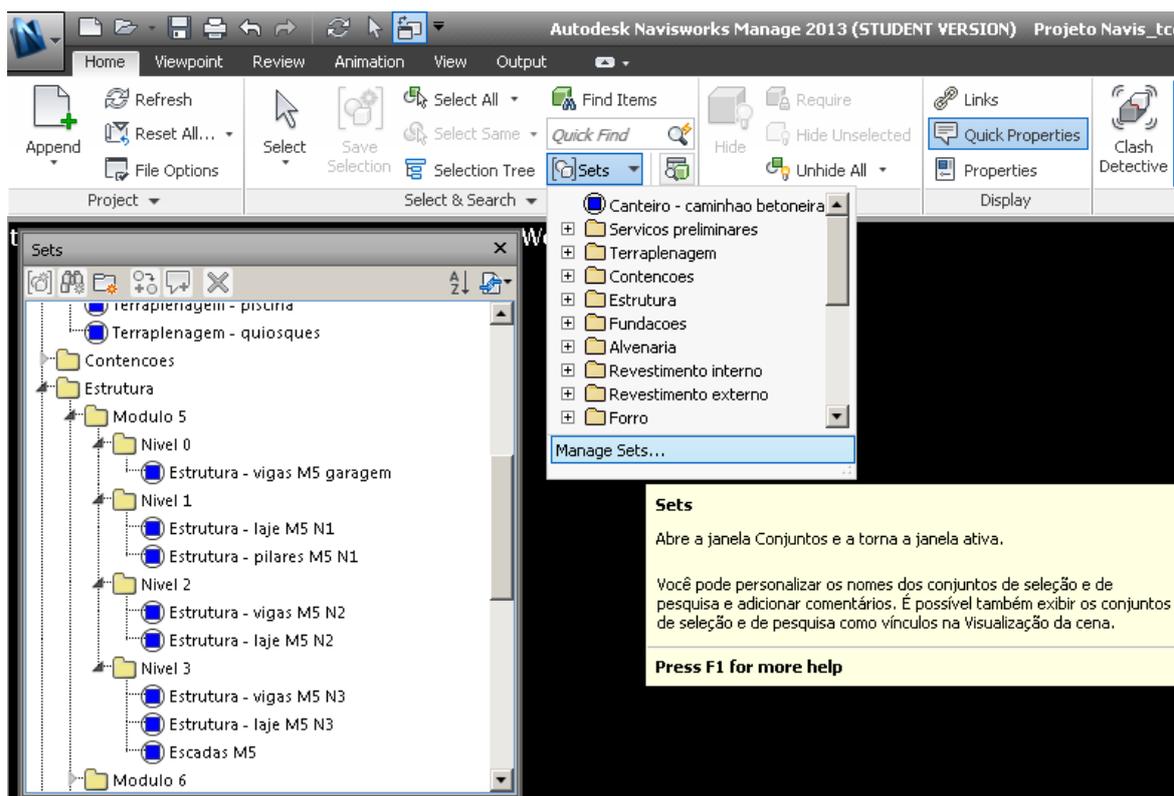


Figura 19 - O botão *Manage Sets* permite editar os *Sets* para que seja possível organizar a EAP da forma desejada.

Um dos artifícios utilizados para facilitar a criação dos conjuntos (*Sets*) foi o botão *Hide*, que permitiu esconder os itens já selecionados, evitando assim sobreposição de itens do projeto em pacotes de trabalho diferentes, conforme ilustrado na figura 20.

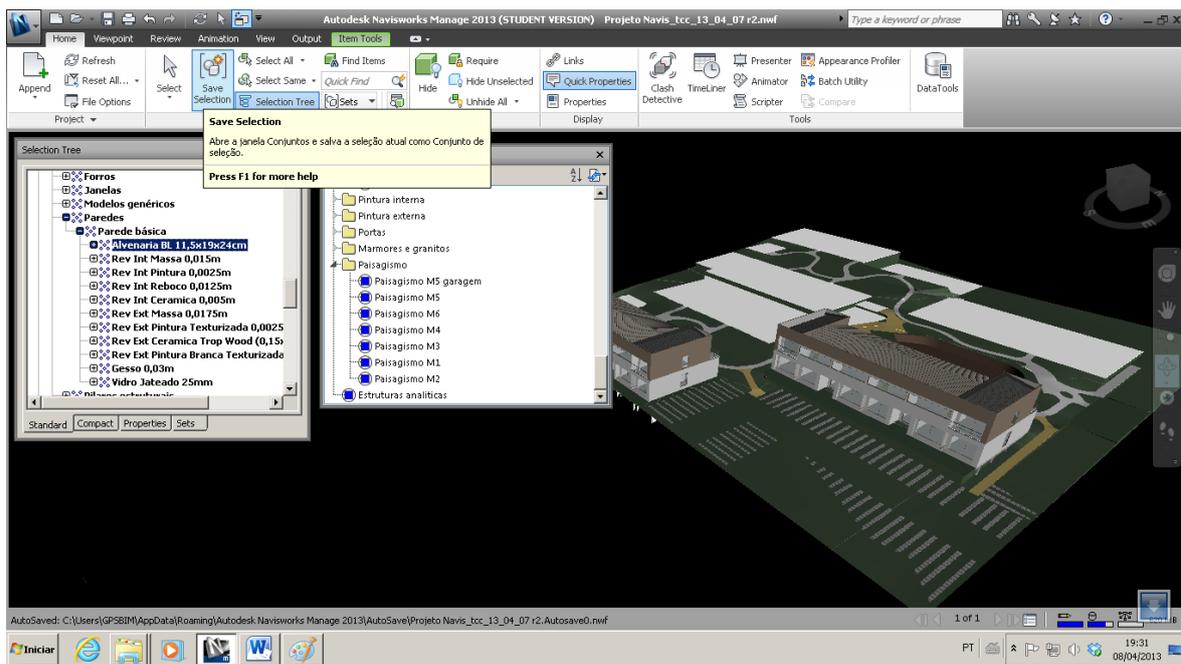


Figura 20 - Itens já selecionados em *Sets* foram escondidos para evitar que um mesmo item seja utilizado em mais de um *Set*.

Após a definição dos *Sets*, estes são organizados de acordo com a estrutura da EAP (Figuras 21 e 22).

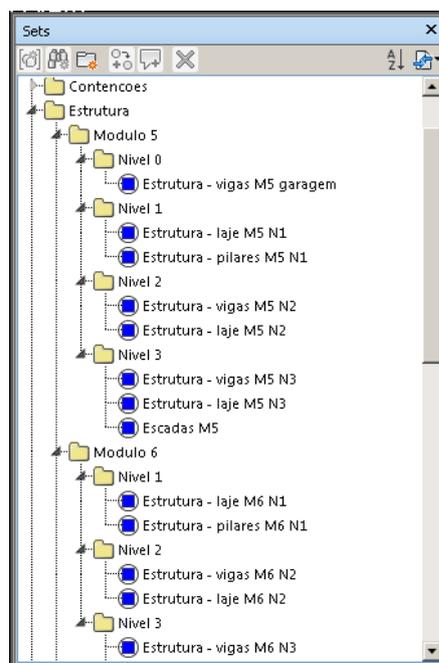


Figura 21 - EAP é desenvolvida através da organização dos *Sets* em pastas.

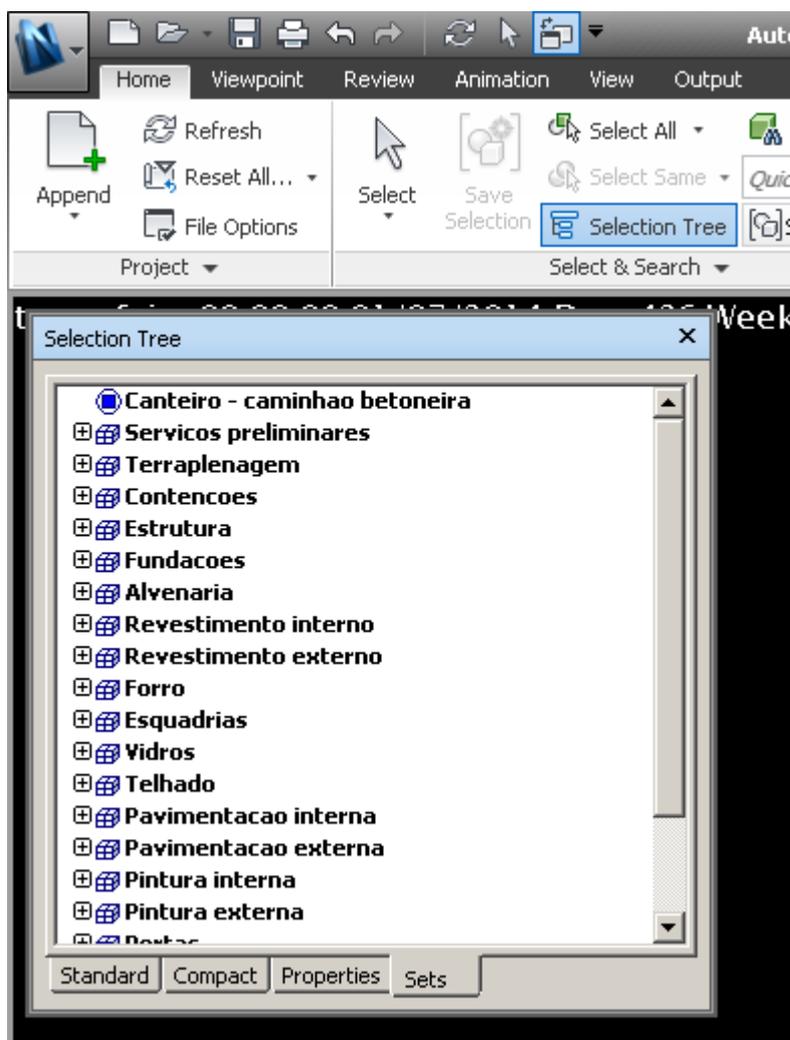


Figura 22 - Visualização dos Sets na tela Selection Tree.

Após a criação de todos os Sets e desenvolvimento da EAP, a tela do TimeLiner foi aberta para adicionar todas as atividades criadas na tela a ser exportada em formato compatível ao MSProject posteriormente. Para que as atividades criadas sejam transferidas com a mesma estrutura da EAP desenvolvida, clicamos com o botão direito do mouse na tela do TimeLiner e selecionamos *Auto-Add tasks*, depois *For Every Set*, como na figura 23 a seguir.

