

**UNIÃO DINÂMICA DE FACULDADES CATARATAS
FACULDADES DINÂMICA DAS CATARATAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA SIMULAÇÃO DE
EMPRESAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

WILLIAN ROBERTO QUILICI

FOZ DO IGUAÇU – PR

2008

WILLIAN ROBERTO QUILICI

**PROPOSTA DE UM MODELO PARA SIMULAÇÃO DE
EMPRESAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de curso,
apresentado à banca examinadora da
Faculdade Dinâmica das Cataratas – UDC,
como requisito parcial para obtenção de
grau de Engenharia Civil
Professor Orientador Elídio De Carvalho
Lobão

**FOZ DO IGUAÇU – PR
2008**

Q6P Quilici, Willian Roberto

Proposta de um modelo para simulação de empresas da construção civil / Willian Roberto Quilici. – Foz Do Iguaçu: UDC, 2008.

**Orientador: Elidio De Carvalho Lobão
Trabalho de Conclusão de Curso – (TCC) –
União Dinâmica De Faculdades Cataratas**

1. Simulação, 2. Gerenciamento, 3. Planejamento, 4. Logística.

CDU: 624

TERMO DE APROVAÇÃO
UNIÃO DINÂMICA DE FACULDADES CATARATAS
PROPOSTA DE UM MODELO PARA SIMULAÇÃO DE
EMPRESAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Willian Roberto Quilici

Orientador: Prof. Elidio De Carvalho Lobão

Nota Final

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^o César De Mello

Prof.^o Elisandro Pires Frigo

Foz do Iguaçu, 01 de Julho de 2008

**Dedico o presente trabalho a
minha família e, em especial aos meus
pais José Carlos e Cleide pela
dedicação, compreensão dispensada
nos momentos em que mais precisei e
por ter acredito em meu crescimento.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, toda minha família e amigos que contribuíram para a realização desse trabalho.

Agradeço em especial ao Professor Orientador Elídio De Carvalho Lobão que teve grande importância para a realização deste trabalho, auxiliando-me desde a escolha do tema até as considerações finais.

Agradeço todos os professores e orientadores que transmitiram seus conhecimento e sabedoria

Agradeço em especial meus pais Jose Carlos e Cleide por terem me incentivado e acreditado ao longo dessa jornada.

"A melhor de todas as coisas é aprender. O dinheiro pode ser perdido ou roubado, a saúde e força podem falhar, mas o que você dedicou à sua mente é seu para sempre."

(Louis L.Amour)

RESUMO

QUILICI, Willian. **Proposta de um modelo para simulação de empresa da construção civil.** Foz Do Iguaçu, 2008

Neste trabalho será proposto um modelo para simulação de empresas de engenharia civil. O mesmo terá características modulares e hierárquicas que permitirão o estudo de diversos cenários para empresas que estejam executando uma ou mais obras simultaneamente, podendo assim identificar e prever possíveis gargalos e limitações que acarretariam em atraso nos serviços executados e conseqüentemente atrasando também o cronograma de obra e sua entrega.

O modelo proposto pode ser ajustável de acordo com as necessidades da empresa para cada obra, e seus parâmetros são determinísticos para o sucesso da simulação. Buscou-se analisar todos os serviços básicos para a execução de uma obra e suas interações, tomando por base um cronograma de obras presente.

Após a configuração do modelo padrão com os dados da empresa pode-se executar a simulação do mesmo, o resulta é poder observar os pontos onde existam alguns gargalos durante a obra. Desta forma as soluções podem ser validadas antes mesmo de serem colocadas em pratica avaliando suas conseqüências para a empresa

Palavras - chave: simulação, gerenciamento, planejamento, logística.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. JUSTIFICATIVA.....	16
4. MATERIAIS E METODOS	17
5. REFERENCIAL TEORICO.....	18
5.1 Projeto	18
5.1.1 O que é Projeto ?	18
5.1.2 Processo de Projeto	20
5.2 Planejamento e Gerenciamento.....	23
5.2.1 Introdução	23
5.2.2 Cronograma.....	24
5.2.3 Formas de apresentação de cronograma	25
5.2.4 Formação de equipes de trabalho	28
5.2.5 Métodos de planejamento	29
5.2.6 Sistema De Informações Para Gerenciamento De Projetos.....	30
5.3 Logística.....	31
5.3.1 Introdução.....	31
5.3.2 Logística Empresarial.....	32
5.3.3 Atividades primárias.....	33

5.3.4 Atividades de apoio	35
5.4 Simulação.....	39
5.4.1 Introdução.....	39
5.4.2 O que é Simulação?.....	39
5.4.3 Por que simular?	40
5.4.4 Classificação de Modelos de Simulação	41
5.4.5 Vantagens e Desvantagens da Simulação	43
5.4.6 Passos para formatação de um projeto de Simulação	45
5.5 Software Arena	51
5.5.1 Interface do ambiente Arena.....	51
5.5.2 Configuração dos <i>templates</i>	53
5.5.3 Relatórios.....	55
6. DISCUÇÃO E PROPOSTA DE UM MODELO PARA SIMULAÇÃO	58
6.1 Configuração do modelo 1 – Construtora WRQ	58
6.1.2 Módulo Suprimento:.....	61
6.1.3 Módulo Construção Civil.....	63
6.1.4 Módulo Instalação.....	72
6.2 Configuração do modelo 2 – Fabrica de concreto WRQ.....	73
6.2.1 Módulo Entrada de Ordens	74
6.2.2 Módulo Fabricação	75
6.2.3 Módulo Saída Para Entrega	77
7. SIMULAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS	79
7.1 Análise de Resultados da Construtora WRQ	79
7.2 Análises Dos Resultados Da Fabrica de Concreto WRQ.....	88

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS 94

9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA DO PROCESSO DE PROJETO	20
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA REPRESENTANDO O PROCESSO INTERATIVO	22
FIGURA 3 - EXEMPLO DE UM CRONOGRAMA DE BARRAS	26
FIGURA 4 - LINHA DE BALANÇO	27
FIGURA 5 - RELAÇÃO ENTRE AS TRÊS ATIVIDADES LOGÍSTICA PRIMÁRIA PARA ATENDER CLIENTES.....	35
FIGURA 6 - RELAÇÃO ENTRE AS ATIVIDADES LOGÍSTICA PRIMÁRIAS E DE APOIO E O NÍVEL DE SERVIÇO ALMEJADO.....	38
FIGURA 7 - ROTEIRO PROPOSTO PARA SISTEMATIZAÇÃO DE ESTUDOS DE SIMULAÇÃO	45
FIGURA 8 - INTERFACE DO ARENA.....	52
FIGURA 9 - PAINÉIS BÁSICOS DO ARENA	52
FIGURA 10 - TEMPLATE CREATE	53
FIGURA 11 - TEMPLATE PROCESS	54
FIGURA 12 - TEMPLATE DISPOSE.....	55
FIGURA 13 - TEMPO GASTO EM CADA ENTIDADE	56
FIGURA 14 - TEMPO DE GARGALO	56
FIGURA 15 - TEMPO QUE SERÁ UTILIZADO CADA RECURSO	57
FIGURA 16 - TEMPO DE ESPERA.....	57
FIGURA 17 - ESTRUTURA MODULAR.....	58
FIGURA 18 - CRONOGRAMA PADRÃO.....	60
FIGURA 19 - DIAGRAMA LÓGICO	61
FIGURA 20 - MÓDULO SUPRIMENTO	61
FIGURA 21 - MÓDULO CONSTRUÇÃO CIVIL	63
FIGURA 22 - SUB-MODELO SERVIÇOS PRELIMINARES.....	64
FIGURA 23 - SUB-MODELO FUNDAÇÃO	65
FIGURA 24 - SUB-MODELO ESTRUTURA DE CONCRETO.....	66
FIGURA 25 - SUB-MODELO ALVENARIA.....	67
FIGURA 26 - SUB-MODELO COBERTURA.....	68

FIGURA 27 - SUB-MODELO PISO	69
FIGURA 28 - SUB-MODELO REVESTIMENTO	69
FIGURA 29 - SUB-MODELO ESQUADRIAS.....	70
FIGURA 30 - SUB-MODELO PINTURA.....	71
FIGURA 31 - MÓDULO INSTALAÇÃO.....	72
FIGURA 32 - SISTEMA LÓGICO FABRICA DE CONCRETO WRQ	74
FIGURA 33 - MÓDULO ENTRADA DE ORDENS	74
FIGURA 34 - MÓDULO FABRICAÇÃO	75
FIGURA 35 - INSPEÇÃO.....	77
FIGURA 36 - MÓDULO SAÍDA PARA ENTREGA	78
FIGURA 37 - SISTEMA LÓGICO DA CONSTRUTORA WRQ	79
FIGURA 38 - CRONOGRAMA OBRA 1.....	81
FIGURA 39 - CRONOGRAMA OBRA 2.....	81
FIGURA 40 - CRONOGRAMA OBRA 3.....	82
FIGURA 41 - RELATÓRIO DE GARGALO.....	85
FIGURA 42 - FORMAÇÃO DE GARGALOS	86
FIGURA 43 - TEMPO DE CADA RECURSO	87
FIGURA 44 - RELATÓRIO DE GARGALO DA FABRICA DE CONCRETO WRQ 1°	
SIMULAÇÃO	89
FIGURA 45 - FORMAÇÃO DE GARGALOS 2	90
FIGURA 46 - RELATÓRIO DE GARGALO DA FABRICA DE CONCRETO WRQ 2°	
SIMULAÇÃO	92
FIGURA 47 - FORMAÇÃO DE GARGALOS 3	93

1. INTRODUÇÃO

Manter uma organização de uma empresa de construção civil não é uma tarefa simples e fácil, requer um bom sistema informatizado, dinâmico e uma boa estrutura física.

Este tipo de sistema permitirá uma análise do cronograma de obras e sua organização e a partir destes dados simular o andamento dia-dia de uma empresa de engenharia que está executando uma ou mais obras simultaneamente, a fim de evitar atrasos dos serviços acarretando desta forma a demora na entrega das mesmas e desperdícios de tempo e de verba com equipes paradas.

Por se tratar de um modelo parametrizável, a simulação a ser realizada pode ser adaptada de acordo com que a empresa necessita para cada obra. Com base nos dados da empresa, que constam do cronograma de obra, é possível configurar o modelo e analisar qual etapa encontra-se disponível para que se comece a execução de seus serviços, sem que interfira nas atividades das outras, ou até mesmo verificar qual encontra-se parada esperando a finalização de alguma outra etapa para que se inicie suas tarefas. Neste último caso, alguns recursos podem ser realocados para outras obras evitando assim tempo ocioso no sistema.

Difícilmente esta empresa será surpreendida com fatores variáveis durante a obra que não estejam ou que já não foram analisados, decorrente do uso do modelo de simulação

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Propor um modelo de simulação de um sistema de logística para uma empresa de construção civil e discutir os resultados apresentados.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Analisar a organização necessária de uma obra.
- b) Conhecer os requisitos básicos para a execução da obra
- c) Analisar o cronograma de obras e prestações da construção
- d) Simular um modelo de sistema de logística para uma empresa

3. JUSTIFICATIVA

No atual cenário econômico, onde o grau de competitividade entre as empresas é altamente elevado, a obtenção de sucesso no mercado exige que as empresas apurem seu senso de inovação e suas armas competitivas. E as empresas da construção civil como qualquer outra prestadora de serviço, fazendo uso de um bom sistema informatizado para análise e simulação de suas atividades, ela consegue atender melhor seus clientes, funcionários e de uma forma inteligente consegue reduzir custos e aumentar a lucratividade e a qualidade do serviço.

É comum que muitas empresas negligenciem este aspecto, executando obras sem um planejamento e sem um gerenciamento adequado. Esta atitude pode acarretar em atrasos nas obras, prejuízos, perda de contratos e danos à imagem da mesma. Uma poderosa ferramenta competitiva para enfrentar a concorrência é a simulação, pois a empresa entra na disputa com conhecimento prévio do comportamento das obras nos diferentes cenários possíveis.

Fazendo uso de um sistema informatizado desta natureza, podem-se verificar os gargalos presentes e testar soluções para verificar a mais adequada antes mesmo de se colocar em prática.

4. MATERIAIS E METODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho será realizada uma revisão bibliográfica dos assuntos relacionados a gerenciamento de obras e modelagem de sistema. A partir dos dados coletados do cronograma de obras, fazendo uso do software ARENA será proposto um modelo para simulação das atividades executadas por empresas da construção civil.

5. REFERENCIAL TEORICO

A inovação pode ser definida como a criação e a introdução de mudanças, oferecendo uma solução que agregue valor aos clientes, portanto manter a organização de uma empresa prestadora de serviços onde existem atividades diversas, dinâmicas e com objetivos tão complexos como é o caso das empresas de construção civil, não é uma tarefa simples e fácil. Há a necessidade de uma boa estrutura física, e um acompanhamento sistemático das evoluções das diversas atividades que compõe uma obra e uma excelente efetividade operacional. Obter essa virtude nas atividades de gerenciamento de recursos na empresa, passa pela definição de melhor momento de compra, armazenamento e distribuição dos recursos utilizados nas etapas relacionadas. Estas ações podem ser estudadas por meio da simulação de um modelo computacional, e para proposição do mesmo será realizada uma revisão bibliográfica dos requisitos básicos para gerenciamento de uma empresa como confecção de projetos, planejamento e gerenciamento, atividades de logística e sobre modelagem e simulação de sistemas.

5.1 Projeto

5.1.1 O que é Projeto ?

Pode-se dizer que projeto é o conjunto de atividades que precede a execução de um produto, sistema, processo ou serviço. Projetar é determinar um conjunto de procedimentos e especificações que, se colocado em prática, resultam em algo concreto (Bazzo,2000).

O projeto não deve ser confundido com descoberta e nem com invenção, pois são distintos. A descoberta ou a invenção podem está presente num projeto, porem não fazem, necessariamente, parte integrada dele. Descobrir é ter o primeiro conhecimento relacionado com um determinado assunto. O projeto é o produto de um plano e de um trabalho realizado para satisfazer alguma necessidade. O resultado é algo que nem sempre existiu, ou seja, uma criação (Bazzo, 2000).

Porem segundo Duderstadt (1982) o projeto tem uma importante tarefa de traduzir uma descoberta científica para um trabalho de desenvolvimento.

Desta forma segundo Bazzo (2000) o projeto pode ser classificado como dois tipos, são eles:

Projeto por evolução: é aquele que surge na adaptação ou variação de um produto já existente no mercado. Com o avanço tecnológico ou as constantes descobertas científicas, as melhorias se tornam constantes, assim os riscos de falhas e de possibilidades de competição são menores, pois apresentam poucas novidades ao consumidor. O projeto que será estudado nesse trabalho está classificado em evolução.

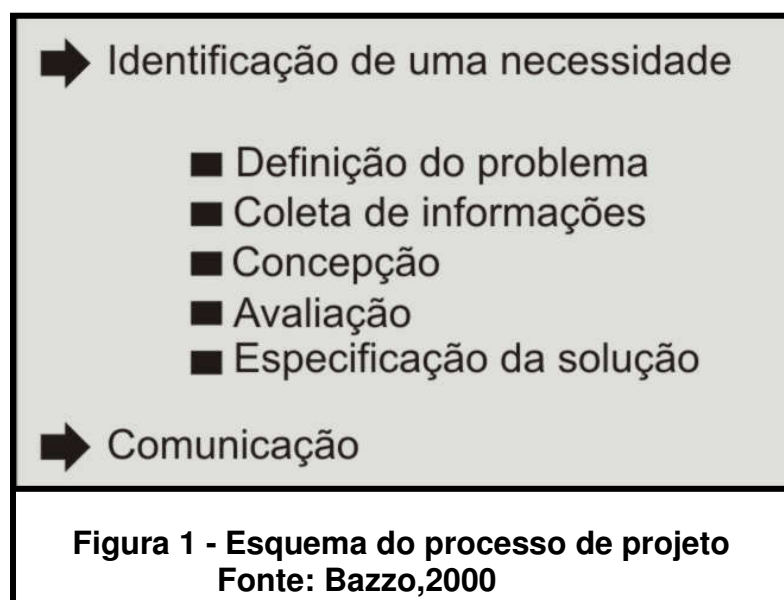
Projeto por inovação: é aquele que surge da aplicação de conhecimentos anteriores não experimentados. Esse projeto resulta em novos produtos, que por falta de conhecimento de desempenho, correm maior risco de apresentar erros.

5.1.2 Processo de Projeto

Um projeto não se inicia com um profissional carregado de uma prancheta, papéis, calculadora, etc. Os cálculos, esboços, tomadas de decisões, são atividades decorrentes de inúmeras outras tarefas já cumpridas (Bazzo, 2000).

A resposta final de um problema também não é o encerramento de um projeto, a solução deve ser ainda comunicada de forma clara, correta e consistente (Duderstadt, 1982).

Embora muitos casos possam parecer amplos e complexos, o processo do projeto em engenharia pode ser simplificado esquematizado, segundo Bazzo (2000) conforme figura 1.



Identificação de uma necessidade: o passo inicial de um projeto é a identificação da necessidade, pode ocorrer de varias maneiras: insatisfação

com a situação ou com a solução atual, redução de custos, aumentar a confiabilidade ou o desempenho do sistema, etc.

Definição do problema: há uma pequena diferença entre identificação de uma necessidade com a formulação do problema. O problema é mais específico enquanto a necessidade em geral é muito abrangente. Por exemplo, se a necessidade é escoamento de tráfego num entroncamento entre rodovias, o problema poderá ser a construção de um viaduto. Esse é o passo mais crítico da formulação do projeto, pois nem sempre o problema é percebido numa primeira visada, portanto a análise profunda é fundamental.

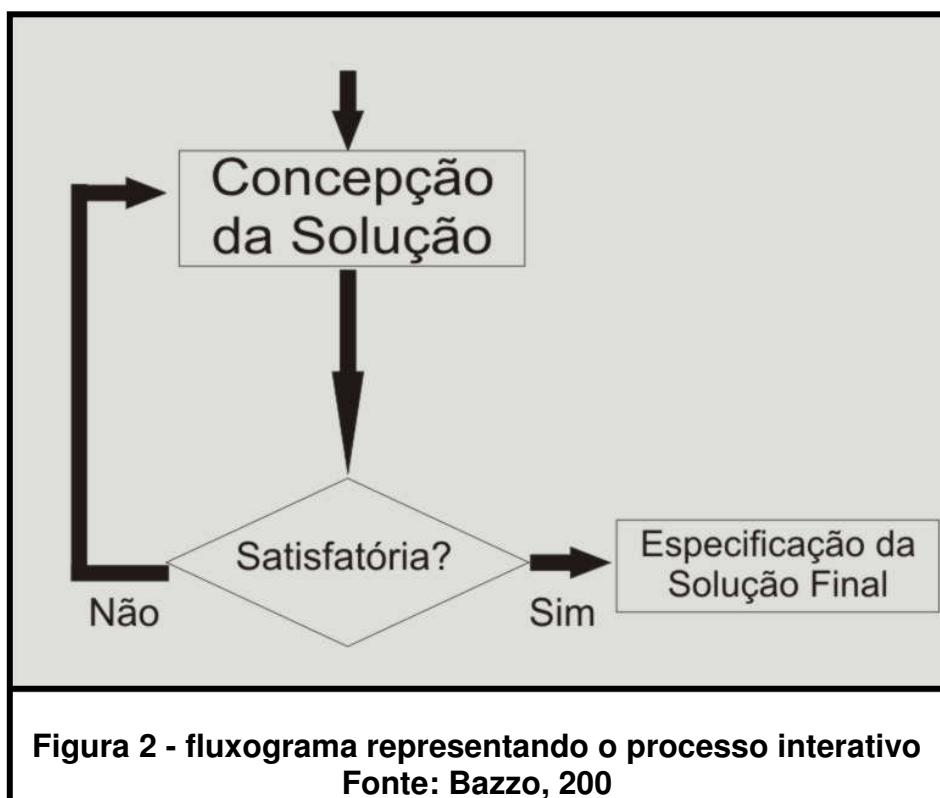
Coleta de informações: Bazzo (2000) ressalta que a grande frustração para efetuar o primeiro projeto é a escassez de informações. É importante que o projetista tenha conhecimento no assunto de trabalho que está sendo desenvolvido como: referencias bibliográficas, modelos, formulações, etc. isso o ajuda a começar o trabalho esquematizando a solução, caso contrario a solução seria uma incógnita para o mesmo. De acordo com Jordão (2006) procurar simplificar o máximo possível, porque quanto mais detalhado, mais esforço de gerenciamento será necessário para verificar e garantir que os procedimentos estarão sendo seguidos corretamente. Porem segundo Lobão (1997), dados inconsistente ou não acurados podem levar a resultados equivocados.