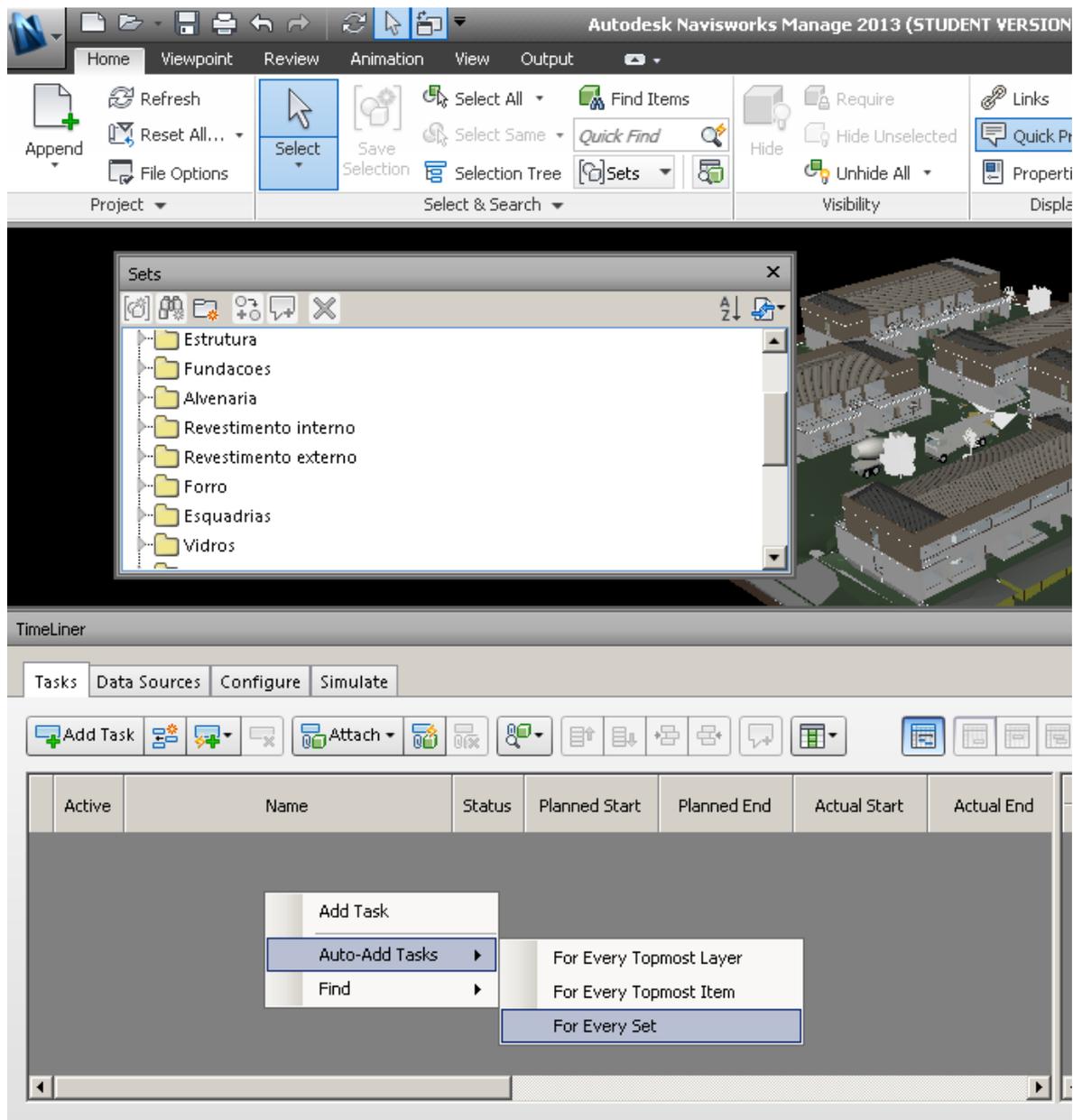


Figura 23 - Transferência da EAP para a tela do TimeLiner.

Em seguida, exportamos a EAP gerada na tela do TimeLiner como um arquivo no formato XML, compatível com o MSProject. Clicamos no botão *Export the schedule* ao lado direito da tela do TimeLiner e escolhemos a opção *Export MSProject XML*, de acordo com a figura 24.

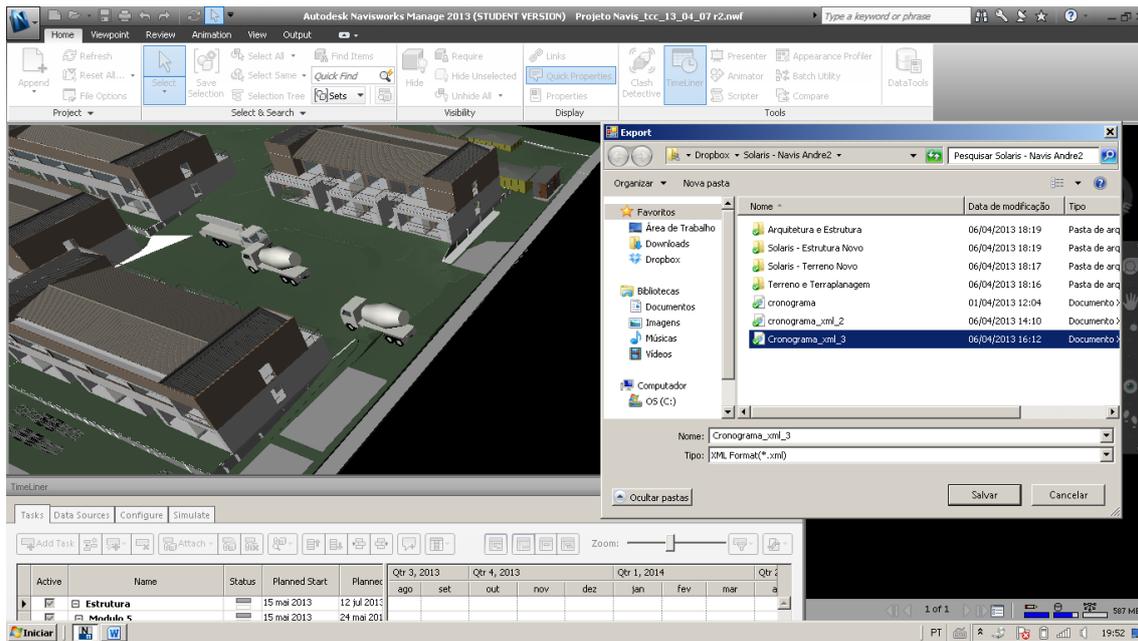


Figura 24 – Exportação da EAP no formato XML.

O arquivo gerado em XML foi aberto através do MSProject, clicando na guia Arquivo, depois abrir. Depois foi só criar um novo projeto (figuras 25 e 26).

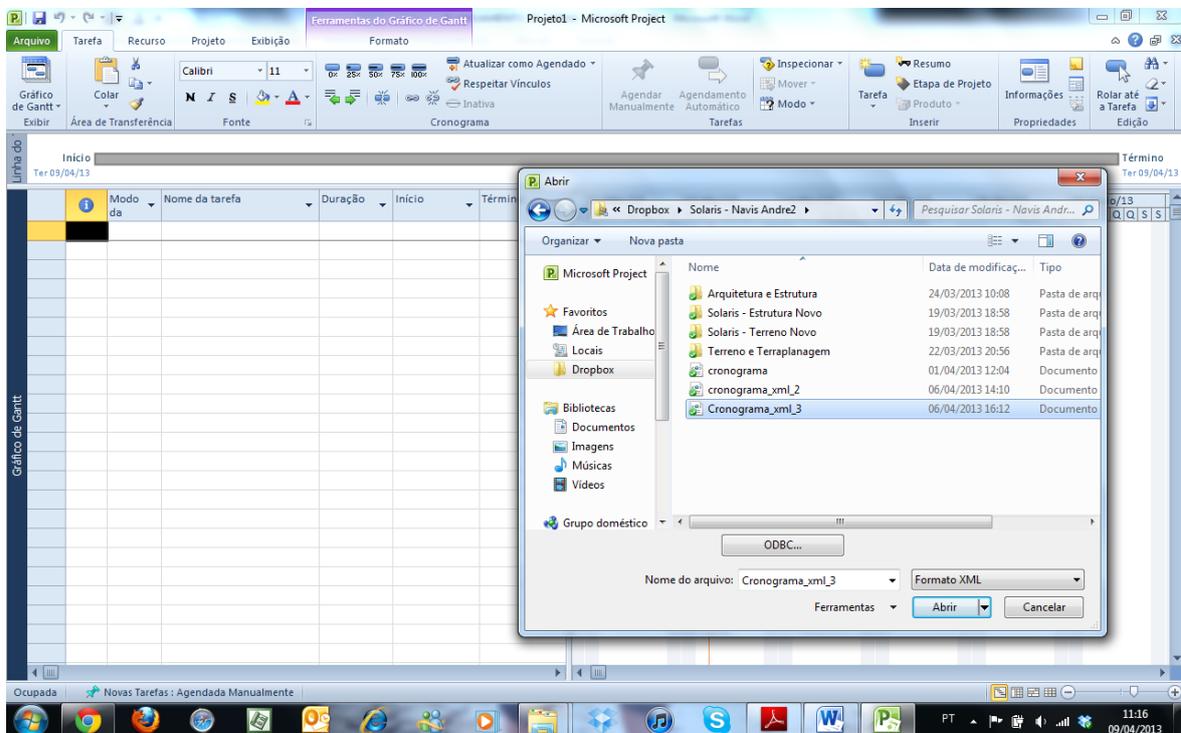


Figura 25 - Arquivo XML sendo aberto no MSProject.

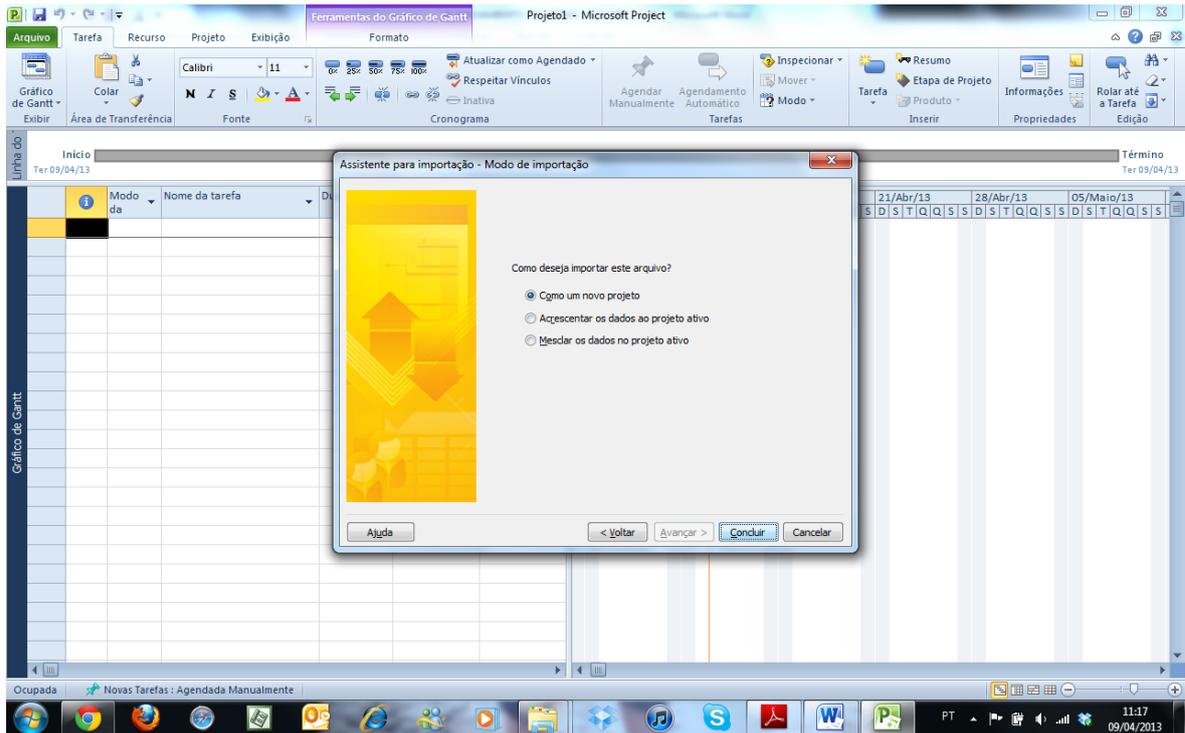


Figura 26 - Seleção da opção criar um novo projeto.

Na figura 27 a seguir é possível visualizar a EAP importada para o MSPProject com a mesma hierarquia das tarefas criada no Navisworks.

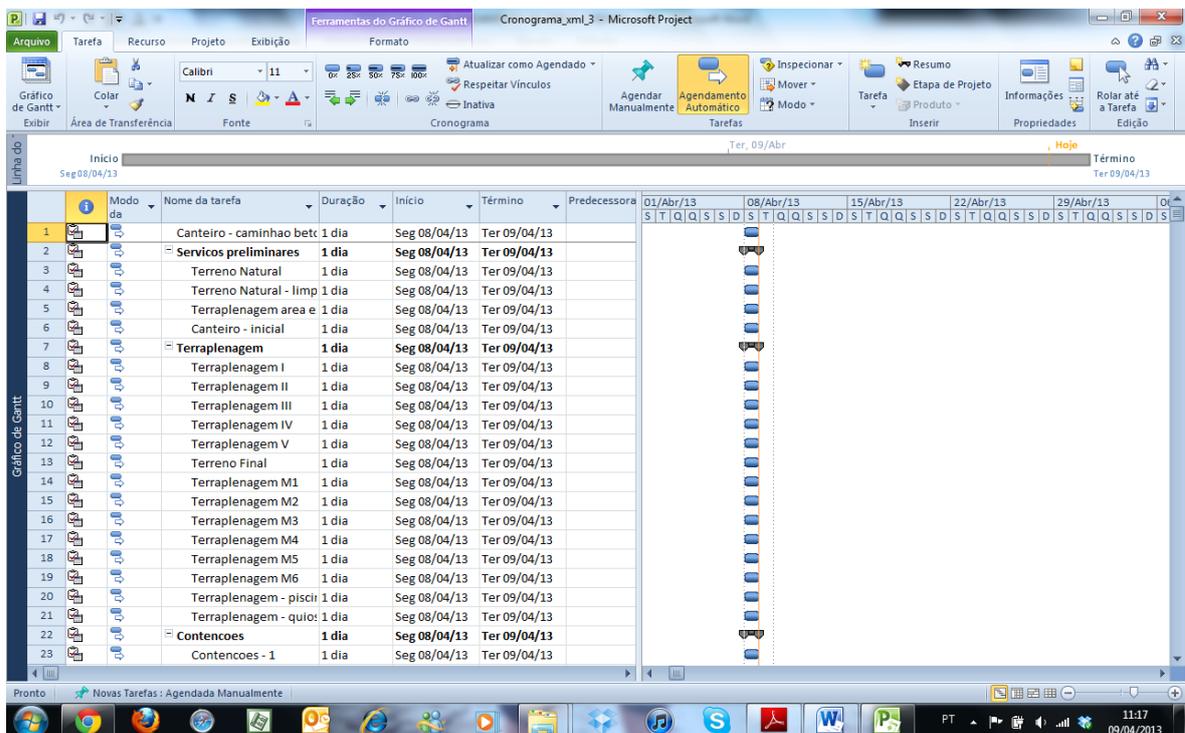


Figura 27 - Cronograma importado para o MSPProject no formato XML.

Após estes passos, a EAP foi gerada no MSProject. Em seguida foram desenvolvidos os processos de sequenciamento das atividades, estimativa de recursos da atividade, estimativa de duração das atividades e desenvolvimento do cronograma. Na figura abaixo podemos observar o cronograma desenvolvido, o gráfico de Gantt, a duração de algumas atividades e predecessoras.

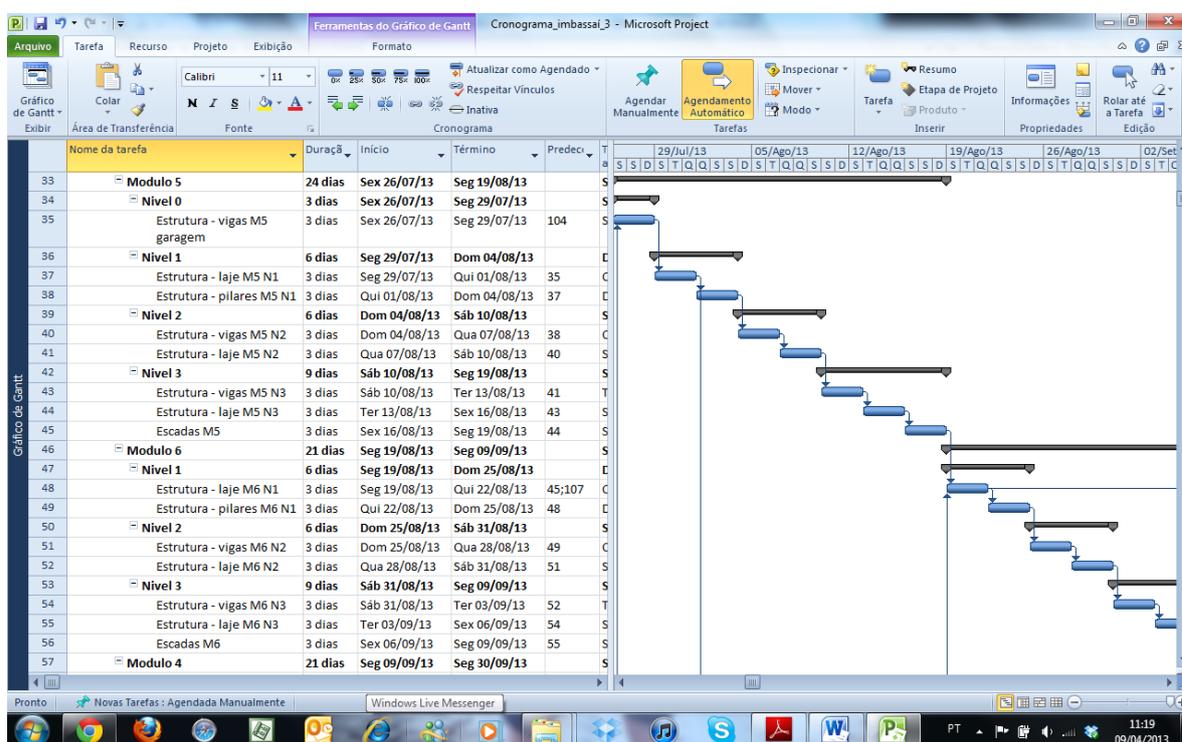


Figura 28 - Cronograma desenvolvido no MSProject

O cronograma desenvolvido no MSProject é salvo e importado para o Navisworks. Na tela do TimeLiner, na guia *Data Sources*, clicamos em *Add*, depois selecionamos na opção *Microsoft Project 2007-2010*. Em seguida, aparece a tela na figura abaixo:

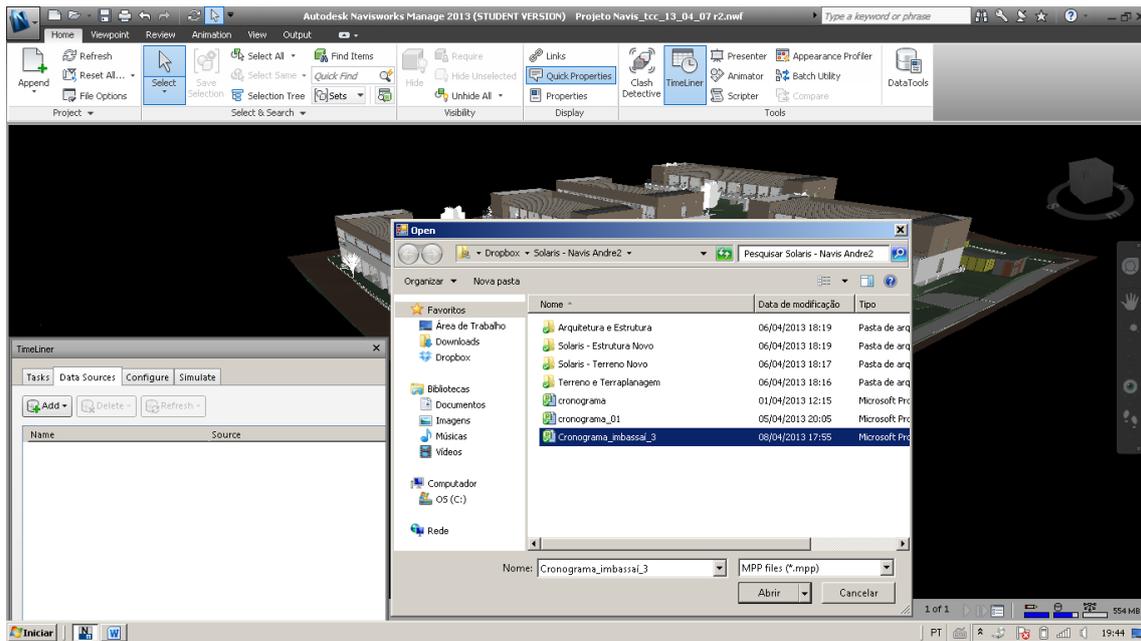


Figura 29 - Cronograma desenvolvido no MSProject é importado para o Navisworks.

Em seguida clicamos com o botão direito do mouse no arquivo importado e selecionamos *Rebuild Task Hierarchy*, para que sejam inseridas as atividades no Navisworks.

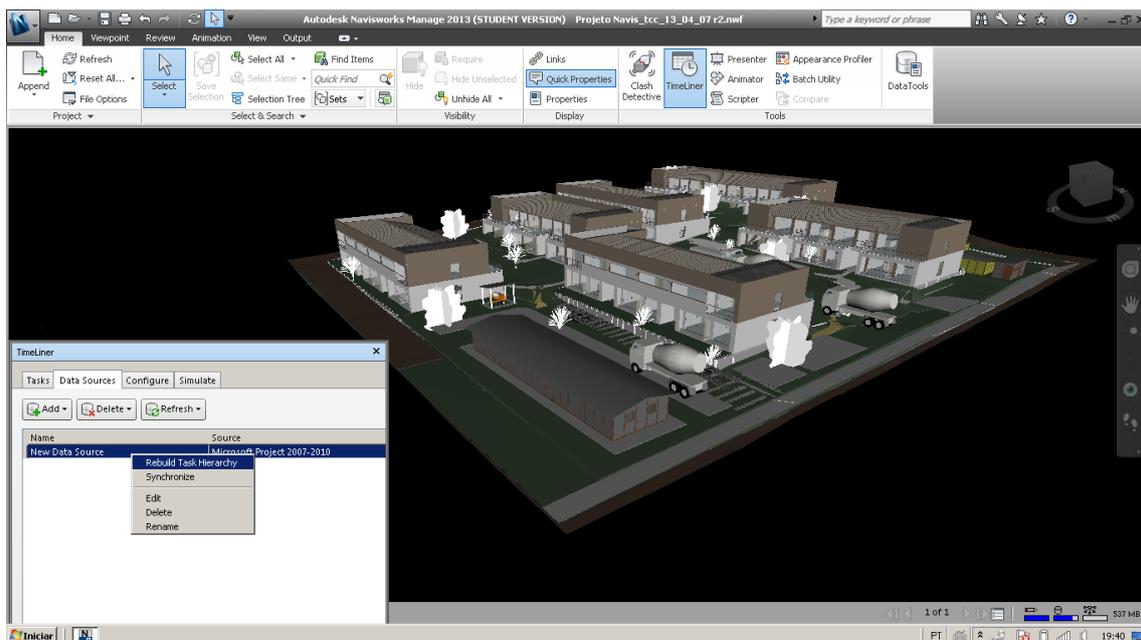


Figura 30 – Reordenação da hierarquia de atividades importadas do MSProject.

Após a importação do cronograma para o Navisworks, todas as atividades foram configuradas em *Construct*, *Demolish* ou *Temporary*, de acordo com a forma que deveriam aparecer na simulação. Dessa forma, foi possível definir as atividades de construção definitiva, como estrutura e alvenaria; atividades de demolição para aquelas que deixarão de existir e as atividades temporárias, como o canteiro de obras. Esta configuração é feita na coluna *Task Type* e pode ser observada na guia *Configure*.