Concepção da solução: Após definido o problema e coletado os dados, dá-se inicio ao processo de desenvolvimento do projeto onde busca-se a solução desejada. Nesta fase, são especificados os elementos, os

mecanismos, os processos ou as configurações que resultam no produto final, e que satisfazem as necessidades identificadas. Segundo Jordão (2006) é a fase da execução da idéia, onde as técnicas e as ferramentas serão intensamente aplicadas.

Avaliação do projeto: Bazzo (2000) cita que a avaliação é essencial em todos os passos para a realização de um projeto, porém nesta etapa é necessário verificar detalhes como: os cálculos detalhado do desempenho do sistema, testes com modelos de simulação experimentais, ente outros. Pois o resultado está relacionado diretamente com as informações fornecidas (Jordão, 2006).

De acordo com Bazzo (2000), este processo iterativo pode ser esquematizado conforme a figura 2.



Especificação da solução final: Bazzo (2000) indica que caso o projeto esteja aprovado na fase de avaliação, e estando garantidas suas viabilidade e qualidade, deve-se elaborar o projeto detalhado, que objetiva estabelecer as especificações de engenharia da solução escolhida, ou seja, o memorial descritivo do projeto. De acordo com Gehbauer (2002) está é a etapa que esclarece as características construtivas, fabricação, fornecimento, montagem etc.

Comunicação do projeto: De acordo com Bazzo (2000) o projeto tem como propósito satisfazer alguma necessidade específica do cliente ou consumidor, Após a realização do mesmo, é essencial que seja feita a comunicação do projeto, seja ela oral ou escrita. Relatórios técnicos, esquemas detalhados, listagens de programas e modelos icônicos freqüentemente fazem parte do trabalho final de comunicação do projeto. É comum, ainda, rodadas de diálogos entre o projetista e quem encomendou o trabalho. Jordão (2006) cita que essa etapa é onde se transmite para o cliente de forma clara todo o processo para a elaboração e finalização do projeto.

5.2 Planejamento e Gerenciamento

5.2.1 Introdução

Segundo Gehbauer (2002), a função do planejamento é a de organizar os trabalhos que serão realizados durante a obra, de tal modo que os métodos construtivos e os meios de produção escolhidos sejam coordenados entre si. O objetivo é obter o maior rendimento possível com custos de execução os

menores possíveis, para isso há a necessidade da elaboração de um cronograma.

O Cronograma é uma representação gráfica de execução de um projeto, indicando os prazos em que deverão ser executadas as atividades, mostradas de uma forma lógica, para que o projeto se encerre dentro das condições previamente estabelecidas, (Limmer,1996).

5.2.2 Cronograma

De acordo com Limmer, (1996) é uma representação gráfica da execução de um projeto, indicando os prazos em que deverão ser executadas as atividades necessárias, mostradas de forma lógica, para que o projeto termine dentro de condições previamente estabelecidas.

É a partir do cronograma que é feito todo o planejamento da obra, A elaboração do cronograma de obra segundo Gehabauer,2002 são necessários diversos níveis de informação, portanto para se elaborar um cronograma coerente é necessário efetuar três níveis :

Cronograma Geral: indica os prazos das etapas de produção mais importantes, sem entrar no planejamento dos prazos das atividades que compõem estas etapas. O cronograma geral abrange o tempo total para execução da obra e é utilizado como o principal instrumento de controle e gerenciamento da execução (Gehbauer, 2002).

Cronograma Detalhado: contém os prazos de execução de cada etapa e nele são consideradas também todas as atividades e serviços, fixando-se prazos para elas. Assim servindo como orientação e previsão de tempo de construção necessário. Para a elaboração do cronograma detalhado, deve ser feito o levantamento de todas as dimensões e quantitativos relacionado à construção e seus respectivos índice de produtividade (indicam números de horas de trabalho por unidade produzida) e desempenho, (Gehbauer, 2002).

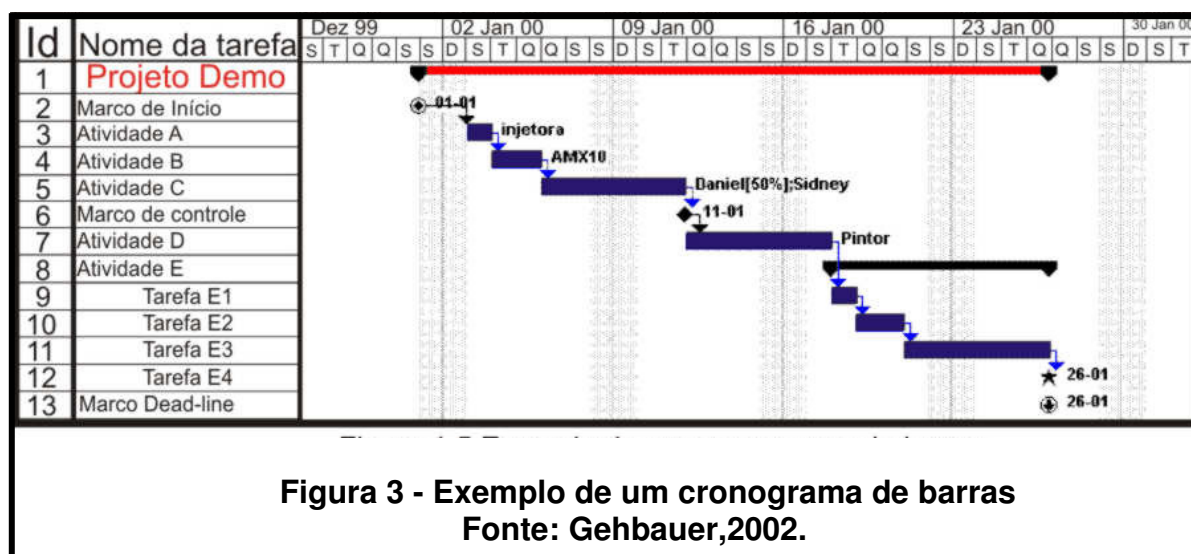
Adaptação durante o período de execução: várias influencias internas e externas que ocorrem durante o período de execução de uma obra, tornam necessárias algumas alterações no cronograma detalhado, assim sendo, essas alterações tem que ser adaptadas no cronograma geral que por fim permanece em vigor. Ficando garantido que, apesar dos desvios que ocorrem isoladamente, o tempo total de execução permanece inalterado, (Gehbauer, 2002).

5.2.3 Formas de apresentação de cronograma

O cronograma pode ser apresentado de quatro formas sendo elas: de acordo com o tipo, volume e complexidade da obra e, também, segundo a quantidade de informações que ele deve conter.

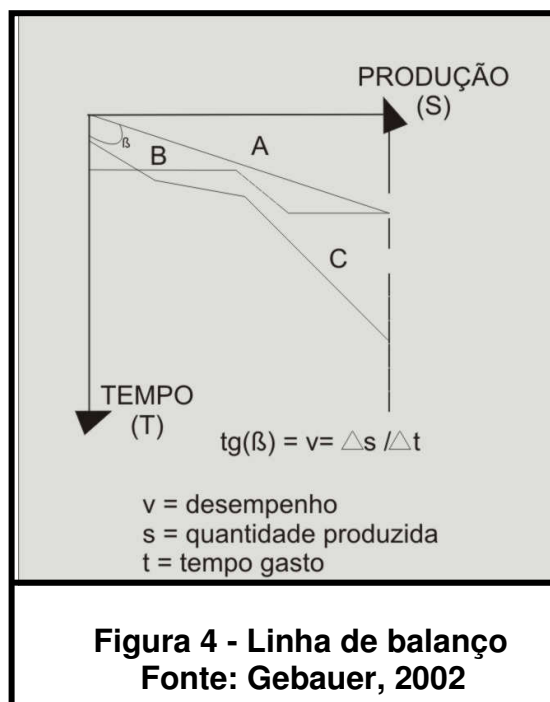
Listas de prazos: É a forma mais simples de apresentação de um cronograma, uma lista de serviços completada com as informações: duração, data de início e de termino de uma determinada atividade. Serve apenas como ponto de partida para os demais cálculos de definição de prazos.

Cronograma de barras ou gráfico Gantt: Segundo Limmer (1996) o cronograma de barra é construído listando-se as atividades de um projeto em uma coluna e as respectivas durações, representados por barras horizontais, em colunas adjacentes, com extensão de acordo com a unidade de tempo adotada no projeto. Gehbauer (2002) cita que a grande vantagem do cronograma de barra está na sua fácil leitura e compreensão, além da possibilidade de uma visualização clara do conjunto de atividades. Porém não oferece nenhuma informação sobre o avanço de uma atividade dentro de um processo e nem mostra com clareza a ligação lógica existente entre as atividades. A apresentação é feita normalmente com o eixo tempo mostrado horizontalmente, na direção vertical estão todas as etapas da construção e suas atividades, conforme figura 3.



Linha de balanço: De acordo com Gehbauer (20020) as linhas de balanço, estão representadas em duas dimensões os tempos de construções e o avanço dos trabalhos de acordo com o tempo, o eixo horizontal está representando a quantidade de produção ou o avanço da produção e no eixo vertical o tempo, conforme figura 4. Desta forma é aconselhável que seja

utilizado esse cronograma para construções de grandes volumes, como é o caso de estradas e túneis.



Já Limmer (1996) ressalta que esse tipo de cronograma é utilizado em obras com atividade repetitivas, pois consiste basicamente em traçar, referidas a um par de eixos cartesianos, linhas que representam, cada uma delas, uma atividade e seu respectivo andamento. No eixo das abscissas marca-se o tempo e, no das ordenadas, os valores acumulados do andamento planejado para cada unidade do conjunto. A declividade de cada reta indica o ritmo no qual a atividade deverá ser executada.

Rede de precedência: Segundo Gehbauer (2002) é a mais completa mas também a mais trabalhosa, pois sua elaboração dependem de uso de *softwares* de gerenciamento de projetos. A sua principal vantagem é que a rede demonstra as interdependências das diversas atividades entre si. Assim os efeitos de atrasos em relação ao cronograma geral podem ser percebidos e

também calculados. A sua forma de apresentação também são de formas de lista de prazos ou cronograma em barras. De acordo com Limmer (1996) esse planejamento foi elaborado pelo matemático Euler em 1736 para suprir o problema da cidade de Königsberg onde teria que ligar 4 pontos da cidade sem passar duas vezes por um mesmo ramo de rede.

5.2.4 Formação de equipes de trabalho

Segundo Gehbauer (2002) quando se usa o termo equipe de trabalho tem que ser entendida que é o conjunto de trabalhadores e/ou equipamentos para a execução de um serviço.

Cimino (1987) cita que no campo da construção a rotatividade do pessoal é alta, por isso, a importância de uma definição homogênea do espírito de equipe voltada ao trabalho responsável, ajustado e integrado nos objetivos da empresa.

Existem diversas possibilidades de formação das equipes de trabalho, que segundo Gehbauer (2002) são:

Equipes mistas: é composto por vários profissionais que realizam vários tipos de trabalho. A variedade dos tipos de atividades exige uma combinação de mão-de-obra de diferentes grupos profissionais, como por exemplo: pedreiro, oficial de concreto, carpinteiro, montador de formas, armador e servente. Uma equipe mista pode ser composta por até 20 operários, dirigidos por 1 ou 2 contramestres.

Equipes especializadas: são equipes que realizam continuamente a mesma atividade, Esse tipo de equipes geralmente são pequenas, compostas de 4 a 8 operários no máximo e 1 contramestre que também participam dos serviços, economizando assim na utilização de serventes. Por exemplo, uma equipe que concreto, onde são especializadas em colocar a armadura e concretar.

5.2.5 Métodos de planejamento

Segundo Gehbauer (2002) planejar uma obra é ordenar a realização das atividades pelas equipes de trabalho, na sua seqüência e dentro dos intervalos de tempo previstos.

Ciminio (1987) cita que o planejamento é a fase que tem que ser elaborada com antecedência para que ao iniciar os trabalhos de execução da obra, todos os problemas ou a maioria tenham sido previamente analisados.

Estas atividades podem ser planejadas de três métodos:

Produção em seqüência: De acordo com Gehbauer (2002) neste método de produção os trabalhadores realizam os serviços um após o outro por uma equipe de trabalho, geralmente por tipo misto. Ciminio (1987) cita que este tipo de produção, a cada termino da equipe tem que coincidir com o inicio da equipe posterior.

Produção simultânea: Segundo Gehbauer (2002) são usadas em uma mesma etapa de produção ou em produções paralelas, diversas equipes ao

mesmo tempo. Ciminio (1987) ressalta que esse tipo de produção evita-se paradas críticas do conjunto, por exemplo, dois pedreiros.

Produção em linha/trabalho cadenciado: De acordo com Gehbauer (2002) são formas de produção seqüencial onde ocorrem interrupções obrigatórias no processo, porém de forma organizada. Cada atividade é executada por uma equipe especializada, uma após a outra em intervalos pré-determinados. E segundo Ciminio (1987) os intervalos são previamente analisados para que o ciclo operacional de cada equipe não atrapalhe o andamento do cronograma da obra.

5.2.6 Sistema De Informações Para Gerenciamento De Projetos

Um programa informatizado para gerenciamento de projetos, baseia-se fundamentalmente em um sistema de informações eficiente e eficaz que flua de todas as frentes de trabalho para a gerência do projeto, permitindo assim medir o progresso em função de parâmetros de custos, tempo e desempenho, bem como os riscos durante a sua execução e o atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos, (Limmer,1996).

Segundo Limmer (1996), para estabelecer um sistema informatizado para gerenciamento de projetos é necessário atender aos seguintes critérios básicos:

Relevância – por melhor que seja o tipo e a qualidade de informação processada pelo sistema, ele só será relevante para o gerenciador se a informação for usada.

Tempestividade – ele deve permitir uma análise da situação e a adoção de medidas corretivas, caso necessário.

Confiabilidade – para ser válida a informação processada tem que ser precisa e confiável.

Flexibilidade – é preciso que atenda aos diferentes níveis de gerenciamento, aos diferentes tipos de projeto e aos gerentes funcionais.

Economicidade – a relação custo/benefício deve ser compatível com o tamanho do projeto

5.3 Logística

5.3.1 Introdução

Logística segundo o Dicionário Aurélio é a administração e organização de qualquer operação. Originou-se no século XVII, no reinado de Luiz XIV, onde existia o posto de Marechal – General de Lógis, responsável pelo transporte do material na batalhas (Sousa, 2008).

De acordo com Dias (1993), a economia brasileira já atravessou por vários problemas principalmente no começo da década de 90 onde as indústrias começavam a ter um crescimento significativo juntamente com a inflação, nesse ponto as empresas recorrem ao governo, tentando obter apoio e assistência . Porém não seria interessante revisar os seus próprios padrões de operação? Podendo eliminar os elementos ineficientes de sua estrutura e

concentrar-se na melhoria da qualidade de sua operação, é possível que as políticas adotadas para a sobrevivência a levassem ao crescimento.

O principal objetivo da logística é reduzir os custos e maximizar os lucros da empresa, de uma forma que não prejudique o produto e o cliente, (Sousa, 2008).

A implantação para melhorias na construção é necessária conhecer o sistema lógico, que engloba o suprimento de materiais e componentes, a movimentação e o controle de produtos e o apoio ao esforço de vendas dos produtos finais, até a entrega do produto final, (Dias, 1993).

Os administradores estão reconhecendo a importância de acompanhar todo o processo do produto: produção, embalagem, transporte, comercialização e finanças em uma atividade de controle global, capaz de apoiar firmemente cada fase do sistema com um máximo de eficiência e um mínimo de capital investido, (Dias, 1993).

5.3.2 Logística Empresarial

A logística empresarial segundo Ballou (1993) associa o estudo e administração dos fluxos de bens e serviços e da informação associada que os colocam em movimentos. Caso fosse viável produzir todos os bens e serviços no ponto onde eles são consumidos a logística teria pouca importância. A tarefa do profissional de logística é vencer o tempo e a distância na movimentação dos bens ou na entrega de serviços de forma eficaz e eficiente.

Ou seja, sua missão é colocar as mercadorias ou os serviços certos no lugar e no instante corretos e na condição desejada, ao menor custo possível.

5.3.3 Atividades primárias

São denominadas de atividades primárias porque ou elas contribuem com a maior parcela do custo total da logística ou elas são essências para a coordenação e o cumprimento da tarefa logística. (Ballou,1993)

Essas atividades chaves são:

- Transportes.
- Manutenção de estoques.
- Processamento de pedidos

Transportes: É a atividade logística mais importante simplesmente porque absorve, em média, de um a dois terços dos custos logísticos. Porém é essencial, pois nenhuma empresa consegue operar sem providenciar a movimentação da matéria-prima ou de seu produto final. Sua importância sempre é destacada pelos problemas financeiros colocadas pelas empresas quanto às greves, aumento de combustíveis, etc. Esses incidentes podem acarretar na perda do produto final (Ballou,1993).

Segundo Moura (1998) um foco importante na logística esta na movimentação física ou fluxo de produtos ou na rede que movimenta o produto. Esta rede é composta de órgãos de transporte que fornecem o serviço a empresa. O departamento de transporte é responsável pelos problemas relacionados com a contratação de serviços de transporte, que inclui: a

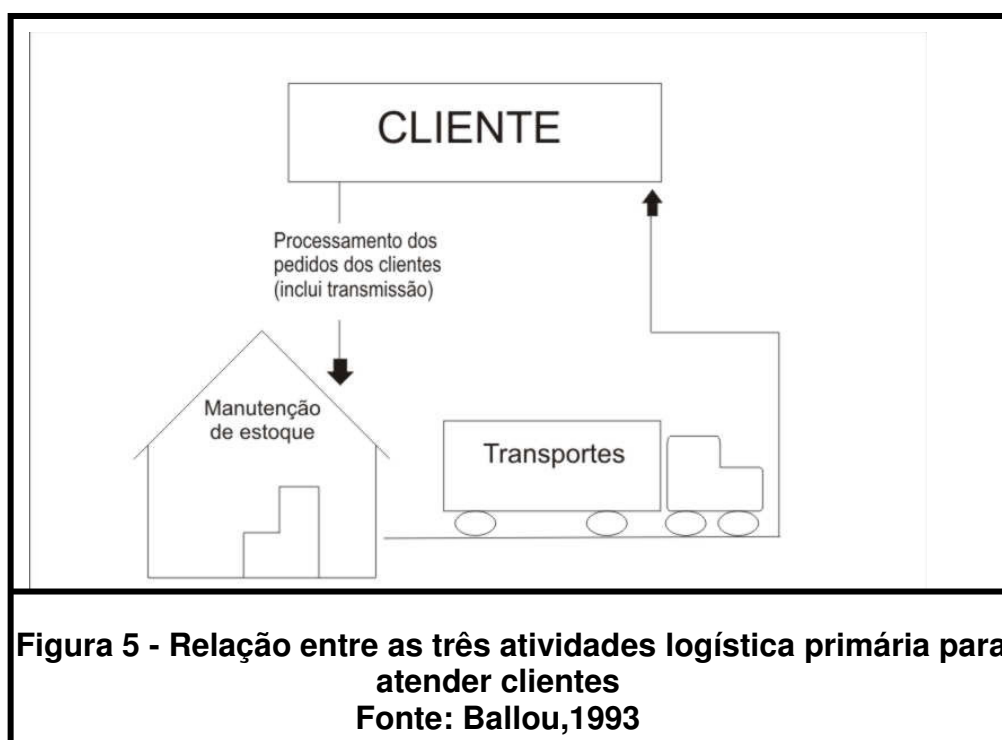
escolha do meio de transporte e a da transportadora, negociação de tarifas, acompanhamento e expedição e etc. , o pessoal do trafego se envolvem em estudos que possam auxiliar a empresa como a diminuir os custos de transporte ou aconselhar a direção acerca dos efeitos que varias decisões teriam nos custos do transporte, como por exemplo na localização da fabrica ou distribuição do produto.

Manutenção de estoques: Normalmente, não é viável providenciar produção ou entrega instantânea aos clientes. Para conseguir um grau razoável de disponibilidade de produto, é necessário manter estoques, que funcionam como “amortecedores” entre a oferta e a demanda. A administração de estoques envolve manter seus níveis tão baixos quanto possível, ao mesmo tempo em que prevê a disponibilidade desejada pelos clientes (Ballou, 1993).