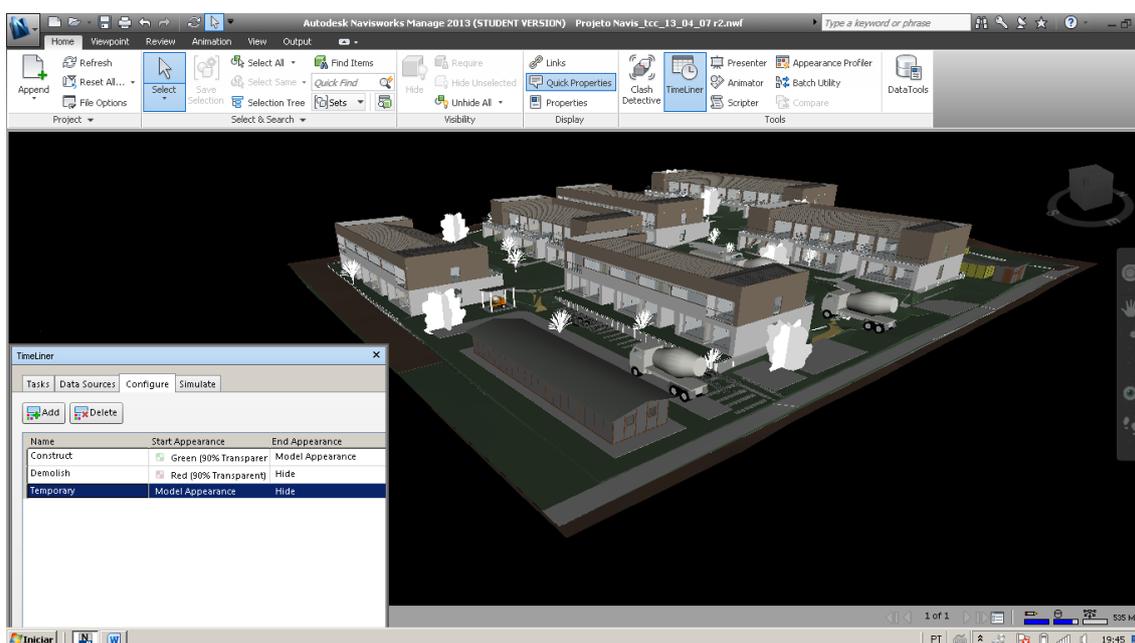


Figura 31 - Configuração das atividades ilustrada na guia Configure.

Após todo esse processo, a simulação da obra pôde ser feita. Nesta etapa foi possível obter os benefícios oferecidos pela tecnologia e o processo BIM aplicado a planejamento de obras. Visualizamos a simulação da obra sincronizada ao cronograma executivo. Assim, identificamos interferências que vão facilitar a revisão do planejamento e as informações visuais darão mais segurança às tomadas de decisões durante a execução.

A seguir temos uma sequência de imagens com a situação da obra em alguns meses através da simulação 4D.

- Data de início da obra: 01 de Maio de 2013;
- Data de término da obra: 26 de Julho de 2014.

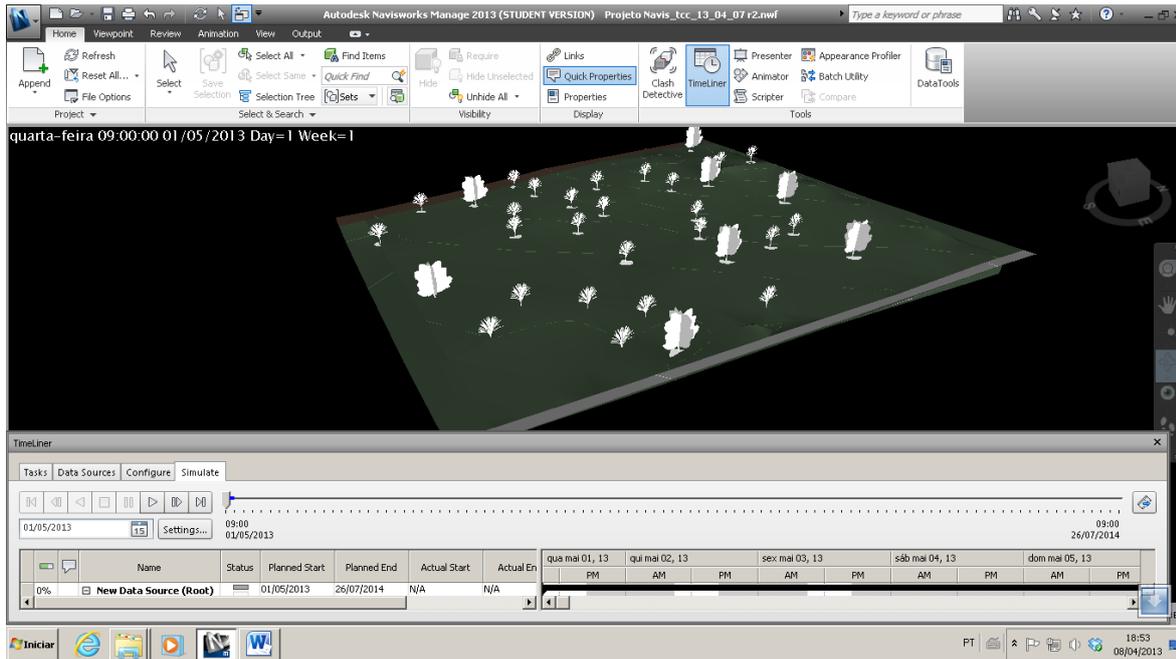


Figura 32 - Terreno natural. Data: 01/05/2013

Na figura 32, podemos observar o terreno natural, ainda com a vegetação nativa no início da obra. A seguir, na figura 33, está o terreno limpo no início da terraplenagem.

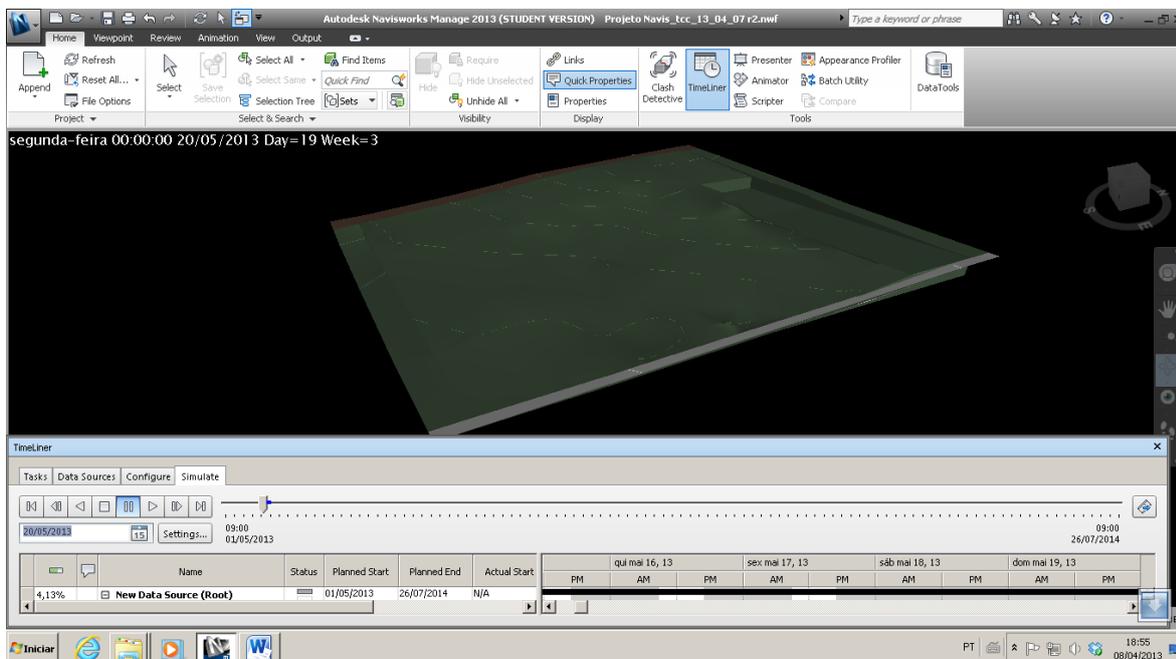


Figura 33 - Limpeza do terreno e início da terraplenagem. Data: 20/05/2013.

O canteiro da obra e o almoxarifado é instalado no mês de junho como pode-se observar na figura 34.

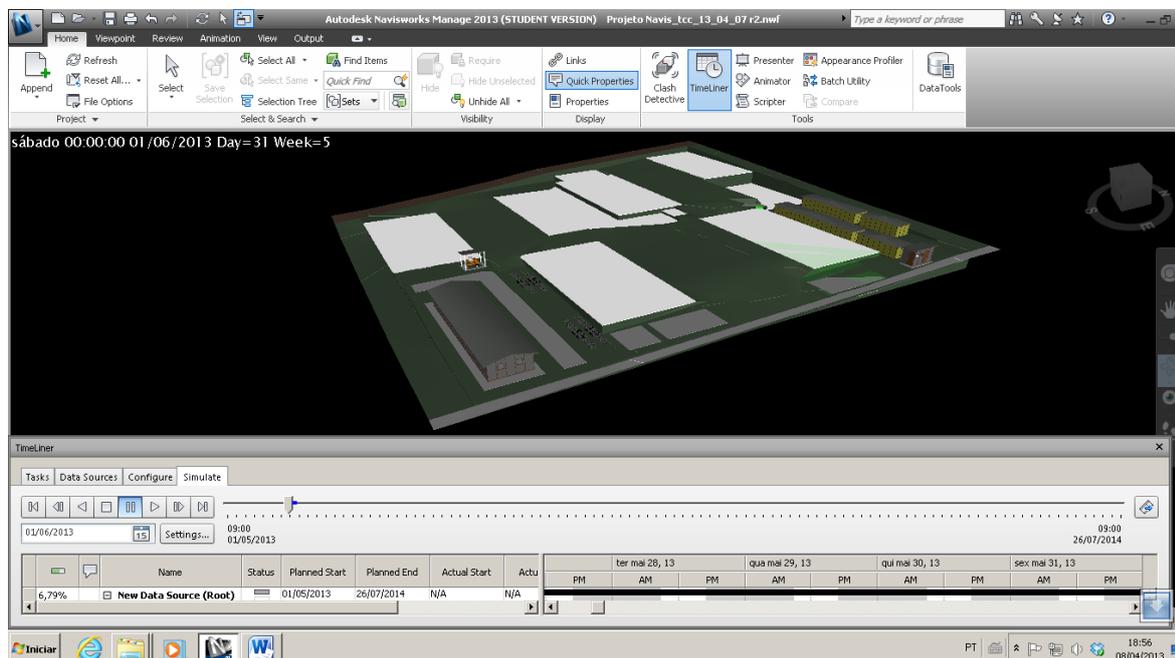


Figura 34 - Construção do canteiro de obras. Data: 01/06/2013.

Na figura 35 a seguir, já podemos observar as obras de contenções finalizadas e as estruturas em andamento.

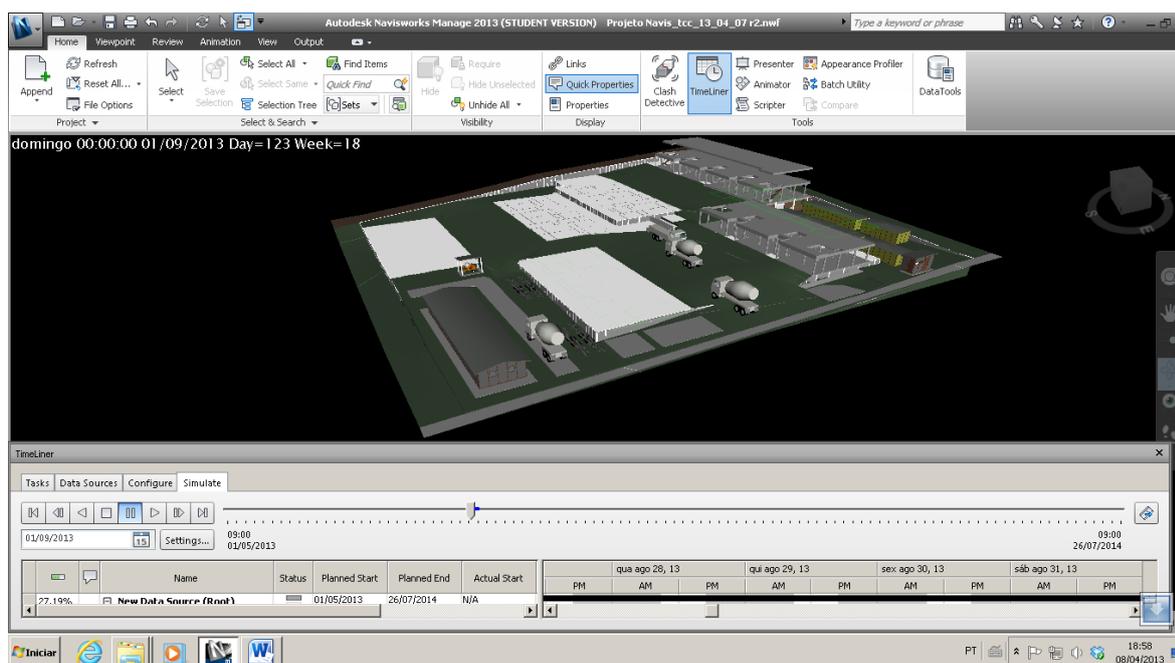


Figura 35 - Estrutura em execução no 4º mês de obra. Data: 01/09/2013.

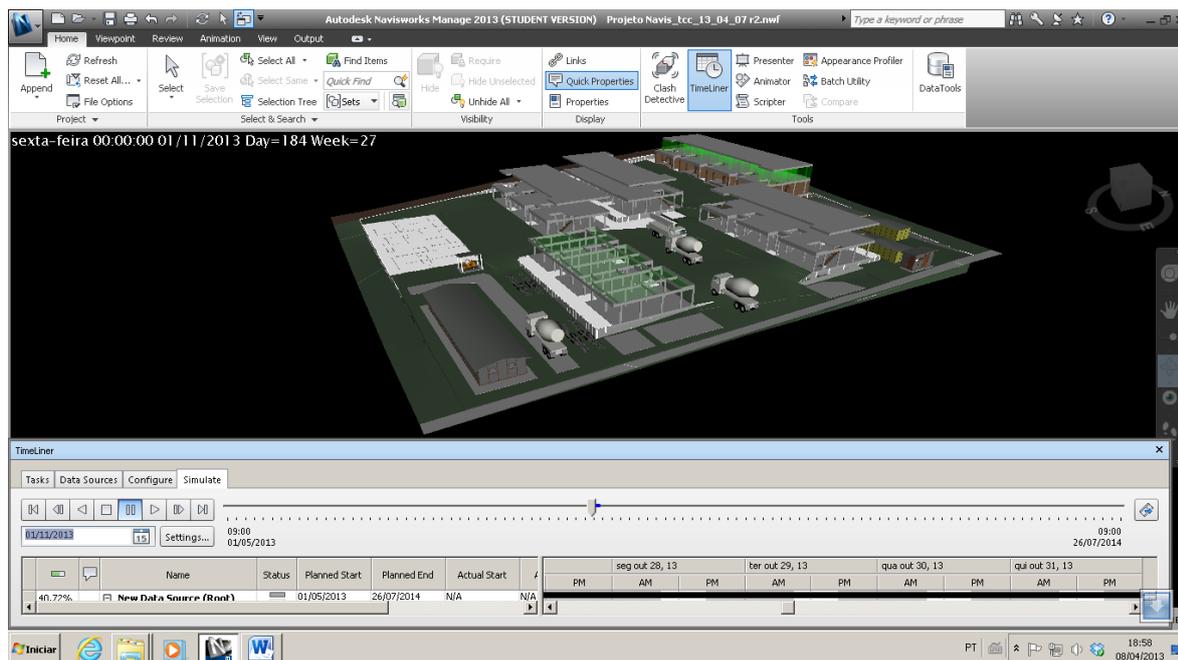


Figura 36 - Continuação da estrutura e início da alvenaria no 6º mês. Data: 01/11/2013.

Nas figuras 37 e 38, podemos observar o avanço do serviço de alvenaria entre o 6º e 8º mês de obra.

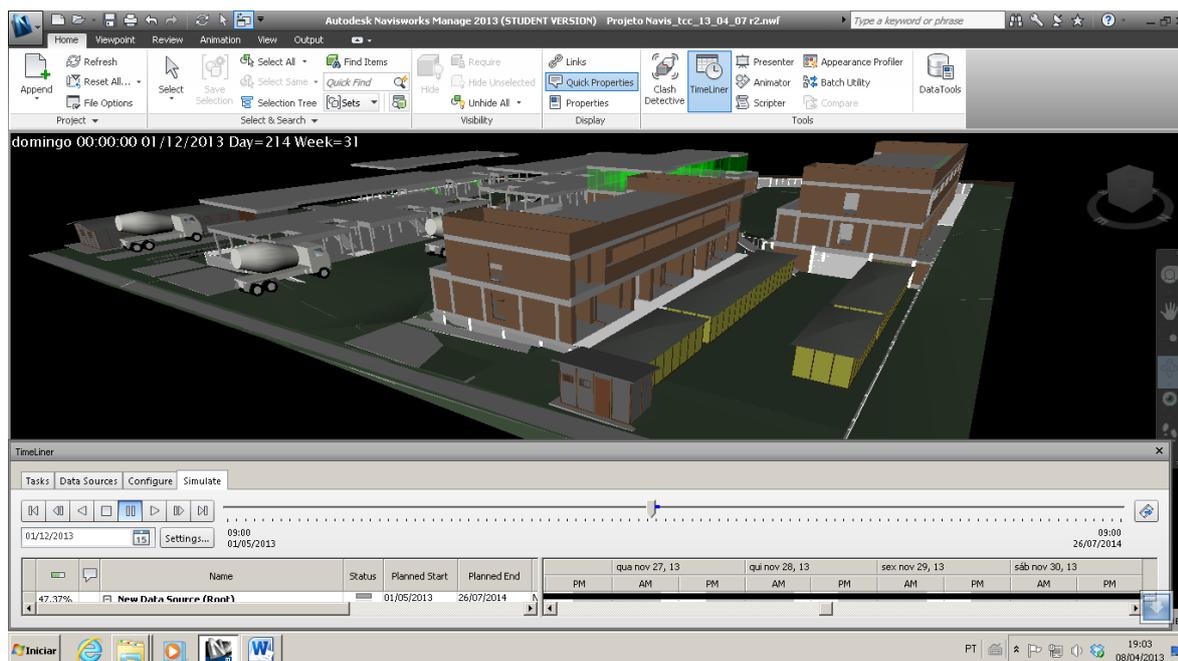


Figura 37 - Continuação da estrutura e alvenaria no 8º mês. Data: 01/12/2013.

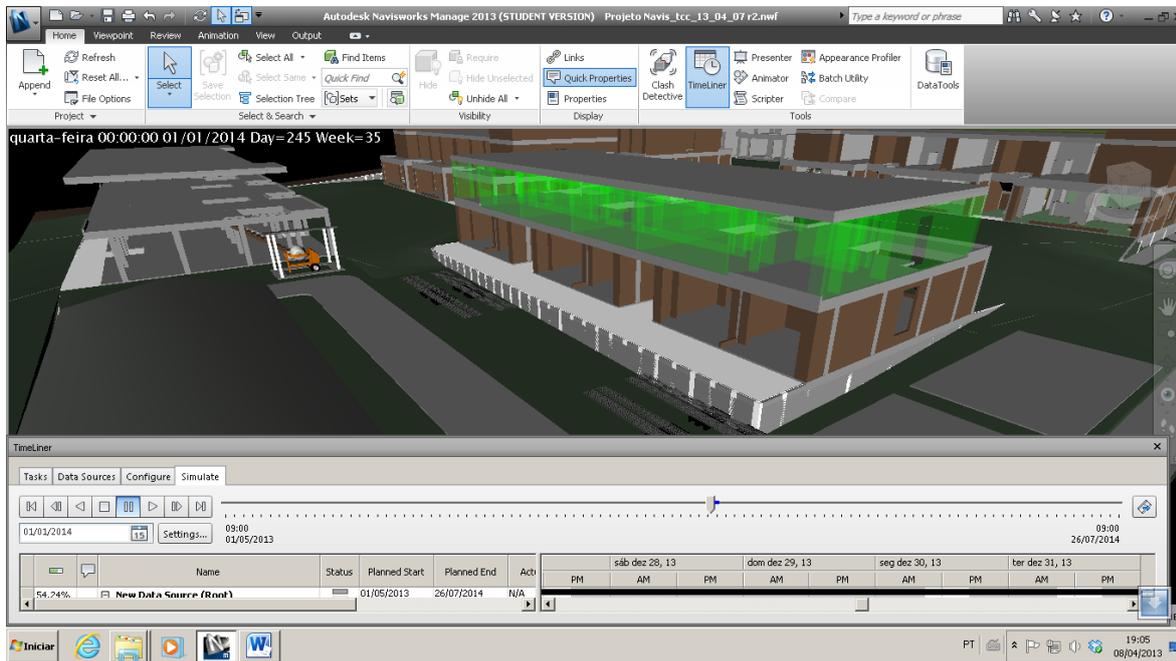


Figura 38 - Vedações do Módulo 01 nível 2 com coloração verde indicando atividade em andamento no 9º mês. Data:01/01/2014.

Acima, na figura 38, o serviço de alvenaria está com coloração verde. Este sinal indica que a atividade está em andamento.

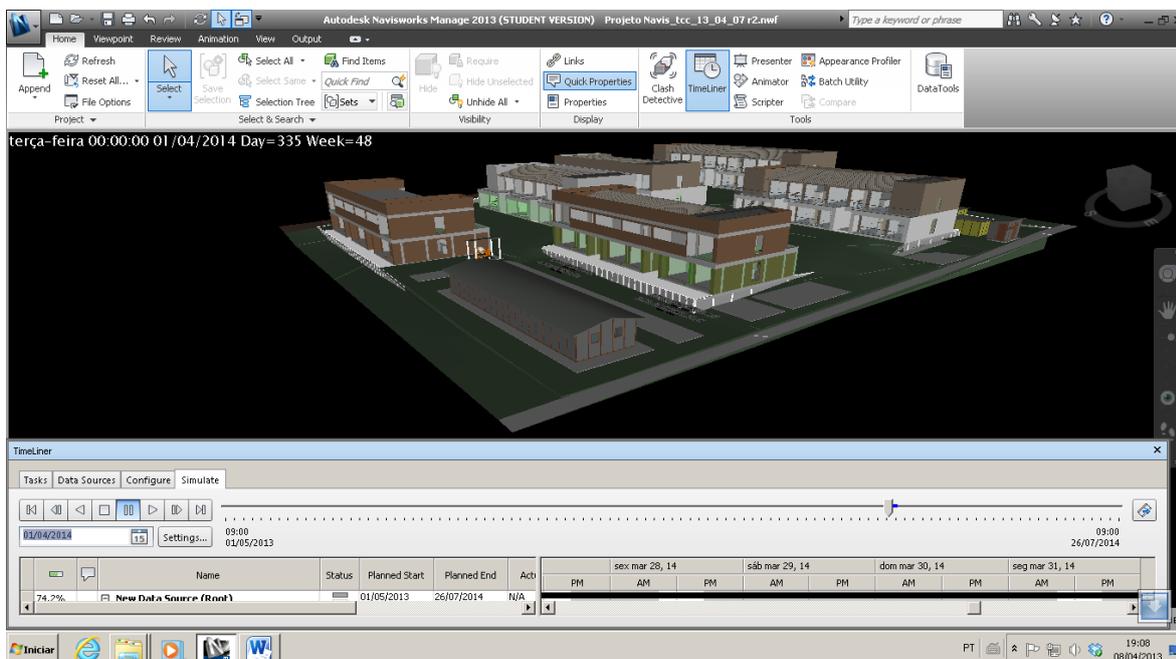


Figura 39 - Serviços de acabamento e revestimentos no 12º mês. Data: 01/04/2014.