Moura (1993) diz que muitas empresas adotam o enfoque de *Just-In-Time*, que envolve a aquisição dos materiais certos, no momento certo, de fornecedores, o processamento efetivo na fábrica e a entrega do produto de qualidade aos clientes, quando necessário. A realização desta administração está ligada a vários níveis de pessoas e todos os departamentos da empresa. Outro processo muito utilizado é o *Sistema Kanban* que foi criado pela Toyota, que consiste em colocar um cartão *Kanban* em cada contêiner de peças em processo e em estoque. Quando o conteúdo de um contêiner é utilizado, o cartão é devolvido ao fornecedor (seja outro departamento ou em fornecedor externo) como um sinal *Just-In-Time* que mais daquele item deve ser produzido e/ou expedido imediatamente.

Processamento de pedidos: É atividade que determina o tempo necessário para levar bens e serviços aos clientes. É onde se inicia a movimentação de produtos e a entrega de serviços (Ballou,1993).

A figura 6 segundo Ballou, mostra o tempo que o produto tem até a entrega ao cliente desde sua produção, seguindo as três atividades primárias.



5.3.4 Atividades de apoio

Apesar das atividades primárias serem os principais ingredientes para a disponibilidade e a condição física de bens e serviços, há um conjunto de atividades que auxiliam nessas atividades, que são denominadas de apoio (Ballou,1993).

São elas :

- Armazenagem
- Manuseio de materiais
- Embalagem de proteção
- Obtenção
- Programação de produtos
- Manutenção de informação

Armazenagem: Refere-se à administração do espaço necessário para manter o estoque, como: localização, dimensionamento físico, etc. (Ballou,1993).

Segundo Moura (1998) a armazenagem tem a função de criar: utilidade de tempo (produtos agrícolas), utilidade de localização (material certo no local certa) e utilidade de forma (maturação do produto, melhoria da qualidade)

Manuseio de materiais: Está relacionada com a armazenagem e também ao apoio a manutenção de estoque, diz respeito desde a movimentação do produto no estoque até a sua produção final (Ballou, 1993)

Consistem na preparação, colocação e posicionamento de matérias, a fim de facilitar sua movimentação e estocagem, ou seja, move e estoca os materiais até serem necessários (Moura, 1998).

Embalagem de proteção: Um dos objetivos da logística é movimentar bens sem danificá-los além do economicamente razoável. O projeto de embalagem ajuda a garantir movimentação sem quebras (Ballou, 1993).

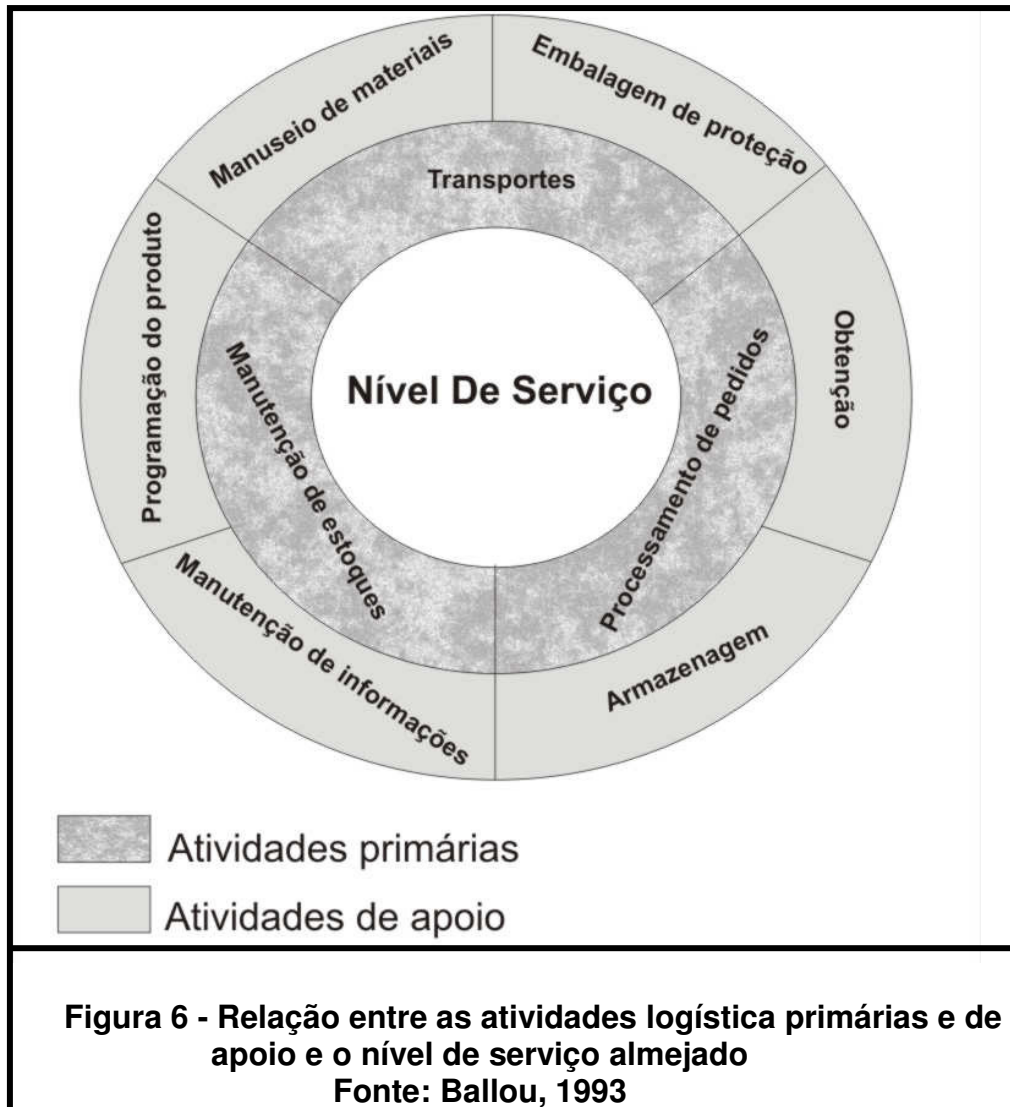
Obtenção: É a atividade que deixa o produto disponível para o sistema logístico. Trata-se da seleção das fontes de suprimento, das quantidades a serem adquiridas, da programação de compras e da forma pela qual o produto é comprado. Não se deve confundir obtenção com a função de compra. Compras incluem muitos dos detalhes de procedimento (negociação de preço, por exemplo) que não estão especificamente relacionados a logística (Ballou,1993).

A obtenção dos suprimentos estão ligados diretamente aos custos do transporte pois relacionam diretamente com o local geográfico (distancia) e temporais das matérias-primas (Moura,1993)

Programação do produto: Diz respeito às quantidades agregadas que devem ser produzidas e quando e onde devem ser fabricadas.(Ballou,1993). A programação do produto está ligado com a distribuição (Moura,1998).

Manutenção de informação: Para que a função da logística opere com eficiência sem as necessárias informações de custo e desempenho. Tais informações são fundamentais para o correto planejamento e controle logístico. Manter uma base de dados importante como : localização dos clientes, volumes de vendas, padrões de entregas e níveis de estoque apóiam a administração eficiente e efetiva das atividades primarias e de apoio (Ballou,1993).

Segundo Ballou (1993), as relações entre as atividades primárias e de apoio estão representada no diagrama conforme figura 6 a seguir:



5.4 Simulação

5.4.1 Introdução

Com o crescimento e o desenvolvimento da economia mundial as empresas então mais competitivas e precisam se atualizar e melhorar seus serviços, para que não percam mercado para a concorrência, e a simulação computacional tem sido muito empregada nesse aspecto.

Com a elaboração de um formulário a partir das informações conhecidas, a simulação possibilita a realização de experiências que nos ajudam a prever o comportamento de um sistema real. Assim pode-se analisar situação que eventualmente possa vim ocorrer na realidade e propor uma solução imediata, (Harrel, 1992).

O crescimento desta ferramenta deve-se a facilidade no uso e na sofisticação de modelos computacional. Contando com interfaces graficas amigaveis, fazendo intenso uso de animações para o sistema que está sendo simulado, deixando de lado o estigma de ser utilizado uma simulação apenas quando tudo mais já foi tentado, (Filho,2001).

5.4.2 O que é Simulação?

São varias as definições para simulação. Segundo Harrel (1992), simulação é um meio de experimentação de um modelo detalhado de um verdadeiro sistema para determinar a forma pelo qual o mesmo responderá pelas mudanças realizadas em sua estrutura.

De acordo com Filho (2001), simulação consiste na utilização de determinadas técnicas, matemáticas, empregadas em computadores digitais, aonde permitem imitar o funcionamento de praticamente qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real, ou seja, implica na modelagem de um processo ou sistema que imitam as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem durante o tempo.

5.4.3 Por que simular?

A simulação permite que os analistas realizem estudos sobre correspondente sistema e respondam perguntas como: “O que aconteceria se?”. A principal importância para simulação é que tais perguntas possam ser respondidas sem que o sistema analisado sofre qualquer tipo de modificação, uma vez que os estudos são realizados no computador.

De acordo com Filho (2001), as razões mais comuns para experimentarem modelos de simulação são:

O sistema real ainda não existe: simulação será utilizada pra planejar o futuro sistema. Por exemplo: um novo hospital.

Experimentar com o sistema real é dispendioso: Indicará os benefícios de se investir em um novo equipamento, por exemplo.

Experimentar com o sistema real não é apropriado: Simular um acidente aéreo e verificar toda a logística para o acionamento e atuação dos serviços, podendo ser tratados no computador. Não se pode provocar um desastre do tipo para testar os planos de emergências.

Aparentemente as razões parecem simples e claras, no entanto, é a identificação do problema que leva a definição dos objetivos e do tipo de modelo e estudo de simulação que deve ser desenvolvido (Filho,2001)

5.4.4 Classificação de Modelos de Simulação

Existem varias formas de classificar um modelo de simulação, varia conforme o autor, segundo Filho (2001) a classificação vem a partir dos resultados como: modelos voltados à previsão, à investigação, à comparação, e ainda subdivido em específico e genérico. E de acordo com Prates (1996) o modelo é definido por um conjunto de relações lógicas e matemáticas sendo: simulação física ou simbólica, determinística ou probabilística, estática ou dinâmica e discreta ou contínua.

Segundo Filho (2001) :

Modelos Voltados à Previsão: é possível fazer uma previsão do sistema no futuro com os dados atuais e como comportará ao longo do tempo.

Modelos Voltados à Investigação: como não se está bem definido e claro os objetivos no inicio dos estudos, os mesmos estão voltados para a busca de informações e ao desenvolvimento de hipóteses sobre o comportamento de sistemas. Sendo assim as respostas servem para construir e organizar as informações sobre a natureza do fenômeno ou sistema sob estudo.

Modelos Voltados à Comparação: Uma comparação de diferentes rodadas de simulação pode ser usada para avaliar o efeito de mudanças nas variáveis de controle.

Modelos Específicos: são modelos de utilização curta, ou seja, decidir qual equipamento novo deve ser comprado, quando e como reorganizar os recursos voltados ao atendimento de clientes (filas de banco, hospitais, mercados, etc.).

Modelos Genéricos: são modelos nos quais são utilizados periodicamente por longos períodos. Como: decisões sobre aplicações orçamentárias, baseadas em desempenho e projeções simuladas do futuro.

Segundo Prates (1996):

Simulação Física: o modelo conserva todas as características físicas e lógicas do problema original.

Simulação Simbólica: O modelo conserva somente as características lógicas do problema original.

Simulação Determinística: As variáveis do presente no modelo são também determinísticas.

Simulação Probabilística: O modelo contém uma ou mais variáveis aleatórias.

Simulação Estática: As variáveis do modelo não dependem do fator tempo.

Simulação Dinâmica: As variáveis do modelo se alteram com o tempo.

Simulação Discreta: As variáveis do modelo são discretas.

Simulação Contínua: As variáveis do modelo são contínuas.

5.4.5 Vantagens e Desvantagens da Simulação

A simulação é uma ótima ferramenta para análise porém é preciso ter um profundo conhecimento tanto das vantagens como as desvantagens que nós proporcionam.

Vantagens:

- Quando criado pode-se utilizar o mesmo modelo para avaliar diversos projetos e políticas propostas
- Geralmente é mais simples que aplicar métodos analíticos.
- Ao contrario de métodos analíticos, que as análises recaem sobre um número limitado de medidas de desempenho, a simulação permite a análise de qualquer medida concebível.
- Como os modelos de simulação representam quase que detalhadamente o sistema real, pode ser efetuado alteração de dados para poder analisar o resultado sem que o sistema real seja perturbado.
- Perguntas como ou por quê certos fenômenos podem ser testadas para confirmação.
- Pode-se analisar questões como o tempo, onde pode ser comprimido ou expandido, pode reproduzir lentamente ou acelerar, para que se possa estudá-los.

- Os estudos de simulação normalmente mostram como realmente um sistema opera, em oposição à maneira com que todos pensam que ele opera.
- Proporciona a análise de situações que tenha pouco conhecimento e experiências que podem ser tratadas, preparando diante de futuros eventos. Questões como: *o que aconteceria se?* seriam exploradas.

Diante de tantas vantagens exposta por Filho (2001), Lobão (1997), Harrel (1992), o processo de simulação apresenta algumas dificuldades.

Desvantagens:

- Necessita-se de treinamento especial e experiência para poder construir modelos, pois dois modelos construídos por dois indivíduos distintos terão similaridade, porém dificilmente serão iguais.
- A modelagem e a experimentação associada a modelos de simulação requerem muitos recursos e principalmente tempo. Desta forma a tentativa de simplificação na modelagem ou economia nos recursos costuma levar a resultados insatisfatórios.

5.4.6 Passos para formatação de um projeto de Simulação

Para a elaboração de um projeto de simulação mesmo para usuários mais experientes, sem que perca o enfoque principal, é necessário o conhecimento de vários dados e para que não se esqueça de alguns, é preciso seguir um roteiro. De acordo com a figura 7, proposta por Lobão (1997) o roteiro para um projeto de simulação se procede da seguinte forma:

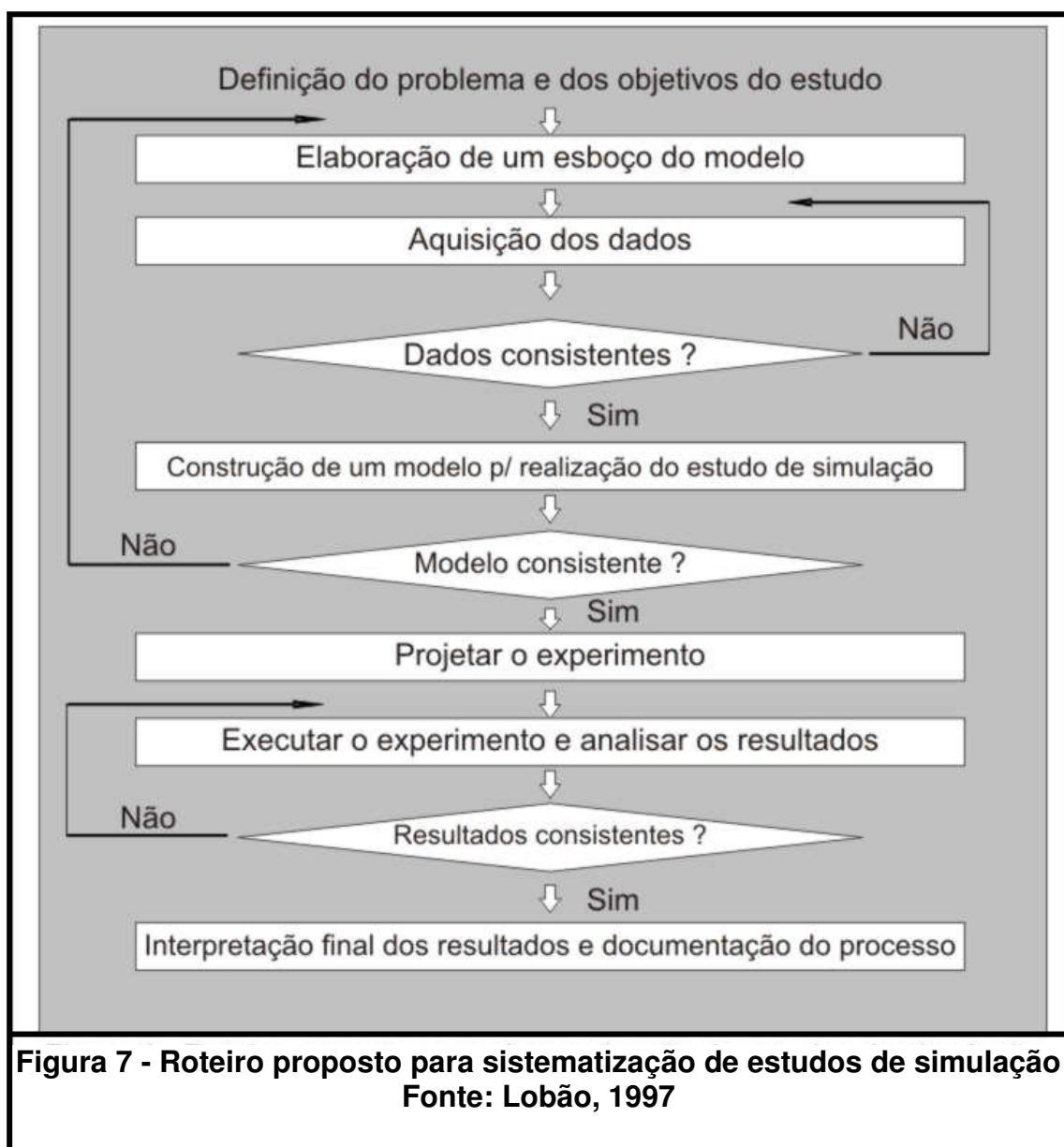


Figura 7 - Roteiro proposto para sistematização de estudos de simulação
Fonte: Lobão, 1997

Definição do problema e dos objetivos do estudo: Prates (1996) cita que nesse passo pretende-se conhecer o problema e a amplitude das respostas a serem analisadas, e a definição dos elementos que farão parte do modelo. Segundo Lobão (1997) os propósitos e objetivos devem ser claramente definidos nessa etapa, portanto uma boa interatividade entre o projetista e o usuário do modelo seria essencial. A maneira de o projetista conhecer detalhadamente o propósito, as entradas necessárias, as saídas desejadas e o comportamento desejado pelo modelo,

Filho (2001) cita que é necessário juntamente com o cliente responder perguntas do tipo:

- Por que o problema está sendo estudado?
- Quais serão as respostas que o estudo espera alcançar?
- Quais são os critérios para avaliação do desempenho do sistema?
- Quem serão os principais usuários do modelo?
- Quem realizará a manutenção do modelo?
- Quais são as hipóteses e prerrogativas?
- Quais restrições e limites são esperados?
- Onde o trabalho será realizado?
- Quais os prazos para finalização do estudo?

Elaboração de um esboço do modelo: Nessa etapa, Lobão (1997) ressalta que o projetista deve elaborar um esboço do que será o modelo do sistema, é necessário que o usuário participe intensamente. É aconselhável que o modelo inicie de forma simplificada e vá crescendo até alcançar algo

mais complexo, correspondendo todas as expectativas. Uma estratégia bem utilizada é dividir o sistema em diversos subsistemas, transformando o grande problema em vários conjuntos de pequenos problemas.

Algumas questões devem ser respondidas nesse momento, segundo Filho (2001):

- Qual a estratégia de modelagem? Discreta? Continua? Uma combinação?
- Qual quantidade de detalhes deve ser incorporada ao modelo?
- Como o modelo reportará os resultados? Relatórios pós-simulação? Animação durante a execução?
- Como os dados serão colocados no modelo? Manualmente? Leitura de arquivos?

Aquisição dos dados: De acordo com Lobão (1997) as coletas dos dados podem ser facilitadas pela observação do esboço do modelo, pois através dele podemos identificar as entradas e saídas mais relevantes. Os meios para buscar essas informações variam, por exemplo, num sistema já existente as informações podem adquiridas através de dados históricos armazenado. Para sistemas que serão implantados tem que ser feito um estudo com os fabricantes, entrevista com operários de sistemas similares, etc.

Algumas questões que se apresentam segundo Filho (2001) são:

- Quais são as relações e regras que conduzem a dinâmica do sistema?
- Quais são as fontes dos dados necessários à alimentação do modelo?

- Os dados já se encontram de forma desejada?

Validação dos dados: Lobão (1997) cita que dados indefinidos podem conduzir a resultados equivocados que tiram toda a credibilidade do estudo. Já Filho (2001) ressalta que nesse passo confirma-se que o modelo opera de acordo com a intenção do analista.