Na figura anterior já é possível observar os serviços de acabamento da obra, como assentamentos de cerâmica e pintura. Na figura 40 abaixo, a obra já se encontra em fase de conclusão, com canteiro já retirado.

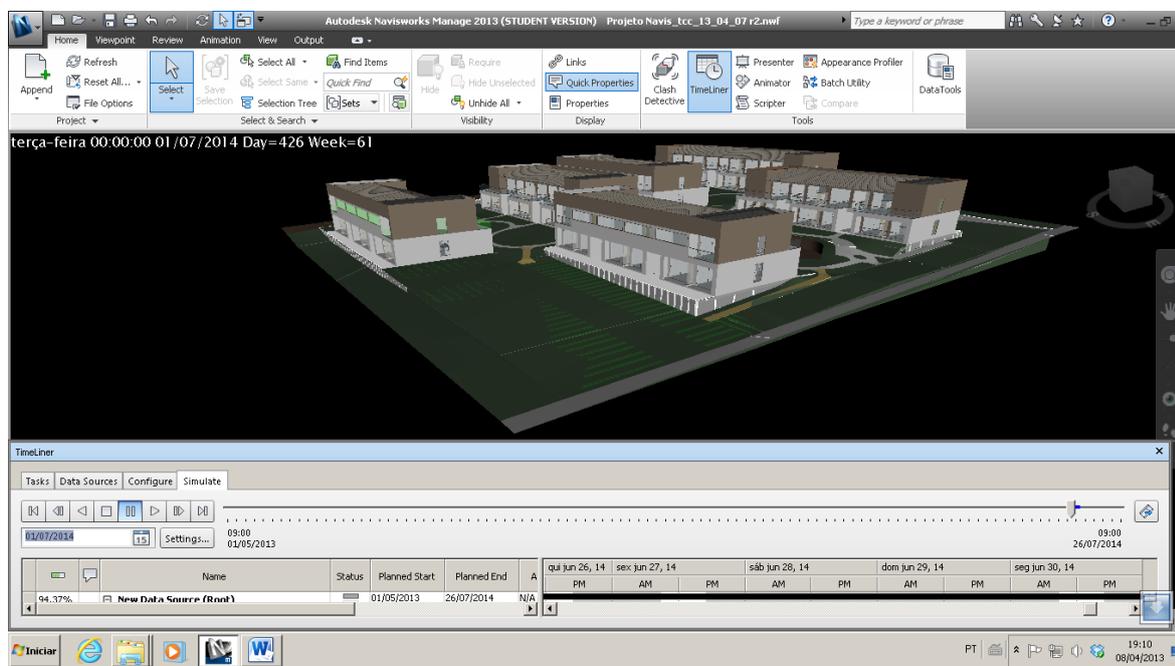


Figura 40 - Conclusão da obra no 15º mês. Data: 01/07/2014.

A seguir, na figura 41, podemos ver um dos blocos da obra concluída com todos os detalhes de acabamento.

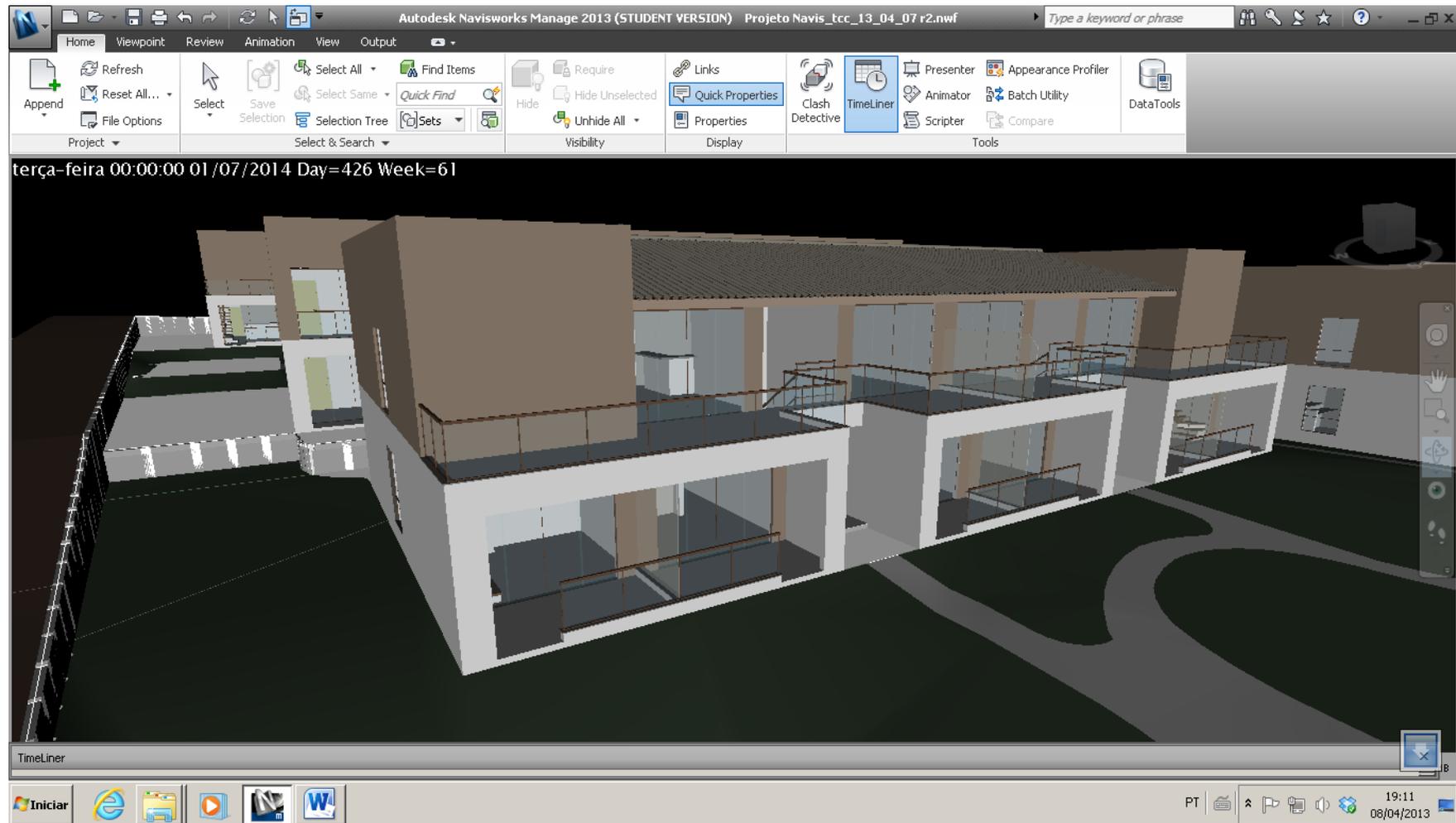


Figura 41 - Visualização do bloco com detalhes de acabamento.

No quadro 3 a seguir, estão apresentadas as principais recomendações para elaboração do planejamento com o Autodesk Navisworks Simulate 2013.

Item	Descrição
1	Ao importar grandes projetos modelados no Revit para o Navisworks, é interessante exportar os arquivos do Revit no formato NWC, pois reduz o tamanho dos arquivos. Por outro lado, será necessário exportar o arquivo novamente após qualquer alteração realizada no projeto;
2	A organização dos arquivos exportados do Revit em uma pasta é importante em função das possíveis atualizações de projeto;
3	Para a seleção dos elementos dos projetos durante a definição dos pacotes de trabalho, o botão <i>Hide</i> é um artifício que permite esconder os itens já selecionados, evitando assim sobreposição dos itens do projeto em conjuntos (<i>Sets</i>) diferentes;
4	Para a exportação da EAP desenvolvida no Navisworks, é recomendável escolher o formato de arquivo XML, pois no formato CSV a hierarquia das tarefas não é representada;
5	As datas e duração das atividades definidas com temporárias devem ser pensadas em relação as datas em que o(s) elemento(s) devem ser inseridos e retirados do projeto.

Quadro 3 - Recomendações para elaboração do planejamento com o Autodesk Navisworks Simulate 2013.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O estudo mostrou a integração de informações do planejamento da obra ao conjunto de projetos em 3D. Desta forma uma série de vantagens foi observada, como: visualização das etapas da obra a cada momento, antes de sua execução, bem como um desenvolvimento de cronograma mais assertivo e programado, o que certamente proporcionará potenciais benefícios como o controle mais rigoroso sobre prazos de obras, melhor desempenho e redução de riscos de empreendimentos.

A seguir, estão relacionados potenciais benefícios e resultados verificados no estudo de caso.

- REALIZAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA APLICAR AS FERRAMENTAS DO BIM AO PLANEJAMENTO DE OBRAS.

Foi feita uma tabela com um passo a passo mostrando o procedimento utilizado para aplicar as ferramentas do BIM ao planejamento de obras.

- VISUALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO A CADA MOMENTO ANTES DA EXECUÇÃO.

Através da simulação 4D foi possível analisar a evolução da obra em diversas etapas, o que permitiu fazer um planejamento mais eficiente e um cronograma mais assertivo.

- CONTROLE MAIS RIGOROSO SOBRE O CRONOGRAMA

Empreendimentos em BIM preveem a integração de informações de planejamento ao conjunto de projetos em 3D. Com isso, é possível, já na etapa de projeto, planejar cada etapa construtiva em um tempo específico e mais próximo do real. O resultado é um cronograma mais assertivo e programado, e um controle maior sobre os prazos da obra.

- MELHORA NO DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

Quanto mais usuários compartilham informações por meio dos modelos em BIM e maior detalhamento tem o projeto, menor o potencial de risco da obra, tanto em prazo, custo, quanto em qualidade.

- DIMINUIÇÃO DE RISCOS

Com o BIM, a equipe do projeto identifica conflitos mais cedo, a custos mais baratos e com mais cooperação dos subcontratados. As revisões do planejamento com visualização dos projetos em 3D, literalmente trazem todos os envolvidos à mesma sala, para que todos trabalhem juntos na resolução dos problemas. Esse procedimento diminui significativamente os riscos do projeto.

- AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

O BIM permite a troca de experiências, o estudo de sequências construtivas, a simulação de alternativas tecnológicas e melhoria da logística de canteiro, facilitando o desenvolvimento de soluções que otimizem a obra e, portanto, reduzam seu prazo. Para os arquitetos e projetistas, a perspectiva com a automatização de processos é de menos tempo de desenho e mais tempo de projeto.

6 CONCLUSÃO

O objetivo fundamental deste trabalho foi avaliar a aplicação de ferramentas de Modelagem da Informação da Construção para estudo do planejamento de obras. Diante desta avaliação, notou-se que a tecnologia BIM, de fato possui grandes potencialidades que propiciam um entendimento diferenciado do planejamento em desenvolvimento, principalmente em função da visualização da evolução da obra através da modelagem 4D.

Buscando atender o primeiro objetivo específico, que foi conhecer os princípios de aplicação das ferramentas de modelagem da informação da construção, foi feita uma revisão dos conceitos de BIM e os impactos positivos gerados na construção civil.

Em relação ao segundo objetivo específico que foi aplicar ferramentas de modelagem da informação da construção para estudo do planejamento de obras, podemos perceber que a nomenclatura utilizada na criação dos *Sets* deve ser a mesma utilizada no cronograma desenvolvido no MSProject, para que ocorra a sincronização perfeita entre os dois softwares. Podemos concluir que o desenvolvimento de ferramentas e softwares de modelagem da informação da construção já permitem a sua aplicação no planejamento de obras de forma eficaz, porém ainda existem problemas de compatibilidade a serem desenvolvidos e *bugs* a serem solucionados, como a utilização de acentos no Navisworks e fechamento repentino do programa.