De acordo com Filho (2001) as principais questões nessa etapa são:

- O modelo gera informações que satisfazem aos objetivos do estudo?
- As informações geradas são confiáveis?
- Aplicação de testes de consistência e outros confirmam que o modelo está isento de erros de programação?

Construção de um modelo para realização do estudo de simulação:

Este é o momento que será criado o modelo para o estudo de simulação e a escolha do software simulador é muito importante pois o mesmo tem que responder as expectativas esperadas. Outro fator que tem que ser observado é quanto ao seu dimensionamento, pois a falta pode trazer inconsistência do modelo e seu super-dimensionamento pode, por exemplo, aumentar o custo e diminuir a velocidade de processamento do modelo, além de dificultar o seu entendimento e o trabalho de manutenção, (Lobão, 1997).

Validação do modelo: A qualidade do modelo construído é importante em relação ao que ocorre no mundo real, pois representa o sistema real. O processo de validação do modelo é semelhante ao de validação de dados, (Lobão, 1997)

Segundo Filho (2001) algumas abordagens podem ser feitas do tipo:

- O modelo corresponde com as respostas desejadas?
- Verificar juntamente com o cliente as variáveis que foram desprezadas para a construção e quais do tipo de aproximação foram realizadas.
- Solicitar que os operados se familiarizem com o simulado

Projetar e experimentar: Está e a fase onde produz as informações desejadas para análise das possíveis soluções para o problema. Filho (2001) ressalta que a intenção é de obter mais informação com menos experimento possível, pois segundo Lobão (1997) a cada experimento realizado uma seqüência de eventos e uma nova bateria de testes devem ser refeitos visando garantir confiabilidade aos resultados obtidos.

Filho (2001) cita que algumas questões podem ser respondidas como:

- Quais os principais fatores associados aos experimentos?
- Quais configurações do sistema as replicações serão realizadas?
- Qual o projeto experimental mais adequado ao quadro de respostas desejadas?

Executar o experimento e analisar os resultados: A execução da simulação só poderá ser feita após os passos anteriores já terem sido alcançados. Para que se obtenha uma boa qualidade da análise dos resultados todas as alternativas testadas devem ser documentadas e armazenadas para análise final, (Lobão, 1997).

Redefinir o projeto do experimento: Caso os resultados não sejam satisfatórios, a alternativa é repetir a partir do passo 7 (considerando que a validação dos dados e do modelo estejam corretos), (Lobão,1997).

Análise final dos resultados e documentação do processo: Segundo Lobão (1997) dois pontos são essenciais para análise final: o conteúdo e organização da documentação produzida e o controle de acesso à mesma:

- Produção de documentação: a documentação final que dará a rapidez e a clareza para entendimento do sistema por outros usuários, portanto, deve conter no relatório final no mínimo as seguintes questões;
 - Descrição dos objetivos e hipóteses levantadas;
 - Conjunto de parâmetros de entrada utilizados (incluindo a descrição das técnicas adotadas para adequação de curvas de variáveis aleatórias);
 - Descrição das técnicas e métodos empregados na verificação e na validação do modelo;
 - Descrição do projeto de experimentos e do modelo de experimentação adotada;
 - Resultados obtidos e descrição dos métodos de análise adotados;
 - Conclusões e recomendações;
- Controle ao acesso à documentação: Como modelos computacionais são fáceis de serem alteradas, pessoas alheias podem alterar a configuração do sistema. Algumas formas para que isso não ocorra é o acesso através de senhas aos programas, exigências de chaves de

“*hardware*” ou até mesmo chaves convencionais para acesso aos equipamentos.

5.5 Software Arena

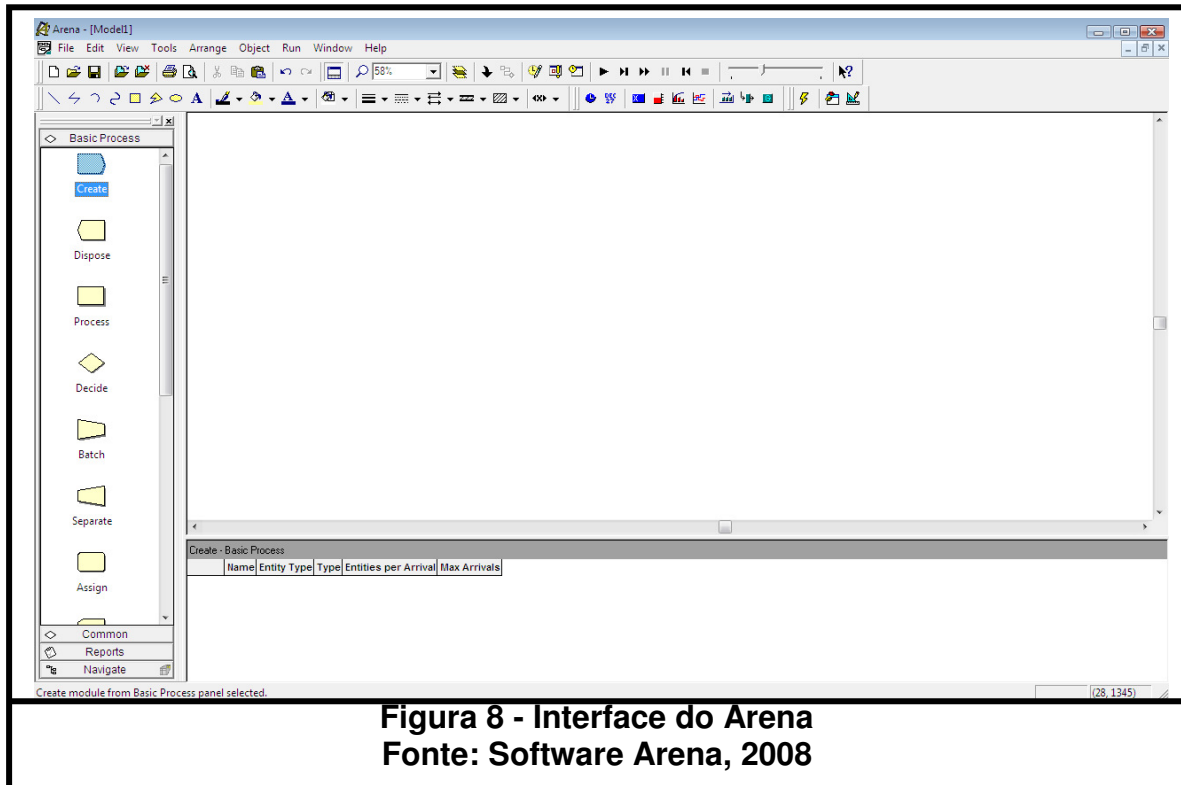
É um software de simulação gráfica aonde contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Uni os recursos de uma linguagem de simulação à facilidade de uso de um simulador, em um ambiente gráfico integrado. Através da utilização de *templates* (cartuchos de customização) pode se transformar facilmente em um simulador, específico para a aérea atuante, (Paragon, 2008).

Em 1982 foi lançado a primeira versão da linguagem de simulação *SIMAN* pela *Systems Modeling Corporation* (EUA), em 1990 foi lançado o pacote cinema, que integrado ao *SIMAN* permitia, apresentação animada e em cores, já em 1993 a união entre os dois fez com que seus recursos fossem potencializados e podendo ser apresentados em formato gráfico, criando assim o Arena, desde então vem se atualizando constantemente, (Paragon, 2008).

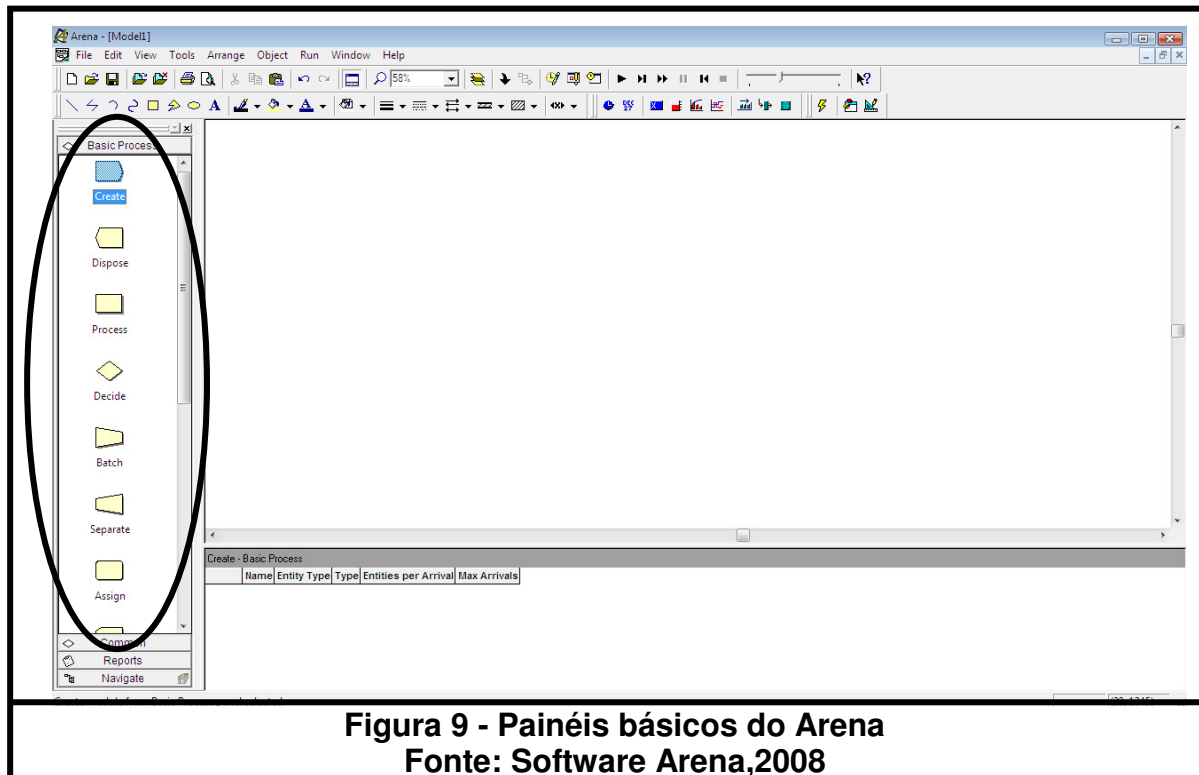
Segundo Filho,2001 o Arena é um software para modelagem e simulação de sistema, utilizando os painéis básicos pode-se montar uma simulação completa.

5.5.1 Interface do ambiente Arena

Abaixo na figura 8 a interface do software quando o programa é chamado do Windows.



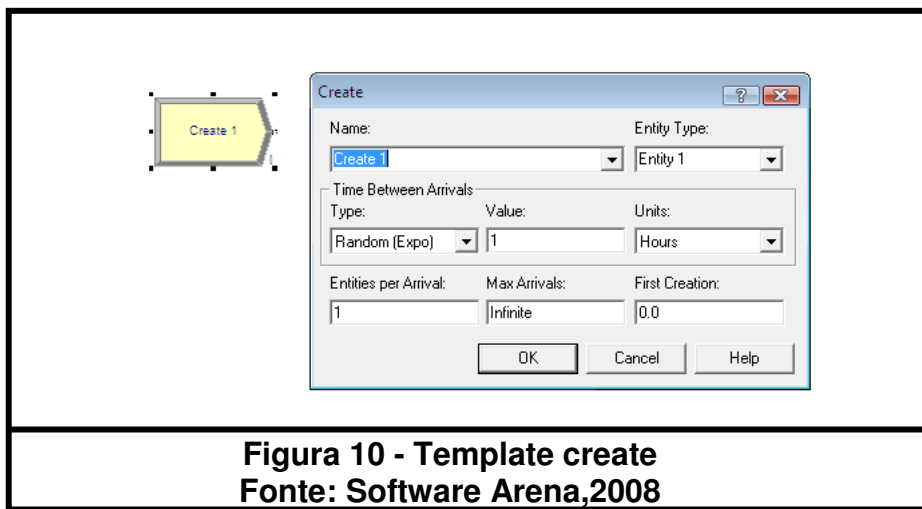
Do lado esquerdo encontram-se os painéis básicos que serão utilizados nesse trabalho, conforme figura 9.



Serão utilizados os seguintes processos básicos: *create* (que será cada entidade, ou seja, cada conjunto de serviços), *dispose* (será o encerramento das atividades) e *process* (que será cada serviço realizado).

5.5.2 Configuração dos *templates*

- **Template Create:**



Conforme a figura 10 o template tem os seguintes campos:

Name – o nome da entidade

Entity type – nome de um atributo especificando seu tipo

Type – é tipo de tempo de chegada de cada atributo

Value – é o valor de quantos atributos chegam por um determinado tempo

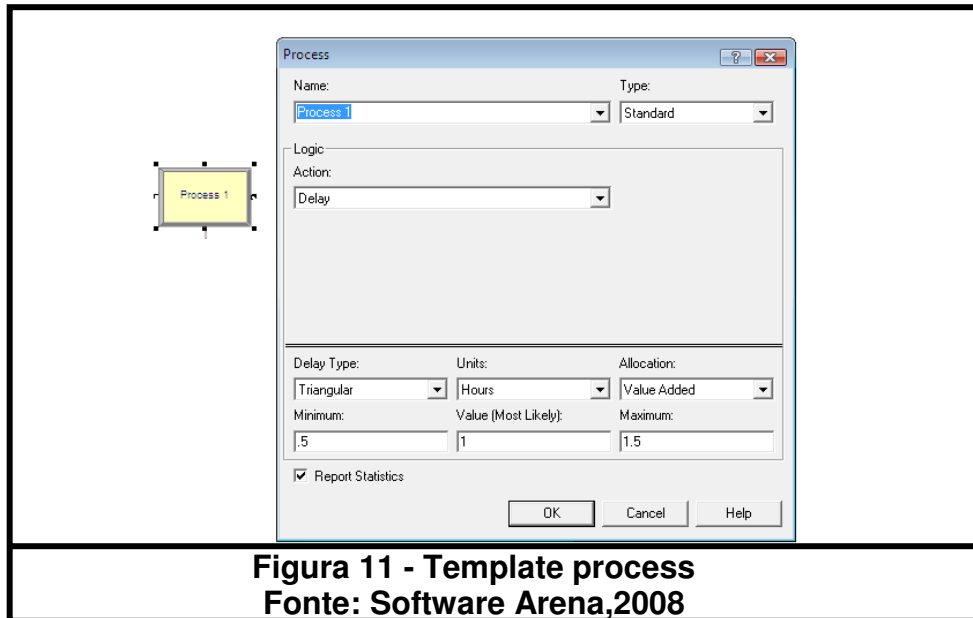
Units – unidade de tempo entre cada atributo

Entities per arrival – é quantas entidades serão criadas por chegada (De acordo com Filho,2001 normalmente é 1).

Max arrivels – O valor máximo de chegadas

First creation – quando será a primeira criação

- **Template Process:**



De acordo com a figura 411 o *template* tem os seguintes campos:

Name – nome do processo

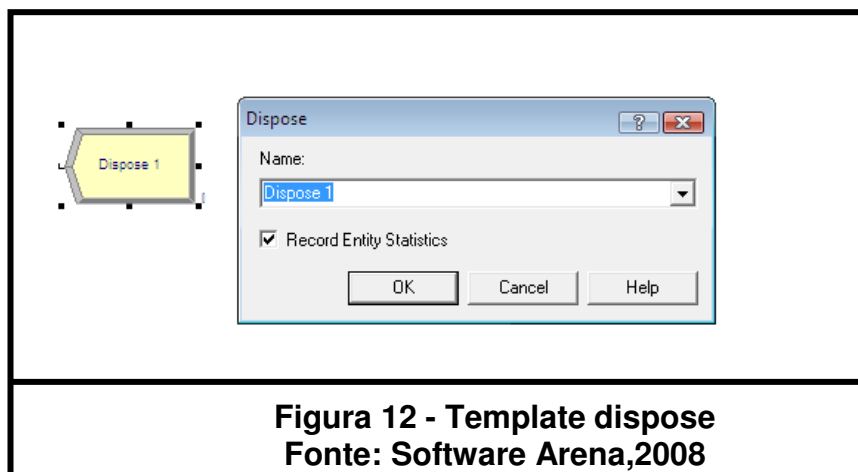
Type – é o tipo de *process*, *standart* ou *set* (para criar um submodelo, não será utilizado nesse trabalho)

Action – define a ação do modelo, *delay* (parada), *size* (ordem), *release* (liberar)

Delay Type – é o tipo do processamento

Units – unidade de tempo do processamento

- **Template Dispose:**



Name – nome do modulo

Record entity statistics – habilitado permiti que o simulador realize algumas estatísticas básicas

5.5.3 Relatórios

O Arena na sua versão profissional fornece alguns relatórios para a análise dos módulos são eles: tempo gasto em cada entidade (figura 13.), qual recurso e o tempo que forma os gargalos (figura 14) os tempo que serão utilizados os recursos (figura 15) tempo de espera (figura 16) entre outros.

01:05:15 **Category Overview** junho 19, 2008

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	524.63	(Insufficient)	73.4036	3119.71
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	188.25	(Insufficient)	0.00	859.62
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Figura 13 - Tempo gasto em cada entidade
Fonte: Software Arena,2008

01:05:15 **Category Overview** junho 19, 2008

Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Hours

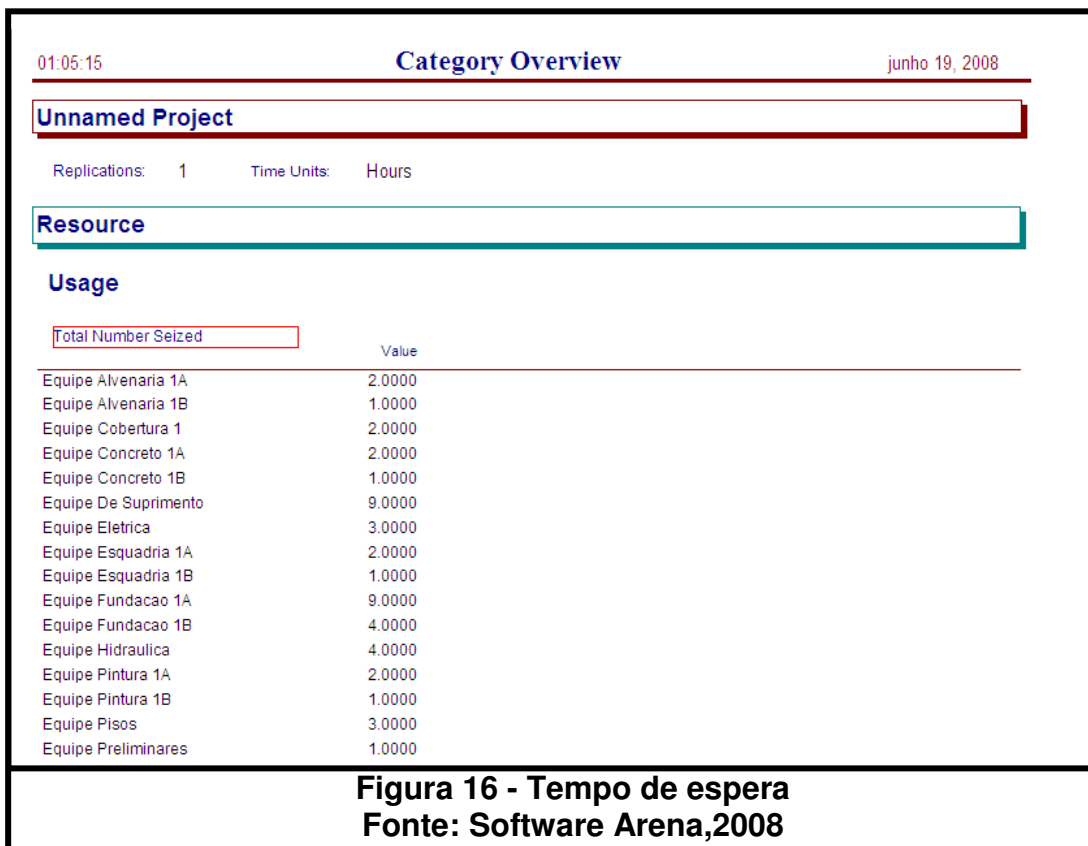
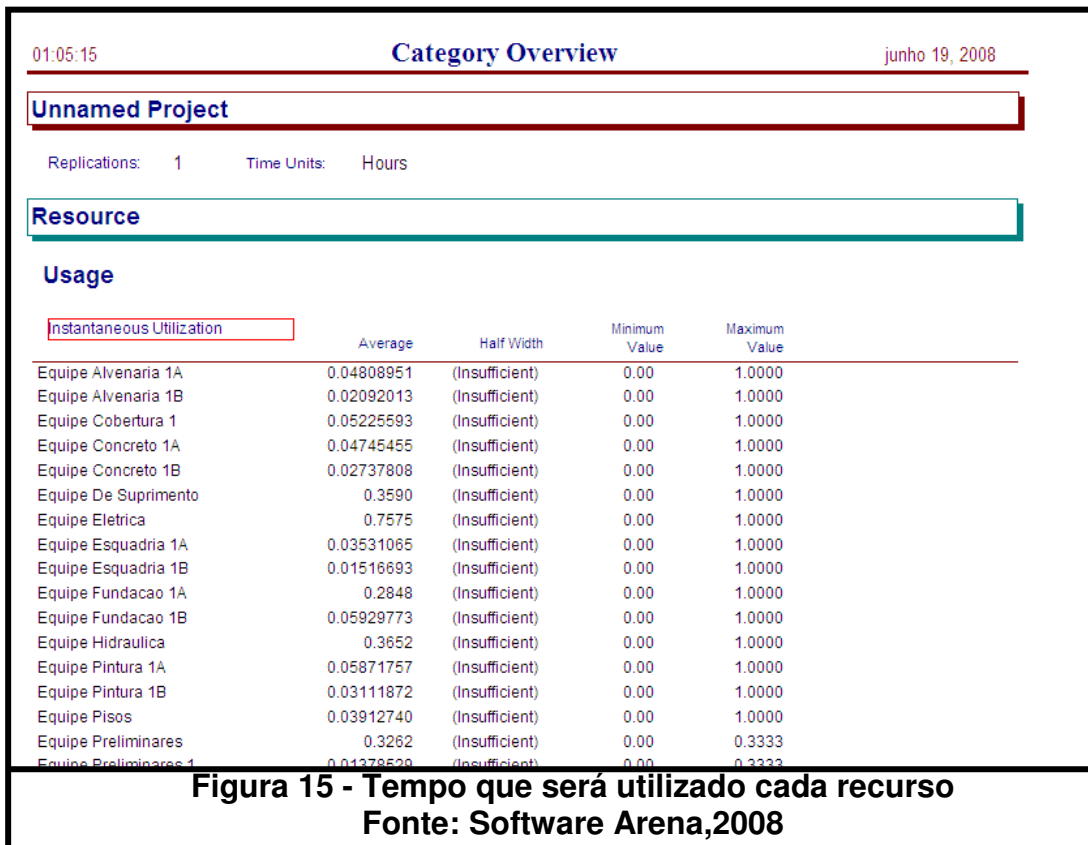
Queue