Durante a realização do planejamento, foi possível concluir também que o grau de detalhamento e a metodologia de organização dos projetos modelados influem no processo de seleção dos elementos para criação dos *Sets* e definição dos pacotes de trabalho. Quanto maior for o nível de organização dos projetos, maiores serão as possibilidades e facilidade de distinguir e particionar as atividades que ocorrerão em momentos distintos. Além disso, o grau de detalhamento do processo de modelagem permite sua utilização para diversas outras finalidades.

Em relação ao terceiro objetivo específico que foi propor recomendações para aplicação das ferramentas de modelagem da informação da construção utilizadas para o estudo do planejamento de obras, foram identificados alguns aspectos que devem ser observados durante o processo.

A principal conclusão do trabalho foi que as ferramentas do BIM possibilitam uma visualização prévia da obra a ser executada, contribuindo assim para um planejamento mais eficiente e um maior controle da obra.

REFERÊNCIAS

AKKARI, A.; COSTA, C.; TAKATA, D.; HILTNER, J. **Linha de Balanço, uma análise comparativa MSProject x MExcel**. 20__.

AUTODESK. **Ajuda do Autodesk Navisworks Simulate 2013**. Disponível em: <<http://docs.autodesk.com/>> Acesso em: 07/04/2013.

AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação, Universidade do Minho, Portugal, 2009.

BERNARDES, M. M. S. **Metodologia de planejamento de curto prazo para construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17, INTERNATIONAL CONGRESS OF INDUSTRIAL ENGINEERING, 3, 1997, Gramado. Anais...Porto Alegre: UFRGS: PPGE, 1997. (1 CD).

BIOTTO, C.; FORMOSO, C.; ISATTO, E. **O USO DA MODELAGEM BIM 4D NO PROJETO E GESTÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM EMPREENDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO**. ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juíz de Fora, 2012.

CAMPOS, C. Blog, 2010. Disponível em <http://claudiacamposlima.wordpress.com/>. Acesso em: 25/03/2013.

COELHO, S.S.; NOVAES, C.C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: VIII Workshop Brasileiro de Gestão de Projetos na Construção de Edifícios, São Paulo, USP, 2008.

COTTS, D., ROPER, K., PAYANT, R. 2010. “BIM project execution planning guide”, Pennsylvania State University. “The Facility Management Handbook,” Third Edition. American Management Association Department of Veterans Affairs, 2010.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2ª ed. Hoboken: Wiley, 2011.

FERREIRA, Emerson de Andrade Marques; **Metodologia para Elaboração do Projeto do Canteiro de Obras de Edifícios**. - 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia de Construção Civil, PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FLORIO, W. **Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura**. In: **III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 3, 2007, Porto Alegre. Integração em Sistemas de Arquitetura, Engenharia e Construção, 2007.

FORMOSO, C. **Termo de Referência para Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FORMOSO, C. **Planejamento e Controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre, NORIE, UFRGS, 2001.

GOES, R. H.; SANTOS, E. T. **Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD 2D**. In: TIC 2011: 5º Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação da Construção Civil. Salvador, 2011.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations**. Mac Graw Hill, 2008.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1º ed. São Paulo. PINI, 2010.

MCKINNEY, K. J. et al. **Interactive 4D-CAD**. Stanford University, California, EUA, 2000.

NBIMS. **National Building Information Modeling Standard**, Version 1, 2007.

PMBOK (Project Management Body of Knowledge). **Um Guia de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**, Project Management Institute, Inc. 3ª ed 2004.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO. **BIM – O QUE VOCÊ GANHA COM ISSO**. McGraw-Hill Construction. PINI, 2011 Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/> Acesso em: 08/04/2013

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos** Recomendações Técnicas HABITARE, v. 3- ANTAC, 2006.

SILVEIRA S. J. **Programa para interoperabilidade entre Softwares de Planejamento e Editoração Gráfica para o desenvolvimento do Planejamento 4D**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

VARGAS, C. L. S. **Desenvolvimento de Modelos Físicos com Simuladores para Aplicação de Produtividade, Perdas, Programação e Controle de Obras de Construção Civil**. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 1998. Disponível em: www.eps.ufsc.br/disserta98/vargas/. Acesso em: 09/04/2013.

APÊNDICE

Estrutura Analítica do Projeto (EAP):

EDT	Nome da tarefa
0	Cronograma_imbassai_3
1	Solaris Imbassai
1	Canteiro - caminhao betoneira
2	Servicos preliminares
2.1	Terreno Natural
2.2	Terreno Natural - limpeza do terreno
2.3	Terraplenagem area externa
2.4	Canteiro - inicial
3	Terraplenagem
3.1	Terraplenagem I
3.2	Terraplenagem II
3.3	Terraplenagem III
3.4	Terraplenagem IV
3.5	Terraplenagem V
3.6	Terreno Final
3.7	Terraplenagem M1
3.8	Terraplenagem M2
3.9	Terraplenagem M3
3.10	Terraplenagem M4
3.11	Terraplenagem M5
3.12	Terraplenagem M6
3.13	Terraplenagem - piscina
3.14	Terraplenagem - quiosques
4	Contencoes
4.1	Contencoes - 1
4.2	Contencoes - 2
4.3	Contencoes - 3
4.4	Contencoes - 4
4.5	Contencoes - 5
4.6	Contencoes - 6
4.7	Contencoes - 7
4.8	Contencoes - 8
5	Estrutura
5.1	Modulo 5
5.1.1	Nivel 0
5.1.1.1	Estrutura - vigas M5 garagem
5.1.2	Nivel 1
5.1.2.1	Estrutura - laje M5 N1
5.1.2.2	Estrutura - pilares M5 N1
5.1.3	Nivel 2

5.1.3.1	Estrutura - vigas M5 N2
5.1.3.2	Estrutura - laje M5 N2
5.1.4	Nivel 3
5.1.4.1	Estrutura - vigas M5 N3
5.1.4.2	Estrutura - laje M5 N3
5.1.4.3	Escadas M5
5.2	Modulo 6
5.2.1	Nivel 1
5.2.1.1	Estrutura - laje M6 N1
5.2.1.2	Estrutura - pilares M6 N1
5.2.2	Nivel 2
5.2.2.1	Estrutura - vigas M6 N2
5.2.2.2	Estrutura - laje M6 N2
5.2.3	Nivel 3
5.2.3.1	Estrutura - vigas M6 N3
5.2.3.2	Estrutura - laje M6 N3
5.2.3.3	Escadas M6
5.3	Modulo 4
5.3.1	Nivel 1
5.3.1.1	Estrutura - laje M4 N1
5.3.1.2	Estrutura - pilares M4 N1
5.3.2	Nivel 2
5.3.2.1	Estrutura - vigas M4 N2
5.3.2.2	Estrutura - laje M4 N2
5.3.3	Nivel 3
5.3.3.1	Estrutura - vigas M4 N3
5.3.3.2	Estrutura - laje M4 N3
5.3.3.3	Escadas M4
5.4	Modulo 3
5.4.1	Nivel 1
5.4.1.1	Estrutura - laje M3 N1
5.4.1.2	Estrutura - pilares M3 N1
5.4.2	Nivel 2
5.4.2.1	Estrutura - vigas M3 N2
5.4.2.2	Estrutura - laje M3 N2
5.4.3	Nivel 3
5.4.3.1	Estrutura - vigas M3 N3
5.4.3.2	Estrutura - laje M3 N3
5.4.3.3	Escadas M3
5.5	Modulo 1
5.5.1	Nivel 1
5.5.1.1	Estrutura - laje M1 N1
5.5.1.2	Estrutura - pilares M1 N1
5.5.2	Nivel 2
5.5.2.1	Estruturas - vigas M1 N2

5.5.2.2	Estrutura - laje M1 N2
5.5.3	Nivel 3
5.5.3.1	Estrutura - vigas M1 N3
5.5.3.2	Estrutura - laje M1 N3
5.5.3.3	Escadas M1
5.6	Modulo 2
5.6.1	Nivel 1
5.6.1.1	Estrutura - laje M2 N1
5.6.1.2	Estrutura - pilares M2 N1
5.6.2	Nivel 2
5.6.2.1	Estrutura - laje M2 N2
5.6.2.2	Estrutura - vigas M2 N2
5.6.3	Nivel 3
5.6.3.1	Estrutura - vigas M2 N3
5.6.3.2	Estrutura - laje M2 N3
5.6.3.3	Escadas M2 N1
6	Fundacoes
6.1	Modulo 5
6.1.1	Fundacoes - estacas M5
6.1.2	Fundacoes - vigas baldrames M5
6.2	Modulo 6
6.2.1	Fundacoes - estacas M6
6.2.2	Fundacoes - vigas baldrames M6
6.3	Modulo 4
6.3.1	Fundacoes - estacas M4
6.3.2	Fundacoes - vigas baldrames M4
6.4	Modulo 3
6.4.1	Fundacoes - estacas M3
6.4.2	Fundacoes - vigas baldrames M3
6.5	Modulo 1
6.5.1	Fundacoes - estacas M1
6.5.2	Fundacoes - vigas baldrames M1
6.6	Modulo 2
6.6.1	Fundacoes - estacas M2
6.6.2	Fundacoes - vigas baldrames M2
7	Alvenaria
7.1	Modulo 5
7.1.1	Alvenaria M5 garagem
7.1.2	Alvenaria M5 N1
7.1.3	Alvenaria M5 N2
7.1.4	Alvenaria platibanda M5
7.2	Modulo 6
7.2.1	Alvenaria M6 N1
7.2.2	Alvenaria M6 N2
7.2.3	Alvenaria platibanda M6

7.3	Modulo 4
7.3.1	Alvenaria M4 N1
7.3.2	Alvenaria M4 N2
7.3.3	Alvenaria platibanda M4
7.4	Modulo 3
7.4.1	Alvenaria M3 N1
7.4.2	Alvenaria M3 N2
7.4.3	Alvenaria platibanda M3
7.5	Modulo 1
7.5.1	Alvenaria M1 N1
7.5.2	Alvenaria M1 N2
7.5.3	Alvenaria platibanda M1
7.6	Modulo 2
7.6.1	Alvenaria M2 N1
7.6.2	Alvenaria M2 N2
7.6.3	Alvenaria platibanda M2
8	Revestimento interno
8.1	Assentamento ceramica
8.1.1	Modulo 5
8.1.1.1	Revestimento interno - ceramica M5 N1
8.1.1.2	Revestimento interno - ceramica M5 N2
8.1.2	Modulo 6
8.1.2.1	Revestimento interno - ceramica M6 N1
8.1.2.2	Revestimento interno - ceramica M6 N2
8.1.3	Modulo 4
8.1.3.1	Revestimento interno - ceramica M4 N1
8.1.3.2	Revestimento interno - ceramica M4 N2
8.1.4	Modulo 3
8.1.4.1	Revestimento interno - ceramica M3 N1
8.1.4.2	Revestimento interno - ceramica M3 N2
8.1.5	Modulo 1
8.1.5.1	Revestimento interno - ceramica M1 N2
8.1.5.2	Revestimento interno - Ceramica M1 N1
8.1.6	Modulo 2
8.1.6.1	Revestimento interno - ceramica M2 N1
8.1.6.2	Revestimento interno - ceramica M2 N2
8.2	Massa unica
8.2.1	Modulo 5
8.2.1.1	Revestimento interno - massa unica M5 N1
8.2.1.2	Revestimento interno - massa unica M5 N2
8.2.1.3	Revestimento interno - massa unica M5 garagem
8.2.2	Modulo 6
8.2.2.1	Revestimento interno - massa unica M6 N1
8.2.2.2	Revestimento interno - massa unica M6 N2
8.2.3	Modulo 4

8.2.3.1	Revestimento interno - massa unica M4 N1
8.2.3.2	Revestimento interno - massa unica M4 N2
8.2.4	Modulo 3
8.2.4.1	Revestimento interno - massa unica M3 N1
8.2.4.2	Revestimento interno - massa unica M3 N2
8.2.5	Modulo 1
8.2.5.1	Revestimento interno - massa unica M1 N2
8.2.5.2	Revestimento interno - Massa unica M1 N1
8.2.6	Modulo 2
8.2.6.1	Revestimento interno - massa unica M2 N1
8.2.6.2	Revestimento interno - massa unica M2 N2
9	Revestimento externo
9.1	Assentamento ceramica
9.1.1	Modulo 5
9.1.1.1	Revestimento externo - ceramica M5 N1
9.1.1.2	Revestimento externo - ceramica M5 N2
9.1.1.3	Revestimento externo - ceramica M5 N3
9.1.2	Modulo 6
9.1.2.1	Revestimento externo - ceramica M6 N1
9.1.2.2	Revestimento externo - ceramica M6 N2
9.1.2.3	Revestimento externo - ceramica M6 N3
9.1.3	Modulo 4
9.1.3.1	Revestimento externo - ceramica M4 N1
9.1.3.2	Revestimento externo - ceramica M4 N2
9.1.3.3	Revestimento externo - ceramica M4 N3
9.1.4	Modulo 3
9.1.4.1	Revestimento externo - ceramica M3 N1
9.1.4.2	Revestimento externo - ceramica M3 N2
9.1.4.3	Revestimento externo - ceramica M3 N3
9.1.5	Modulo 1
9.1.5.1	Revestimento externo - ceramica M1 N1
9.1.5.2	Revestimento externo - ceramica M1 N2
9.1.5.3	Revestimento externo - ceramica M1 N3
9.1.6	Modulo 2
9.1.6.1	Revestimento externo - ceramica M2 N1
9.1.6.2	Revestimento externo - ceramica M2 N2
9.1.6.3	Revestimento externo - ceramica M2 N3
9.2	Massa unica
9.2.1	Modulo 5
9.2.1.1	Revestimento externo - massa unica M5 N1
9.2.1.2	Revestimento externo - massa unica M5 N2
9.2.1.3	Revestimento externo - massa unica M5 N3
9.2.2	Modulo 6
9.2.2.1	Revestimento externo - massa unica M6 N1
9.2.2.2	Revestimento externo - massa unica M6 N2

9.2.2.3	Revestimento externo - massa unica M6 N3
9.2.3	Modulo 4
9.2.3.1	Revestimento externo - massa unica M4 N1
9.2.3.2	Revestimento externo - massa unica M4 N2
9.2.3.3	Revestimento externo - massa unica M4 N3
9.2.4	Modulo 3
9.2.4.1	Revestimento externo - massa unica M3 N1
9.2.4.2	Revestimento externo - massa unica M3 N2
9.2.4.3	Revestimento externo - massa unica M3 N3
9.2.5	Modulo 1
9.2.5.1	Revestimento externo - massa unica M1 N1
9.2.5.2	Revestimento externo - massa unica M1 N2
9.2.5.3	Revestimento externo - massa unica M1 N3
9.2.6	Nivel 2
9.2.6.1	Revestimento externo - massa unica M2 N1
9.2.6.2	Revestimento externo - massa unica M2 N2
9.2.6.3	Revestimento externo - massa unica M2 N3
10	Forro
10.1	Modulo 5
10.1.1	Forros M5 N1
10.1.2	Forros M5 N2
10.2	Modulo 6
10.2.1	Forros M6 N1
10.2.2	Forros M6 N2
10.3	Modulo 4
10.3.1	Forros M4 N1
10.3.2	Forros M4 N2
10.4	Modulo 3
10.4.1	Forros M3 N1
10.4.2	Forros M3 N2
10.5	Modulo 1
10.5.1	Forros M1 N1
10.5.2	Forros M1 N2
10.6	Modulo 2
10.6.1	Forros M2 N1
10.6.2	Forros M2 N2
11	Esquadrias
11.1	Modulo 5
11.1.1	Esquadrias M5 N1
11.1.2	Esquadrias M5 N2
11.2	Modulo 6
11.2.1	Esquadrias M6 N1
11.2.2	Esquadrias M6 N2
11.3	Modulo 4
11.3.1	Esquadrias M4 N1

11.3.2	Esquadrias M4 N2
11.4	Modulo 3
11.4.1	Esquadrias M3 N1
11.4.2	Esquadrias M3 N2
11.5	Modulo 1
11.5.1	Esquadrias M1 N1
11.5.2	Esquadrias M1 N2
11.6	Modulo 2
11.6.1	Esquadrias M2 N1
11.6.2	Esquadrias M2 N2
12	Vidros
12.1	Vidros M5
12.2	Vidros M6
12.3	Vidros M4
12.4	Vidros M3
12.5	Vidros M1
12.6	Vidros M2
13	Telhado
13.1	Modulo 5
13.1.1	Telhado - calha M5
13.1.2	Telhado - madeiramento M5
13.1.3	Telhado - telha ceramica M5
13.1.4	Telhado - telha fibrocimento M5
13.1.5	Telhado - rufos e complementos M5
13.2	Modulo 6
13.2.1	Telhado - calha M6
13.2.2	Telhado - madeiramento M6
13.2.3	Telhado - telha ceramica M6
13.2.4	Telhado - telha fibrocimento M6
13.2.5	Telhado - rufos e complementos M6
13.3	Modulo 4
13.3.1	Telhado - calha M4
13.3.2	Telhado - madeiramento M4
13.3.3	Telhado - telha ceramica M4
13.3.4	Telhado - telha fibrocimento M4
13.3.5	Telhado - rufos e complementos M4
13.4	Modulo 3
13.4.1	Telhado - calha M3
13.4.2	Telhado - madeiramento M3
13.4.3	Telhado - telha ceramica M3
13.4.4	Telhado - telha fibrocimento M3
13.4.5	Telhado - rufos e complementos M3
13.5	Modulo 1
13.5.1	Telhado - calha M1
13.5.2	Telhado - madeiramento M1

13.5.3	Telhado - telha caramica M1
13.5.4	Telhado - telha fibrocimento M1
13.5.5	Telhado - rufos e complementos M1
13.6	Modulo 2
13.6.1	Telhado - calha M2
13.6.2	Telhado - madeiramento M2
13.6.3	Telhado - telha ceramica M2
13.6.4	Telhado - telha fibrocimento M2
13.6.5	Telhado - rufos e complementos M2
14	Pavimentacao interna
14.1	Contrapiso
14.1.1	Modulo 5
14.1.1.1	Contrapiso M5 N1
14.1.1.2	Contrapiso M5 N2
14.1.2	Modulo 6
14.1.2.1	Contrapiso M6 N1
14.1.2.2	Contrapiso M6 N2
14.1.3	Modulo 4
14.1.3.1	Contrapiso M4 N1
14.1.3.2	Contrapiso M4 N2
14.1.4	Modulo 3
14.1.4.1	Contrapiso M3 N1
14.1.4.2	Contrapiso M3 N2
14.1.5	Modulo 1
14.1.5.1	Contrapiso M1 N1
14.1.5.2	Contrapiso M1 N2
14.1.6	Modulo 2
14.1.6.1	Contrapiso M2 N1
14.1.6.2	Contrapiso M2 N2
14.2	Assentamento piso
14.2.1	Modulo 5
14.2.1.1	Assentamento piso M5 garagem
14.2.1.2	Assentamento piso M5 N1
14.2.1.3	Assentamento piso M5 N2
14.2.2	Modulo 6
14.2.2.1	Assentamento piso M6 N1
14.2.2.2	Assentamento piso M6 N2
14.2.3	Modulo 4
14.2.3.1	Assentamento piso M4 N1
14.2.3.2	Assentamento piso M4 N2
14.2.4	Modulo 3
14.2.4.1	Assentamento piso M3 N1
14.2.4.2	Assentamento piso M3 N2
14.2.5	Modulo 1
14.2.5.1	Assentamento piso M1 N2

14.2.5.2	Assentamento piso M1 N1
14.2.6	Modulo 2
14.2.6.1	Assentamento piso M2 N1
14.2.6.2	Assentamento piso M2 N2
15	Pavimentacao externa
15.1	Pavimentacao - area externa - estacionamento
15.2	Pavimentacao - area externa - circulacao
15.3	Pavimentacao - quiosques
16	Pintura interna
16.1	Modulo 5
16.1.1	Pintura interna M5 garagem
16.1.2	Pintura interna M5 N1
16.1.3	Pintura interna M5 N2
16.2	Modulo 6
16.2.1	Pintura interna M6 N1
16.2.2	Pintura interna M6 N2
16.3	Modulo 4
16.3.1	Pintura interna M4 N1
16.3.2	Pintura interna M4 N2
16.4	Modulo 3
16.4.1	Pintura interna M3 N1
16.4.2	Pintura interna M3 N2
16.5	Modulo 1
16.5.1	Pintura interna M1 N1
16.5.2	Pintura interna M1 N2
16.6	Modulo 2
16.6.1	Pintura interna M2 N1
16.6.2	Pintura interna M2 N2
17	Pintura externa
17.1	Modulo 5
17.1.1	Pintura externa M5 N1
17.1.2	Pintura externa M5 N2
17.1.3	Pintura externa M5 garagem
17.2	Modulo 6
17.2.1	Pintura externa M6 N1
17.2.2	Pintura externa M6 N2
17.3	Modulo 4
17.3.1	Pintura externa M4 N1
17.3.2	Pintura externa M4 N2
17.4	Modulo 3
17.4.1	Pintura externa M3 N1
17.4.2	Pintura externa M3 N2
17.5	Modulo 1
17.5.1	Pintura externa M1 N1
17.5.2	Pintura externa M1 N2

17.6	Modulo 2
17.6.1	Pintura externa M2 N1
17.6.2	Pintura externa M2 N2
18	Portas
18.1	Modulo 5
18.1.1	Portas M5 N1
18.1.2	Portas M5 N2
18.2	Modulo 6
18.2.1	Portas M6 N1
18.2.2	Portas M6 N2
18.3	Modulo 4
18.3.1	Portas M4 N1
18.3.2	Portas M4 N2
18.4	Modulo 3
18.4.1	Portas M3 N1
18.4.2	Portas M3 N2
18.5	Modulo 1
18.5.1	Portas M1 N1
18.5.2	Portas M1 N2
18.6	Modulo 2
18.6.1	Portas M2 N1
18.6.2	Portas M2 N2
19	Marmores e granitos
19.1	Modulo 5
19.1.1	Marmores e granitos M5 N1
19.1.2	Marmores e granitos M5 N2
19.2	Modulo 6
19.2.1	Marmores e granitos M6 N1
19.2.2	Marmores e granitos M6 N2
19.3	Modulo 4
19.3.1	Marmores e granitos M4 N1
19.3.2	Marmores e granitos M4 N2
19.4	Modulo 3
19.4.1	Marmores e granitos M3 N1
19.4.2	Marmores e granitos M3 N2
19.5	Modulo 1
19.5.1	Marmores e granitos M1 N1
19.5.2	Marmores e granitos M1 N2
19.6	Modulo 2
19.6.1	Marmores e granitos M2 N1
19.6.2	Marmores e granitos M2 N2
20	Paisagismo
20.1	Paisagismo M5 garagem
20.2	Paisagismo M5
20.3	Paisagismo M6

20.4	Paisagismo M4
20.5	Paisagismo M3
20.6	Paisagismo M1
20.7	Paisagismo M2