Time

Waiting Time

	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Alvenaria 05 Tijolo 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Alvenaria 1 Tijolo 1.Queue	131.49	(Insufficient)	131.49	131.49
Azulejos.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Blocos 1.Queue	24.1042	(Insufficient)	24.1042	24.1042
Blocos 2.Queue	503.17	(Insufficient)	503.17	503.17
Canteiro De Obras 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Colunas e Vigas 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Contra Piso 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Estaca 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Estaca 2.Queue	70.9637	(Insufficient)	70.2470	71.6804
Estrutura de Madeira 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Fundacao 2A.Queue	67.5433	(Insufficient)	67.2658	67.8207
Instalacao Eletrica 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Instalacao Hidraulica.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Janelas 1.Queue	97.4898	(Insufficient)	97.4898	97.4898
Laje De Concreto 1.Queue	17.1643	(Insufficient)	17.1643	17.1643
Locacao Da Obra 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

Figura 14 - Tempo de gargalo
Fonte: Software Arena,2008

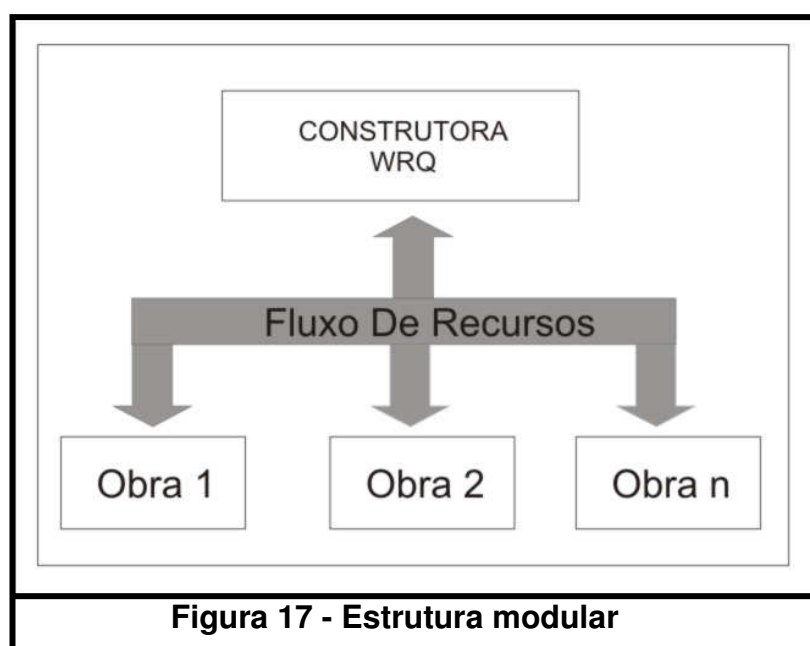


6. DISCUÇÃO E PROPOSTA DE UM MODELO PARA SIMULAÇÃO

6.1 Configuração do modelo 1 – Construtora WRQ

Neste trabalho será proposto e discutido um modelo para simulação e análise das atividades de uma empresa de engenharia.

O modelo proposto apresenta uma estrutura modular e hierárquica, onde a partir de um modulo denominado “ESCRITÓRIO CENTRAL”, vários “módulos-padrão” configuráveis poderão ser conectados, cada um deles representando uma das obras executadas pela empresa simultaneamente (Figura 17).



Estes diversos módulos que compõe o modelo compartilharão entre si os recursos disponíveis (veículos, betoneiras, operários, etc.) na empresa

(próprios ou locados) e poderão ser configurados de acordo com as dimensões e características de cada uma das obras em andamento.

A simulação deste modelo permitirá a detecção e análise de eventuais gargalos e limitações existentes no sistema, possibilitando que se estude diferentes alternativas de solução que permitirão minimizar ou eliminar estes problemas.

Cada um dos “módulos – padrão” que compõe o modelo obedecerá a um cronograma de atividades típico, como o mostrado na figura 18, onde os parâmetros devem ser ajustados em função das características de cada uma das obras.

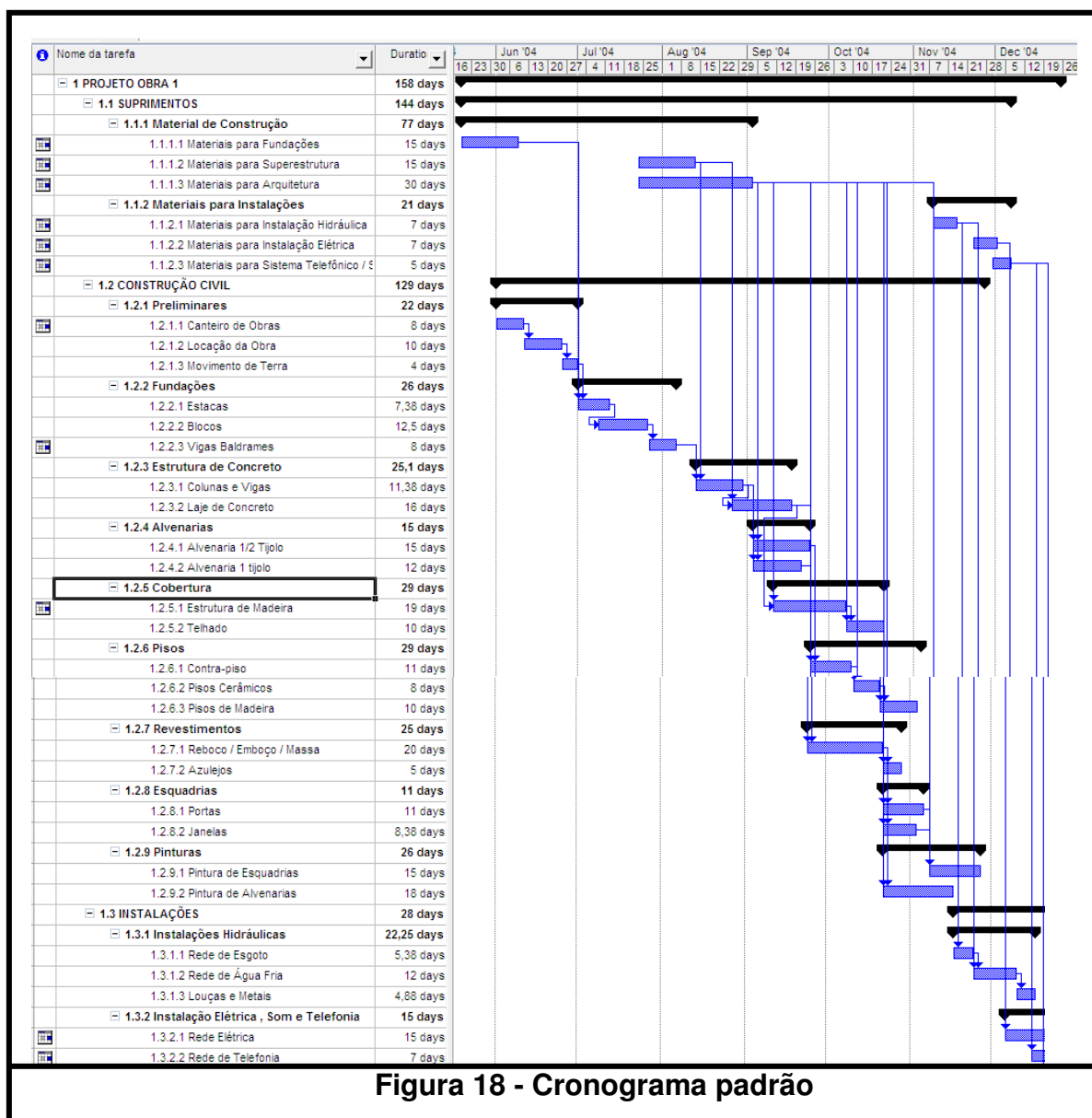
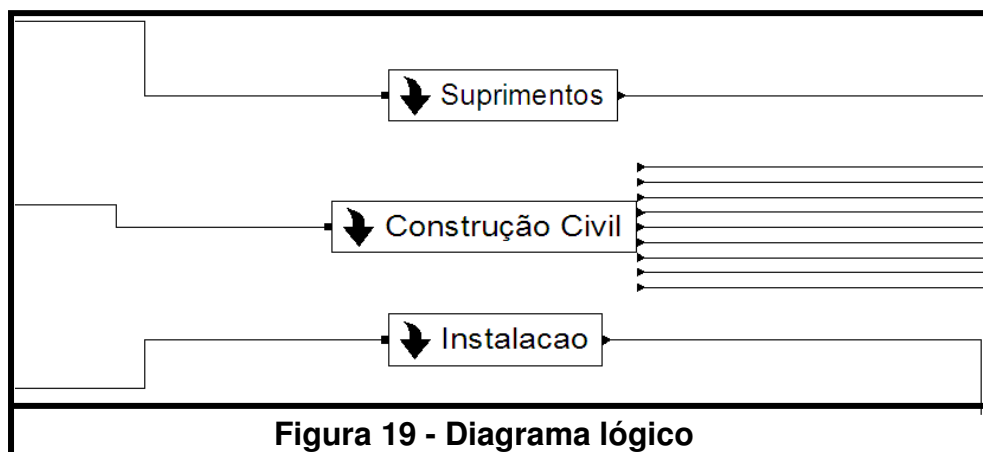


Figura 18 - Cronograma padrão

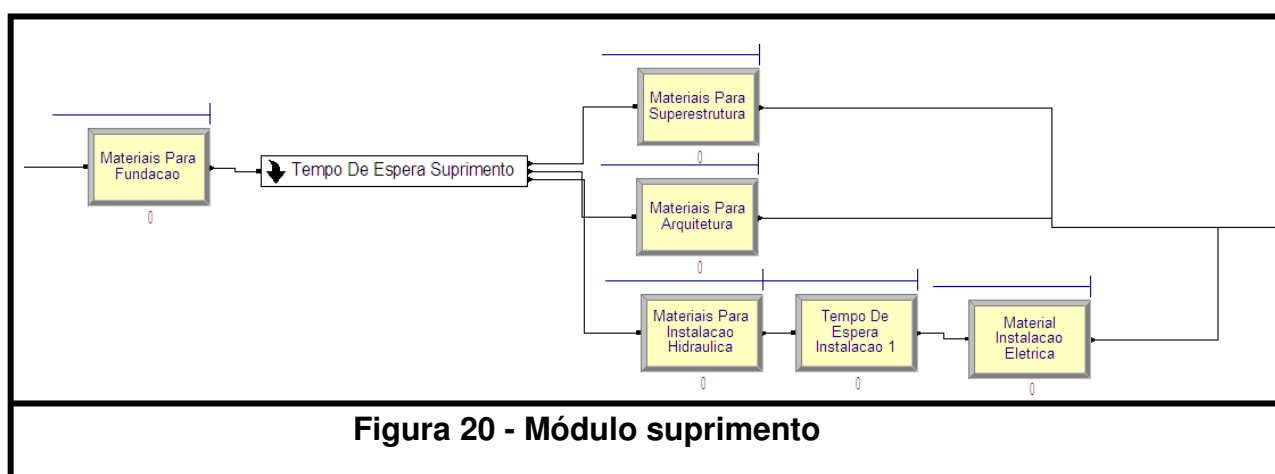
Do ponto de vista lógico, o diagrama a seguir, editado no software Arena, da Paragon modela a execução das atividades desta obra-padrão, e está subdividido em 3 módulos: suprimentos, construção civil e instalação conforme figura 19 abaixo:



Cada um dos módulos em questão constituem um sub-modelo nos quais serão mostrados e detalhados a seguir:

6.1.2 Módulo Suprimento:

No módulo em questão é a etapa da obra que se efetuam as compras dos materiais, conforme figura20.



BLOCO SUPRIMENTO – este bloco chama inicialmente o sub-modelo denominado de materiais para fundação, mostrado na figura acima, que modela as seguintes atividades:

Materiais Para Fundação: Modela as atividades de aquisição dos materiais para toda a etapa de fundação

Tempo De Espera: Foi criado um tempo de espera, pois os insumos da obra não são compradas todas ao mesmo tempo pois envolve a questão de armazenamento, espaço físico entre outros, assim só será liberado as compras com o andamento da obra.

Materiais Para Superestrutura: Modela as atividades de aquisição de todos os insumos dos elementos da estrutura de concreto como: colunas, vigas e laje de concreto.

Materiais Para Arquitetura: Modela as atividades de aquisição de todos os elementos de arquitetura, desde alvenaria até a pintura.

Materiais para Instalação: Modela as atividades de aquisição de todos os elementos de instalação, podendo ser dividida em duas fases, sendo uma para compra de materiais hidráulicos e outra para os materiais elétricos.

Por se tratar de um modelo paramétrico onde as questões tempo variam de acordo com cada obra, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

6.1.3 Módulo Construção Civil

Nesse módulo envolve-se toda a execução da obra em questão, desde os serviços preliminares até a pintura da mesma, conforme figura 21.

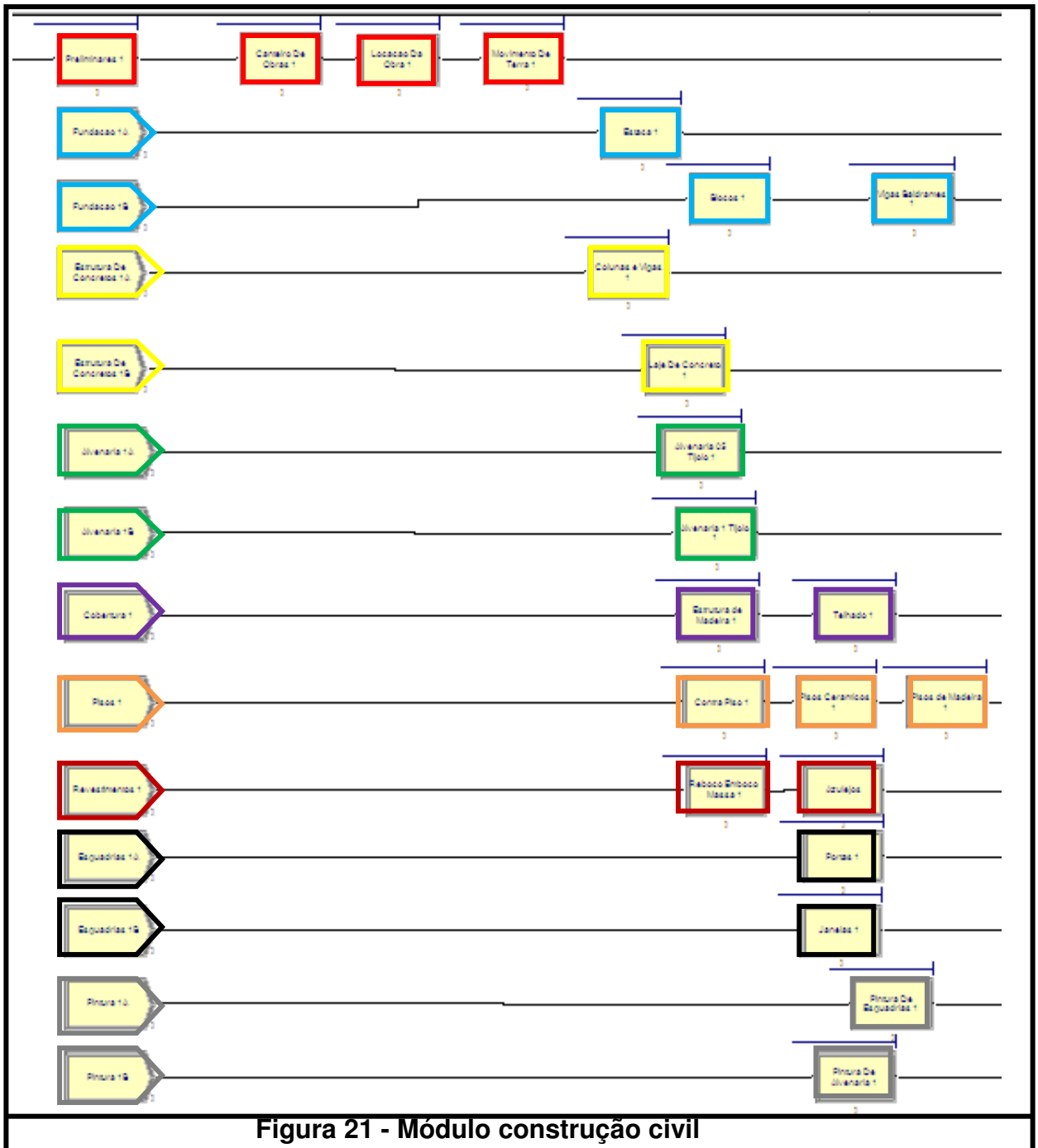
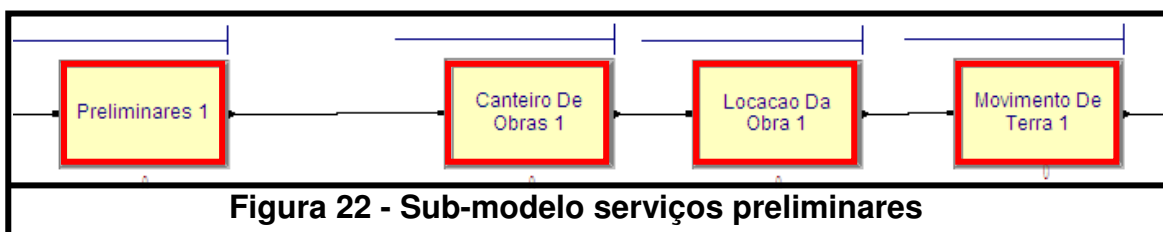


Figura 21 - Módulo construção civil

BLOCO CONSTRUÇÃO CIVIL – este bloco chama vários sub-modelos, iniciando primeiramente pelos serviços preliminares e com a finalização de

cada sub-modelo irá chamando os outros até a pintura, cada sub-modelo será comentado a seguir:

Preliminares: Os serviços preliminares representado pela borda de cor vermelha, tem as seguintes etapas vinculadas: canteiro de obras, locação da obra e movimento de terra, conforme figura 22.

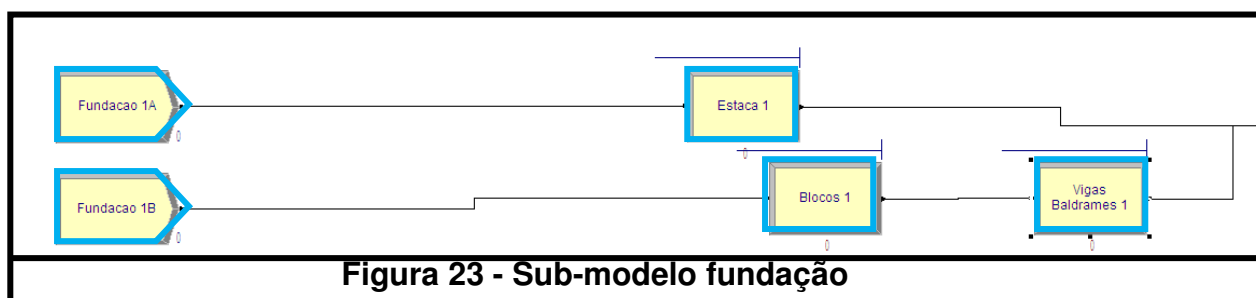


- **Canteiro de obras:** No modulo será efetuada toda a infra-estrutura de apoio para a execução da obra, desde depósito para armazenamento de ferramentas até banheiros para os funcionários.
- **Locação da obra:** A locação é a transferência do que está no projeto para o terreno relacionado a sua localização portanto tem como parâmetro o projeto de localização.
- **Movimentação de terra:** Os serviços ligados ao movimento de terra podem ser entendidos como um "conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamentos executados a fim de passar-se de um terreno no estado natural para uma nova conformação topográfica desejada

Como em todas as obras desde projeto até a entrega é um modelo paramétrico, onde as questões tempo variam de acordo com cada uma, no modulo de serviços preliminares não foge desse requisito, portanto sua

configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

Fundação: representada pela borda na cor azul, este bloco foi dividido em dois sub-modelos denominados de fundação 1A e fundação 1B, pois em um determinado ponto enquanto está sendo realizado a estaca a fundação em blocos está sendo inicializada e em seguida vigas baldrame, mostrado na figura 23 que modela as atividade:



- **Estacas:** inicia-se logo após a compra dos suprimentos para fundação, trata-se de uma fundação indireta
- **Blocos:** inicia-se na fase final das estacas e trata-se de uma fundação direta rasa
- **Viga baldrame:** inicia-se após a finalização dos blocos e trata-se de uma fundação direta rasa

As questões tempo variam de acordo com cada uma, no modulo de serviços preliminares não foge desse requisito, portanto sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo:

constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

Estrutura de concreto: Está representada pela borda na cor amarela, este módulo foi dividido em dois sub-modelos denominados de estrutura de concreto 1A e estrutura de concreto 1B, pois em um determinado ponto enquanto está sendo realizado as colunas e vigas, os serviços de laje de concreto estão sendo inicializada, mostrado na figura 24 que modela as atividade:

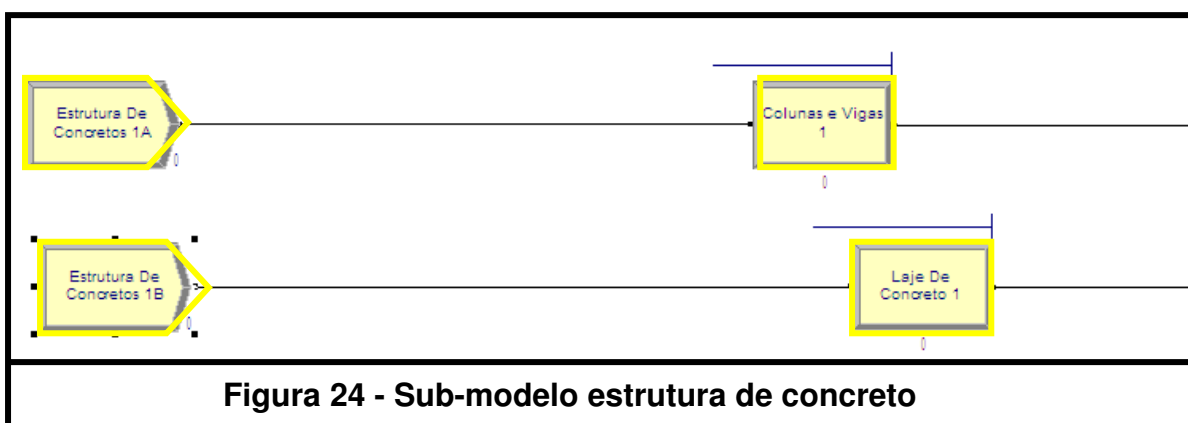


Figura 24 - Sub-modelo estrutura de concreto

- **Colunas e vigas:** são os elementos que transferem as cargas para a fundação do edifício.
- **Laje de concreto:** é um elemento estrutural que transfere suas cargas para os pilares e vigas.

Como o modelo é paramétrico as questões tempo variam de acordo com cada uma, no modulo de serviços preliminares não foge desse requisito, portanto sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular

(valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

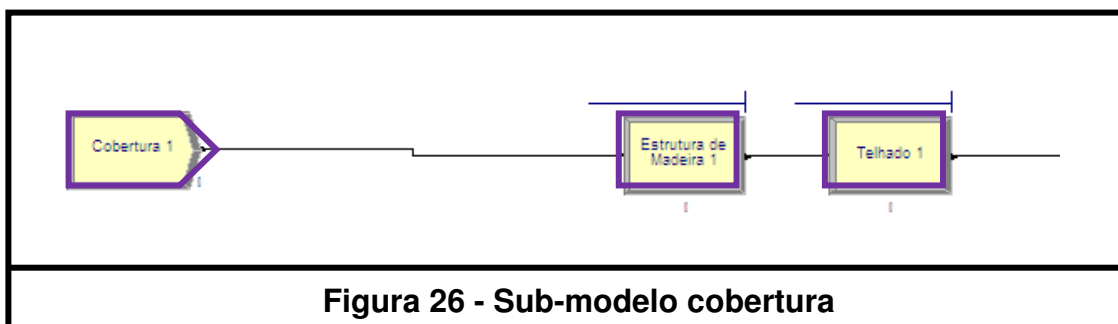
Alvenaria: representada pela borda na cor verde, este modulo foi dividido em dois sub-modelos denominados de estrutura de alvenaria 1A e estrutura de alvenaria 1B, pois em um determinado ponto enquanto está sendo realizado a alvenaria $\frac{1}{2}$ tijolo está sendo inicializada a alvenaria de 1 tijolo, mostrado na figura 25 que modela as atividade:



- **Alvenaria de $\frac{1}{2}$ tijolo:** é a construção que é feito com tijolo e seu tamanho é de meio tijolo padrão.
- **Alvenaria de 1 tijolo:** é a construção que é feita com tijolo de tamanho padrão.

De acordo com o modelo paramétrico onde a questão tempo varia de acordo com cada obra, portanto sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

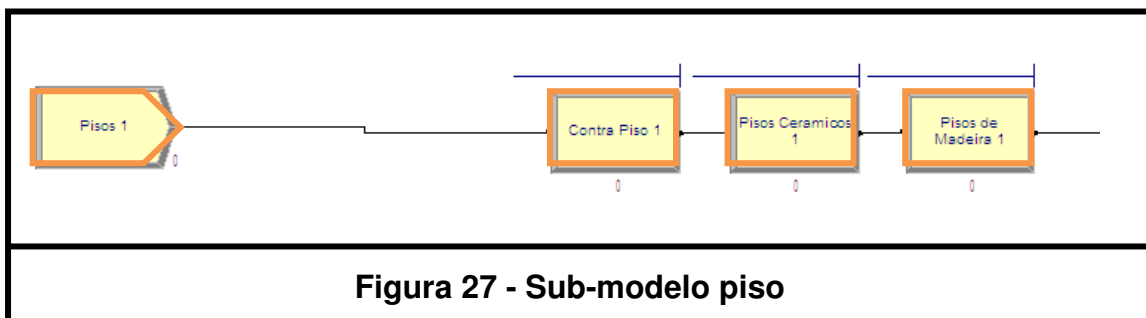
Cobertura: É a etapa que efetua a cobertura da obra, representada pela cor roxa, para iniciar a parte da estrutura de madeira é preciso que toda a etapa de fundação, estrutura e alvenaria esteja finalizada. Inicia-se pela estrutura de madeira e após o telhado, mostrado na figura 26, que modela as atividades:



- **Estrutura de madeira:** é efetuada toda a estrutura para suportar as cargas do telhado.
- **Telhado:** é a etapa que efetua a colocação das telhas finalizando a cobertura.

Sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

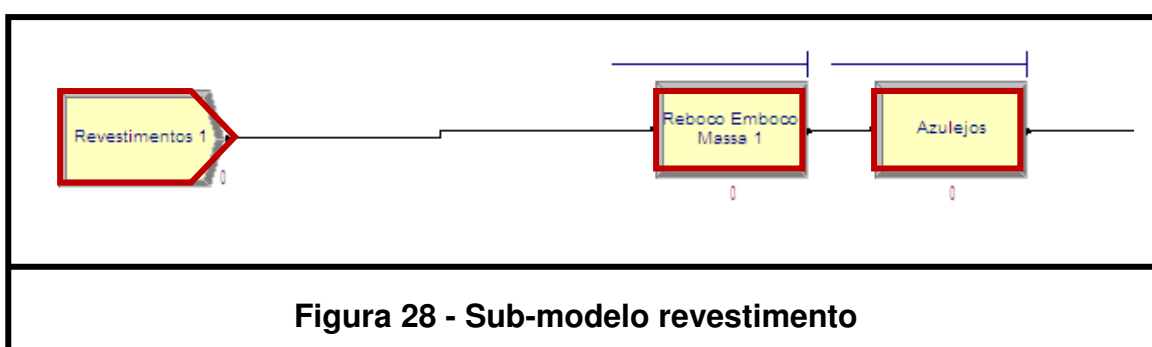
Piso: Este sub-modelo inicia-se junto com a cobertura, pois independe da mesma, essas duas etapas podem ocorrer ao mesmo tempos, o sub-modelo piso será representado pela cor alaranjado, e suas atividades estão modeladas abaixo, conforme figura 27.



- **Contra piso:** é a regularização da base para a colocação dos pisos
- **Piso de cerâmica:** é a etapa da colocação do piso de cerâmica.
- **Piso de madeira:** é a etapa da colocação do piso de madeira.

Do mesmo modo da alvenaria questão tempo varia de acordo com cada obra, sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

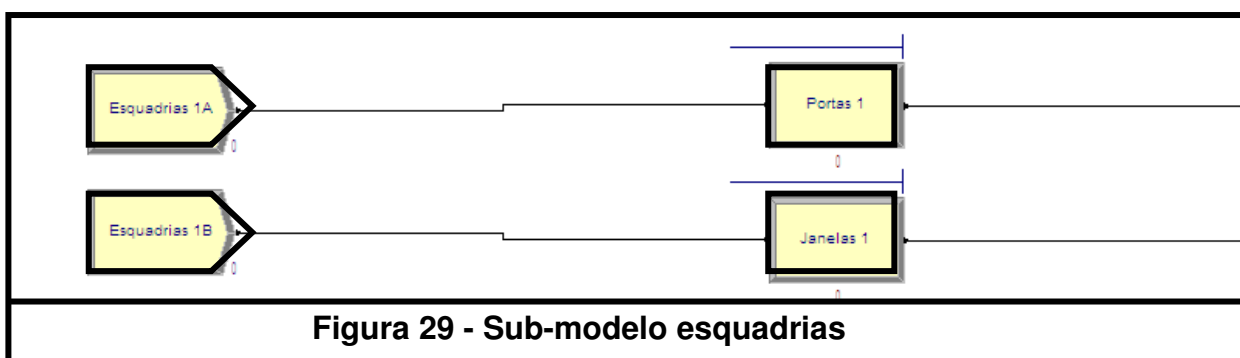
Revestimento: é a etapa que irá modular a proteção para alvenaria, representada pela cor vermelho escuro, primeiro será feito o reboco, emboço e passado a massa e em seguida colocada os azulejos nas alvenaria que necessitam, conforme figura 28, que modela as atividades:



- **Reboco/ Emboço/ Massa:** é o revestimento que irá atribuir para o acabamento de uma obra
- **Azulejos:** é o revestimento de tipo cerâmico que reveste as paredes de uma obra.

As questões tempo variam de acordo com cada obra sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

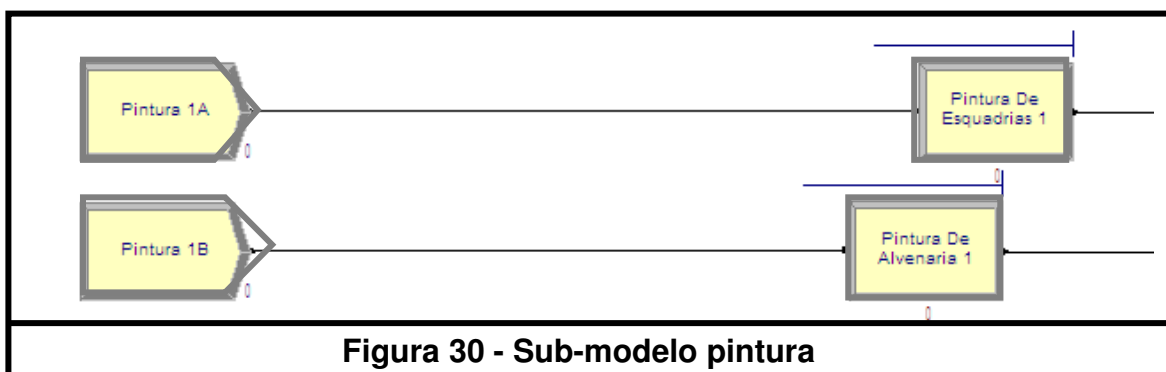
Esquadrias: é a etapa que se instala as portas e janelas, representado pela cor preta, ela está subdividida em dois sub-modelos um para as portas e outro para as janelas, pois são realizadas as atividades juntamente, como mostradas na figura 29:



- **Portas:** é um elemento de vedação, como a parede, permitindo a passagem de pessoas de um ambiente para outro
- **Janelas:** é um elemento de vedação, como a parede, porem possibilita a ventilação e insolação dos ambientes internos.

Por se tratar de um modelo paramétrico sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

Pintura: é um elemento da obra que dá proteção e acabamento tanto para alvenaria como para as esquadrias da obra, por esse motivo foi subdividida em dois sub-modelos sendo eles para pintura esquadria e outra para pintura alvenaria, representado pela cor cinza, observa-se que eles inicia-se a pintura alvenaria e logo após a pintura esquadrias e por um determinado tempo as mesmas efetuam atividades juntas como mostrado na figura 30 abaixo:



- **Pintura De Esquadrias:** é a proteção e acabamento que será dada as esquadrias
- **Pintura De Alvenaria:** é a proteção e o acabamento dada a alvenaria

A questão tempo varia de acordo com cada obra, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados

de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

6.1.4 Módulo Instalação

Esse modulo efetua-se toda a instalação hidráulica e elétrica da obra se subdividi em dois sub-modelo que são a parte da instalação hidráulica e instalação elétrica de uma obra conforme figura 31.

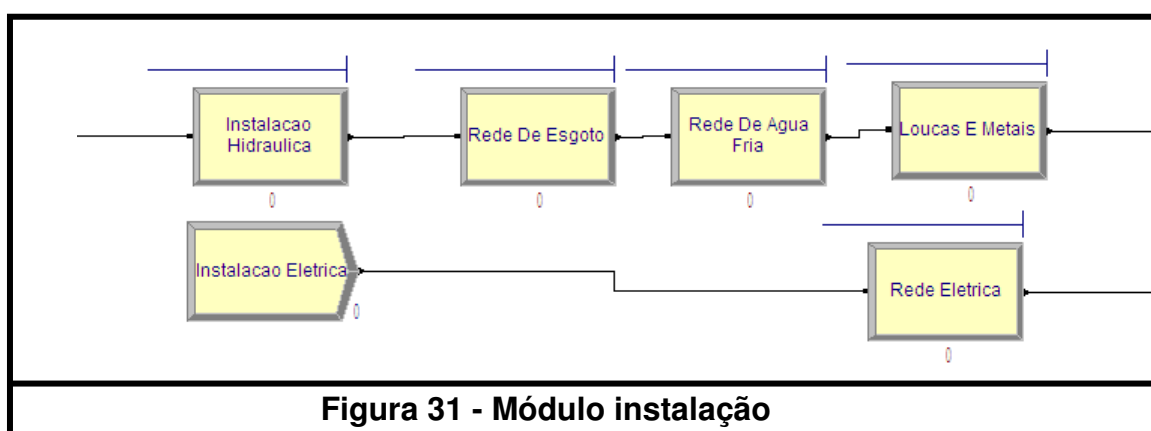


Figura 31 - Módulo instalação

BLOCO INSTALAÇÃO – Este bloco chama inicialmente a instalação hidráulica e logo após a rede de esgoto, a rede de água fria, louças e metais que inicia-se junto com a instalação da rede elétrica.

Instalação hidráulica: é a etapa que será efetuada todo o encanamento e o sistema de água da obra desde a rede de esgoto até a colocação das louças e metais.

- **Rede de esgoto:** é a rede que coleta os dejetos das casas, vindos de banheiros, lavatórios, pias e lavanderias e dar um destino final a eles.
- **Rede de água fria:** é a rede que percorrerá a água fria canalizada
- **Louças e metais:** é a colocação dos vasos sanitários, piais, torneiras etc.

Da mesma forma dos outros módulos no módulo de instalação a questão tempo variam de acordo com cada obra, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

Instalação elétrica: modula toda o sistema elétrico desde as tomadas até a ligação dos disjuntores na caixa de energia elétrica.

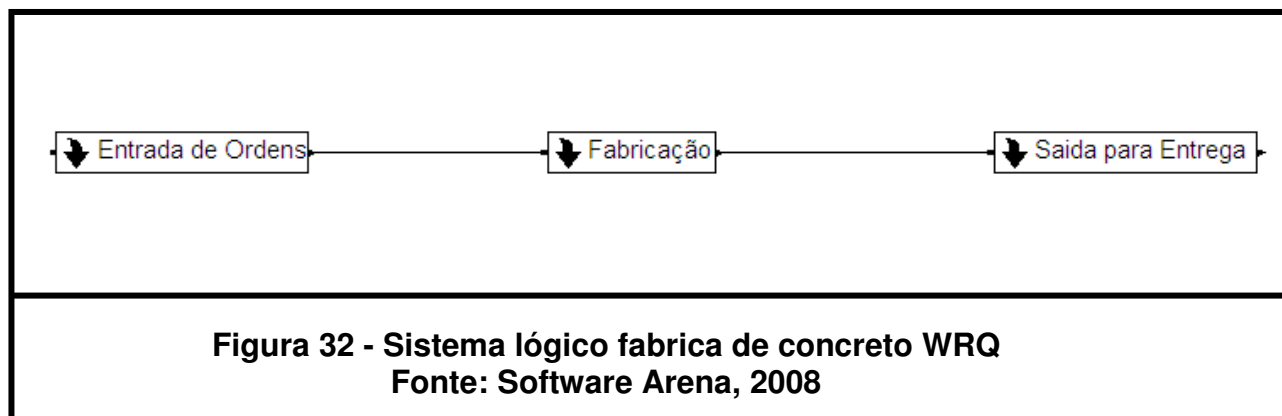
- **Rede elétrica:** é a rede que liga toda a energia elétrica na edificação

A questão tempo variam de acordo com cada obra, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

6.2 Configuração do modelo 2 – Fabrica de concreto WRQ

A partir dos moldes da configuração do modelo 1, pode-se modelar outra empresa relacionada a construção civil, uma fabrica de concreto. É possível analisar desde a entrada do pedido até sua entrega.

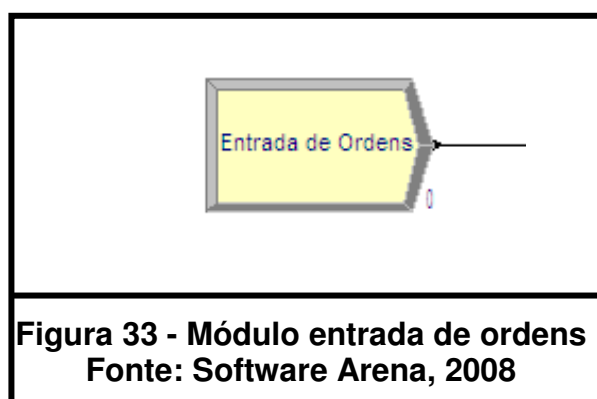
Como visto no anteriormente, com ajuda do software Arena, é proposto um modelo para análise e discussão dos resultados, inicialmente é necessário fazer um esquema lógico da empresa, conforme figura 32.



Cada módulo é constituído de outros sub-modelos, suas atividades serão detalhadas a seguir:

6.2.1 Módulo Entrada de Ordens

Esse módulo é constituído de apenas um sub-modelo, que seria a entrada de ordens conforme figura 33.

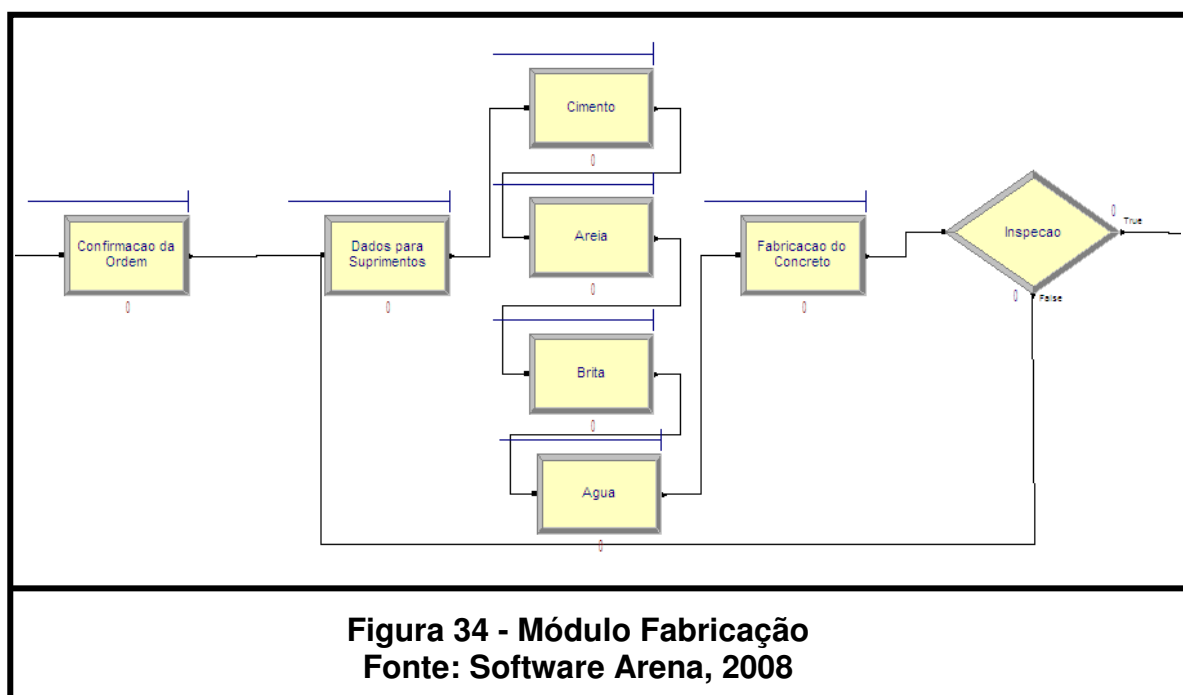


Entrada de ordens: a atividade realizada dentro desse módulo é a da chegada dos pedidos para a fabricação dos concretos, ou seja, é o primeiro contato direto entre o cliente e o fornecedor.

Como visto no modelo da construtora, o da fabrica de concreto também é um modelo paramétrico onde a questão tempo varia de acordo com cada pedido, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

6.2.2 Módulo Fabricação

Nessa etapa efetua-se a fabricação do concreto conforme o pedido. Esse módulo foi subdividido em vários sub-modelos conforme figura 34.



O módulo de fabricação segue o esquema de uma linha de montagem, seus sub-modelos serão comentados a seguir:

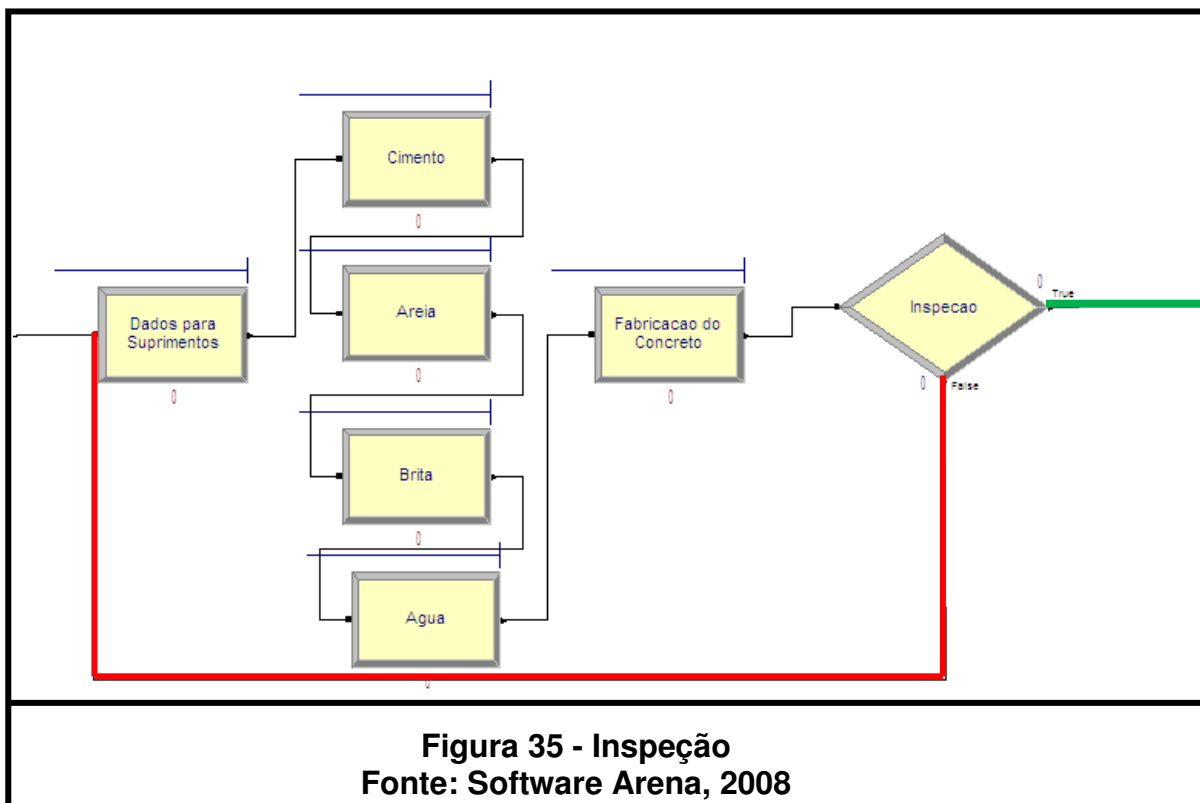
Confirmação da ordem: a atividade relacionada nesse sub-modelo é a de confirmar o pedido do cliente, configurando o mesmo no sistema interno da fábrica.

Após a confirmação das ordens as informações necessárias para a fabricação chegam até os respectivos setores, que seria: cimento, areia, brita e água.

Cimento, Areia, Brita e Água: esses são os insumos que serão utilizados para a fabricação do concreto, nessa etapa é fornecida as quantidades necessária de cada insumo e o mesmo são atribuídos para a fabricação.

Fabricação do concreto: já com todos os insumos fornecidos nessa etapa inicia-se fabricação.

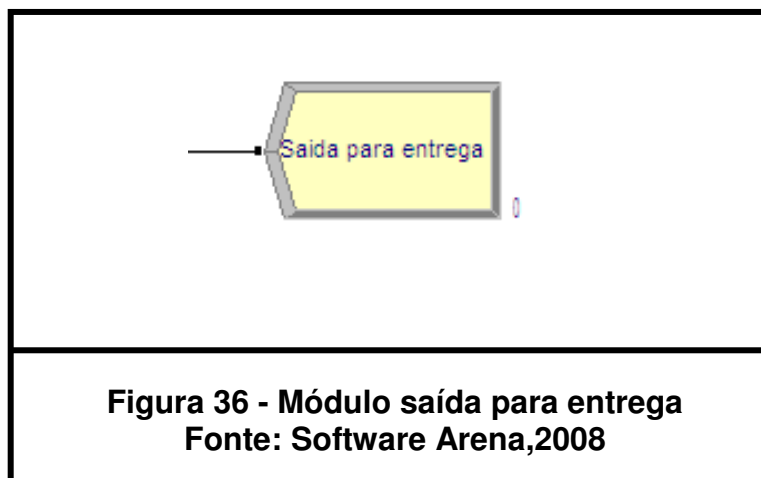
Inspeção: após a fabricação inicia-se a inspeção do concreto fabricado, têm que ser analisado todos os requisitos referentes às normas e se está de acordo com a ordem de serviço. Caso não seja aprovado pelo departamento de inspeção retorna para a confirmação da ordem novamente e suas etapas seguintes representado pela linha de cor vermelha, se aprovado segue para a entrega, representado pela linha de cor verde, conforme figura 35.



Como é um modelo paramétrico onde a questão tempo varia de acordo com cada pedido, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

6.2.3 Módulo Saída Para Entrega

Após efetuar todas as etapas o concreto está pronto para ser entregue, nesse módulo tem um único sub-modelo que é o de saída para entrega com mostra à figura 36.



Saída para entrega: nessa etapa é realizada a atividade de entrega do concreto para a obra, conforme pedido.

A questão tempo varia de acordo com cada pedido, a sua configuração pode ser definida de varias formas, o Arena permite sua configuração sendo: constante, exponencial, normal, uniforme, triangular (valor mínimo, valor mais provável e valor máximo) ou expressões. Os recursos podem ser configurados de acordo a quantidade de equipe e com a quantidade de funcionários que necessita.

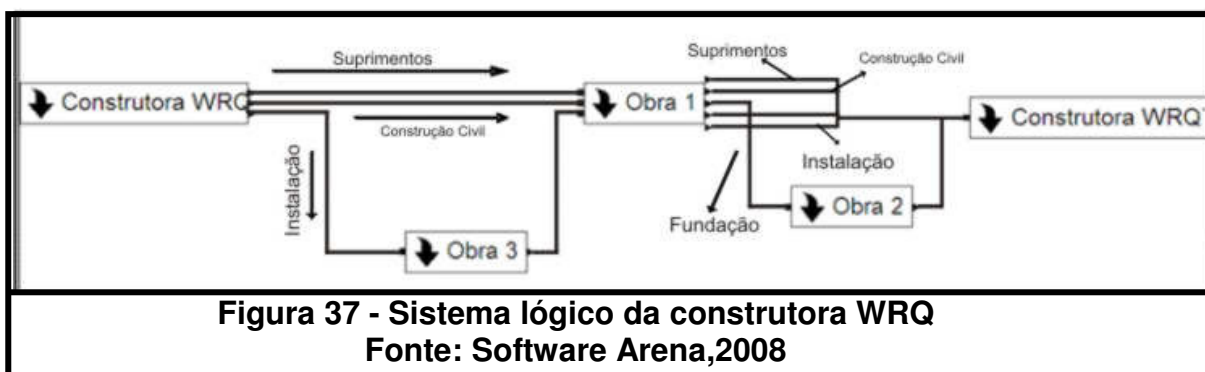
7. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Análise de Resultados da Construtora WRQ

No primeiro instante precisamos saber os serviços que serão executados em cada obra. Neste trabalho em questão, está sendo proposto um modelo de uma empresa que execute 3 obras simultaneamente. A obra 1 será modelada e simulada por inteira, desde a compra dos suprimentos até sua entrega, já nas obras 2 e 3, devido as limitações da versão do software Arena utilizada, serão simuladas apenas uma parte da obra padrão.

Desta forma a construtora denominada de WRQ irá efetuar a simulação de 3 obras sendo: a obra 1 completa, a obra 2 será apenas a execução da etapa de fundação e na obra 3 apenas a etapa de instalação elétrica.

Com base nos dados acima pré estabelecidos efetua-se um sistema lógica da construtora para atender as respectivas obras, conforme figura 37.



No esquema lógico acima apresentado, a construtora WRQ efetua a compra dos suprimentos e envia a equipe de construção civil para a obra 1 e ao mesmo tempo envia a equipe de instalação para a obra 3, assim que a mesma terminar os serviços irá direto para a obra 1. Quando equipe de

fundação terminar seus serviços na obra 1, irá para a obra 2 enquanto as outras equipes retornam para a construtora

Para composição dos dados em horas iremos adotar uma jornada de trabalho da empresa de 8 horas diárias.

E a partir dos cronogramas de obras a seguir pode-se retirar os dados para a configuração do “modelo padrão”.

CRONOGRAMA DA OBRA 1:

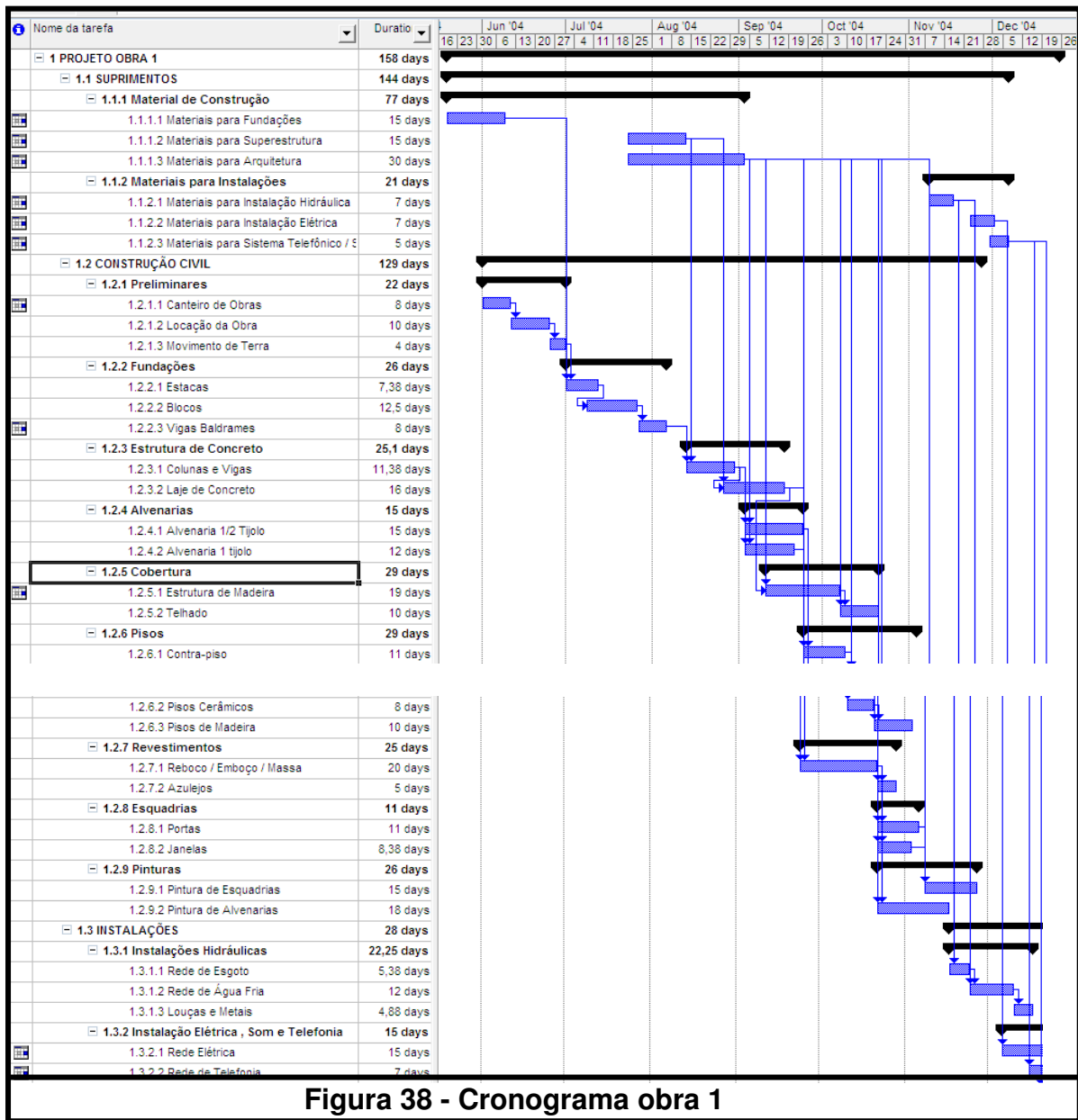


Figura 38 - Cronograma obra 1

CRONOGRAMA OBRA 2:

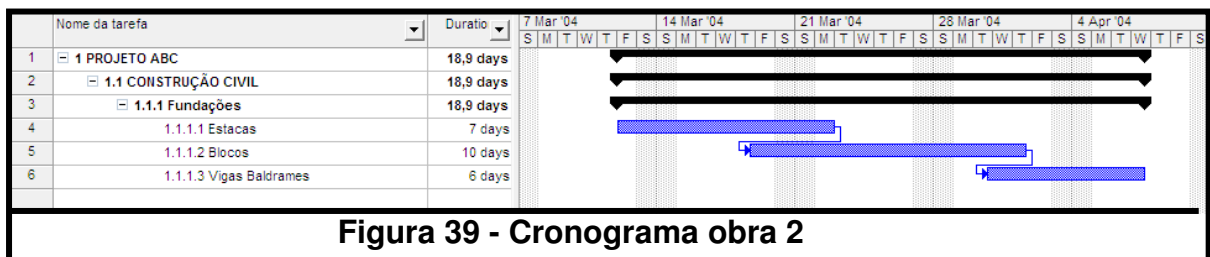
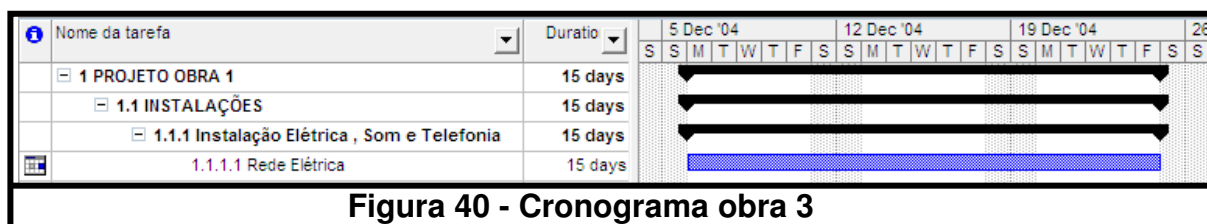


Figura 39 - Cronograma obra 2

CRONOGRAMA OBRA3:

Com os cronogramas acima podemos construir uma tabela como os dados de cada obra.

Tabela 1 - Dados obra 1

Serviços	Duração	Início
Suprimentos:	1.152 horas	
<ul style="list-style-type: none"> • Compra de material para fundação 	120 horas	Primeiro serviço da obra
<ul style="list-style-type: none"> • Compra de material para Superestrutura 	120 horas	Ocorrerá no final da construção da fundação em blocos
<ul style="list-style-type: none"> • Compra de material para arquitetura 	240 horas	Juntamente com a compra da superestrutura
<ul style="list-style-type: none"> • Compra de material para Inst. Hidráulica 	56 horas	Juntamente com a pintura da alvenaria
<ul style="list-style-type: none"> • Compra de material para Inst. Elétrica 	56 horas	Depois do termino da rede de esgoto
Construção Civil:	1.032 horas	
<ul style="list-style-type: none"> • Preliminares: 	176 horas	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Canteiro de obras 	64 horas	No meio da compra de material para fundação
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Locação da obra 	80 horas	Após o canteiro de obras
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Movimento de terra 	24 horas	Após a locação da obra
<ul style="list-style-type: none"> • Fundação: 	208 horas	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Estacas 	60 horas	Após o movimento de terra
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Blocos 	100 horas	Após as estacas
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vigas baldrames 	64 horas	Após os blocos
<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura de concreto: 	200 horas	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Colunas e vigas 	91 horas	Após as vigas baldrames
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Laje de concreto 	128 horas	No meio das colunas e vigas
<ul style="list-style-type: none"> • Alvenaria: 	120 horas	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Alvenaria ½ tijolo 	120 horas	Após a laje de concreto
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ○ Alvenaria 1 tijolo 	96 horas	24 horas após o inicio da alvenaria de ½ tijolo
<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura: 	232 horas	

Tabela 3 - Dados obra 3

Serviços	Duração	Início
Instalações:	120 horas	
• Instalação Elétrica:	120 horas	
○ Rede elétrica	120 horas	Início da obra

Após a validação dos dados e a construção do modelo pode se analisar os relatórios que o próprio software Arena fornece, porém na versão limitada não se fornece todos os relatórios e não pode salva-los e nem imprimi-los, conforme mostra a figura 41, um modelo do relatório do gargalo que se formaram durante a execução da obra.

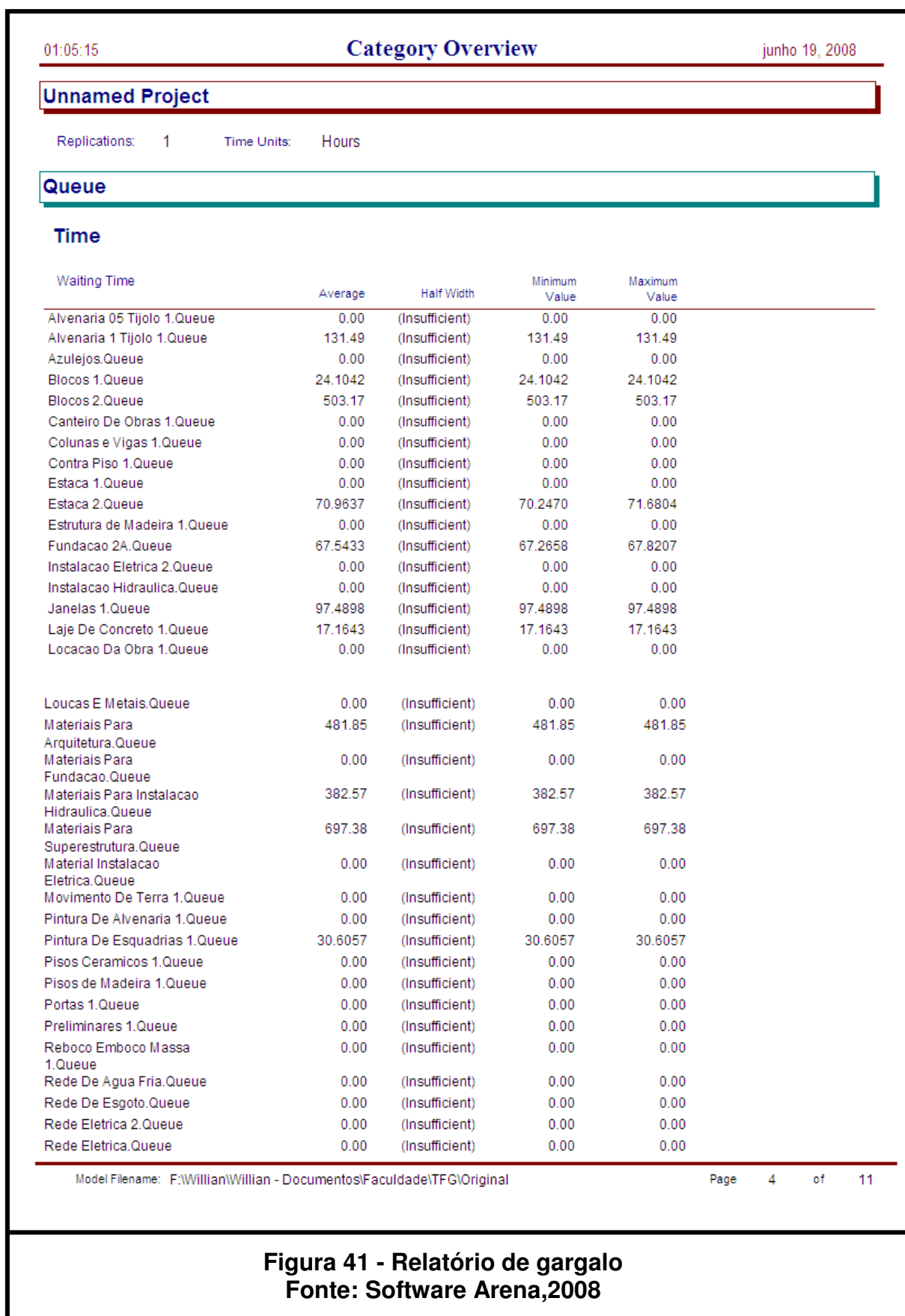
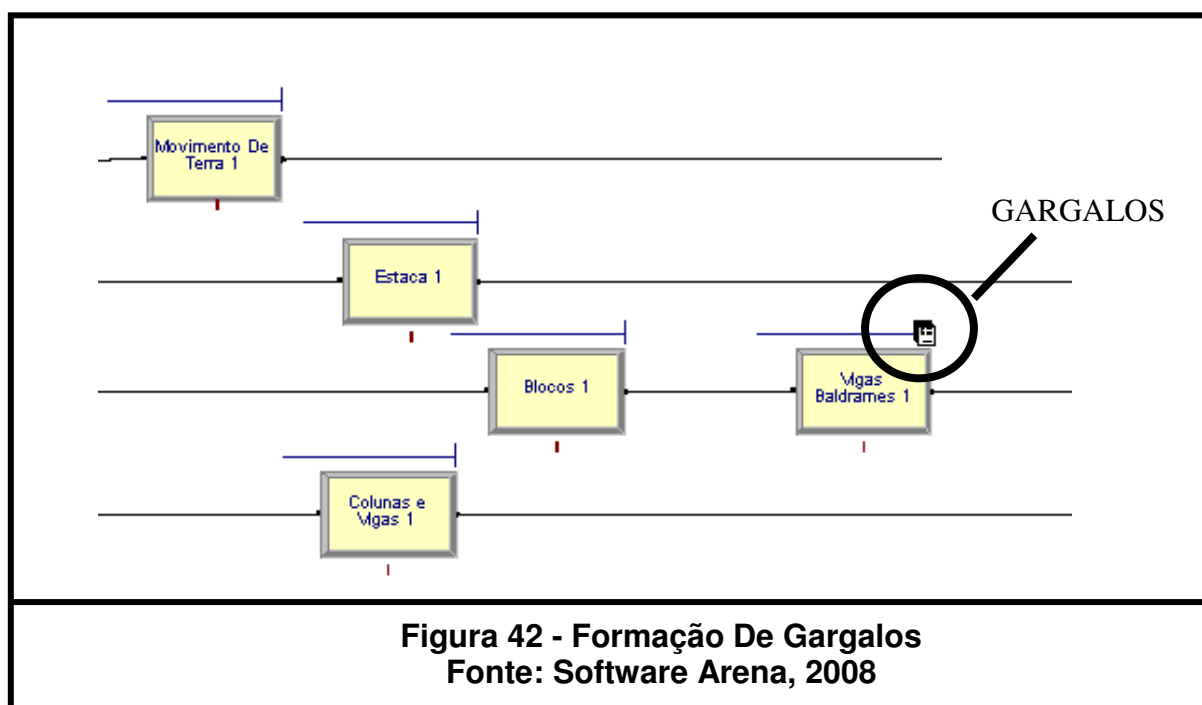


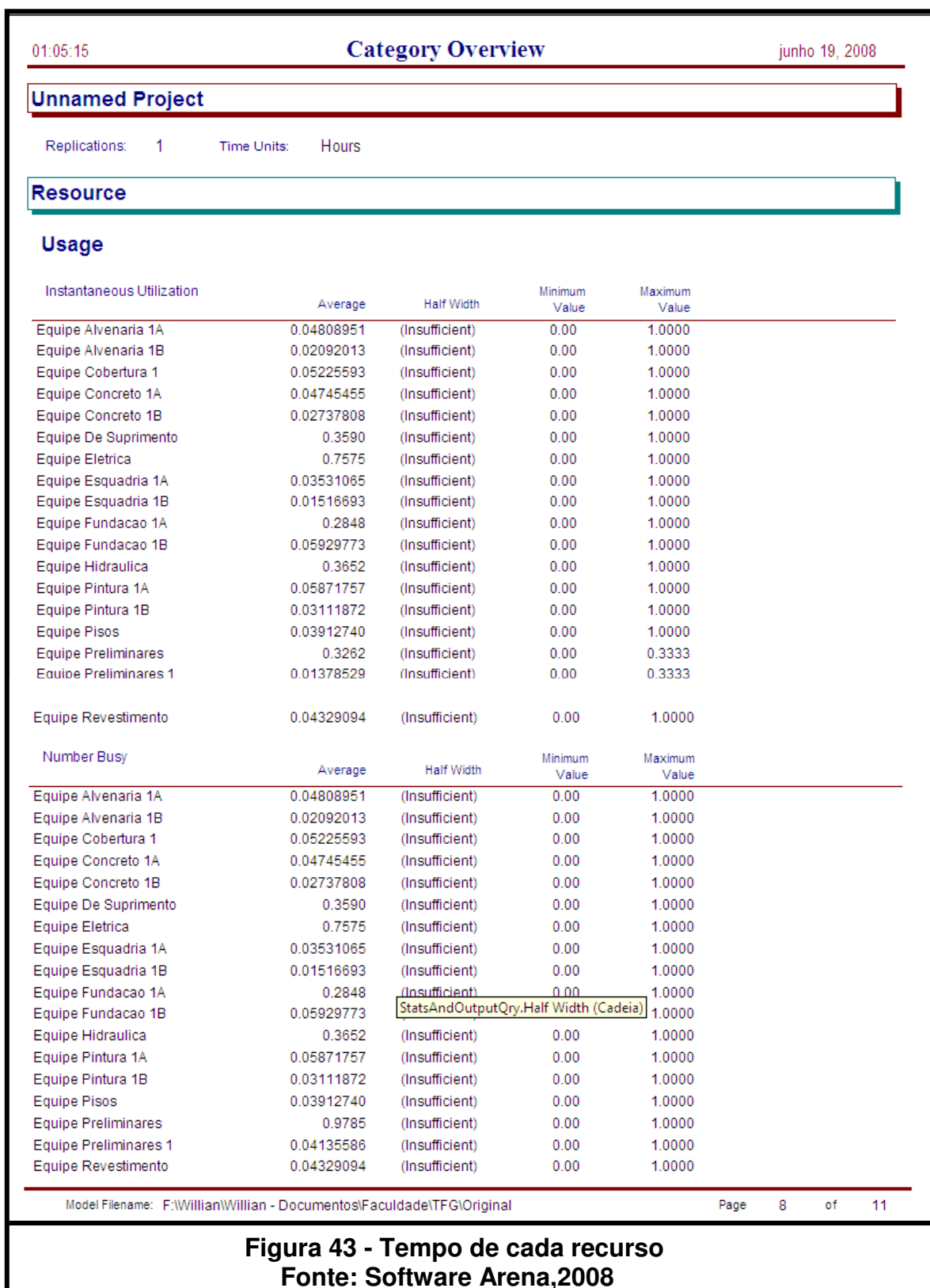
Figura 41 - Relatório de gargalo
Fonte: Software Arena,2008

Nele pode se retirar a seguinte conclusão de que há vários pontos que podem ser redefinidos para que a obra não fuja de seu cronograma, pois em determinados tempos forma-se gargalos nos seguintes sub-modelos: alvenaria 1 tijolo, blocos da obra 1 e 2, na estaca da obra 2, na fundação 2A da obra 2, na instalação das janelas da obra 1, na laje de concreto da obra 1, na compra de materiais para arquitetura, materiais para instalação, materiais superestrutura e pintura de esquadrias da obra 1, e na animação pode-se acompanhar a formação dos gargalos conforme figura 42.



A solução nesse caso seria o redimensionamento dos recursos dos módulos podendo aumentar o número das equipes num mesmo módulo ou apenas aumentando os números de funcionários em cada equipe já definida.

Outro relatório que o Arena fornece seria os tempos de cada recurso utilizados conforme a figura 43.



7.2 Análises Dos Resultados Da Fabrica de Concreto WRQ

Para configuração da simulação adotam-se os seguintes dados para configuração conforme a tabela 4.

Tabela 4 - Dados fabrica de concreto WRQ - 1° simulação

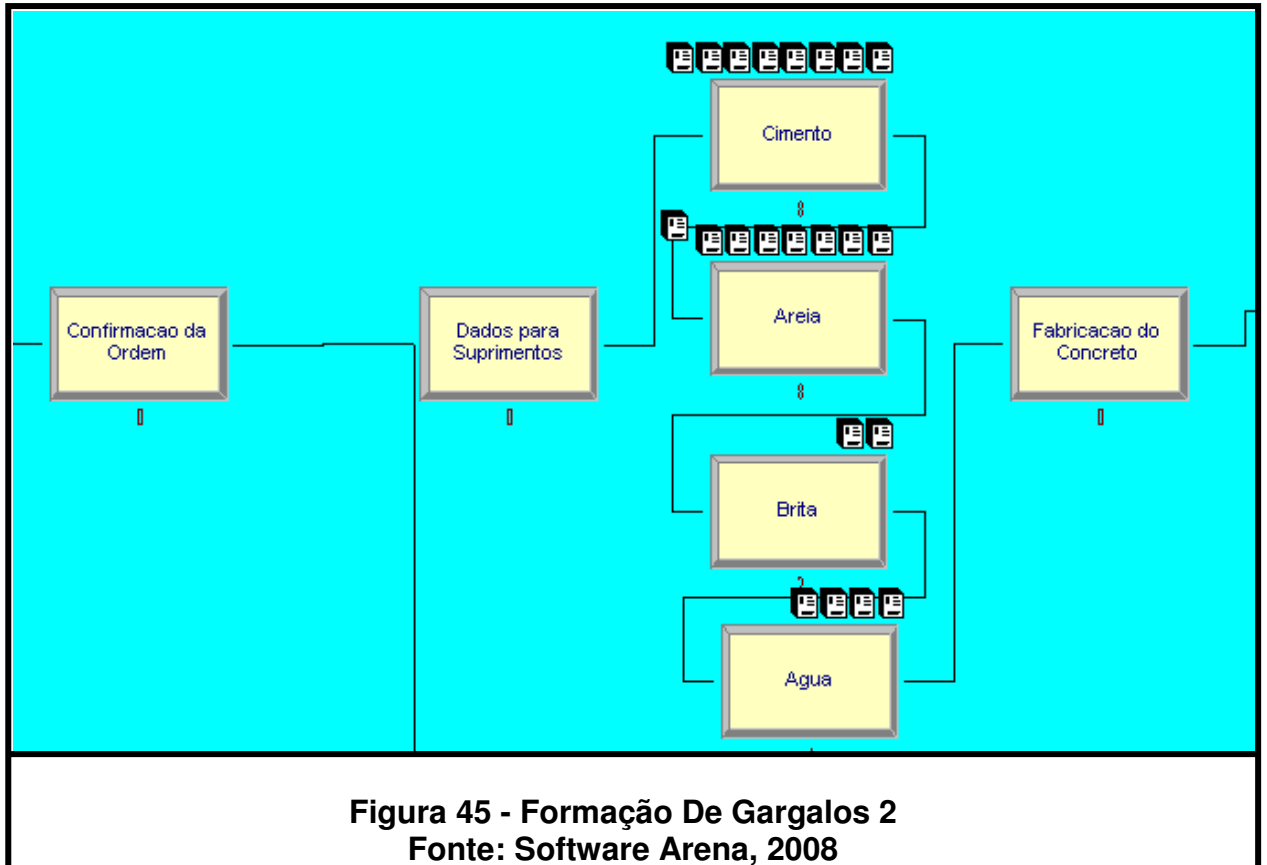
Módulo	Distribuição Probabilística	Valores	Recursos	Quantidade
Entrada de ordens	Constante	15 minutos	-	-
Confirmação de ordem	Constante	3 minutos	Operador1	1
Dados suprimentos	Constante	3 minutos	Operador2	1
Cimento	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador3	1
Areia	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador3	1
Brita	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador3	1
Água	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador3	1
Fabricação	Triangular	15/20/25 minutos	Betoneira	1
Inspeção	-	95% de aprovação		1
Saída para entrega	-	-	-	-

Com os dados validados, adotando uma configuração constantes nos módulos: de entrada de ordens (a cada 15 minutos), confirmação de ordem (3 minutos para confirmação) e dados suprimentos (3 minutos para confirmação dos dados) e utilizando 1 operador para cada módulo e foram adotados configurações triangulares com os valores de 5/7,5/10 minutos para os módulos: cimentos, areia, brita e água e sendo o mesmo operador para todos os módulos, já no módulo de fabricação foi adotado como configuração à triangular com os valores de 15/20/25 minutos e tendo apenas 1 betoneira para a fabricação.

Após a simulação podemos analisar os relatórios que a versão limitada do software Arena fornece dos gargalos da fabrica, conforme figura 44.



Pelo relatório pode-se analisar que houve gargalo nos seguintes módulos: água, areia, brita, cimento, confirmação da ordem e na fabricação do concreto. Conforme a figura 45 através da animação pode ser observa a formação dos gargalos.

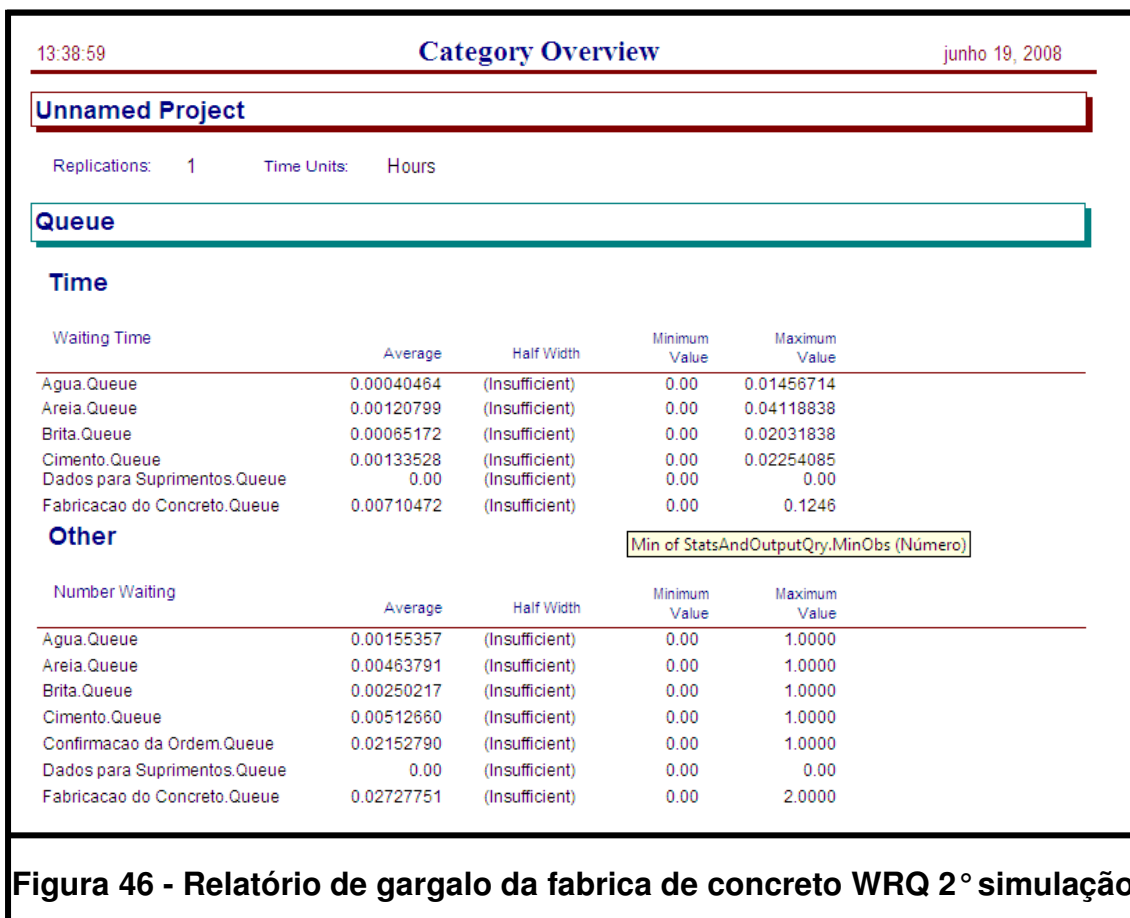


Para a solução desse problema seria aumento de equipes e de funcionários de cada módulo que obteve gargalos. Conforme a tabela 5 segue novos valores para uma 2ª simulação visando diminuir essa situação.

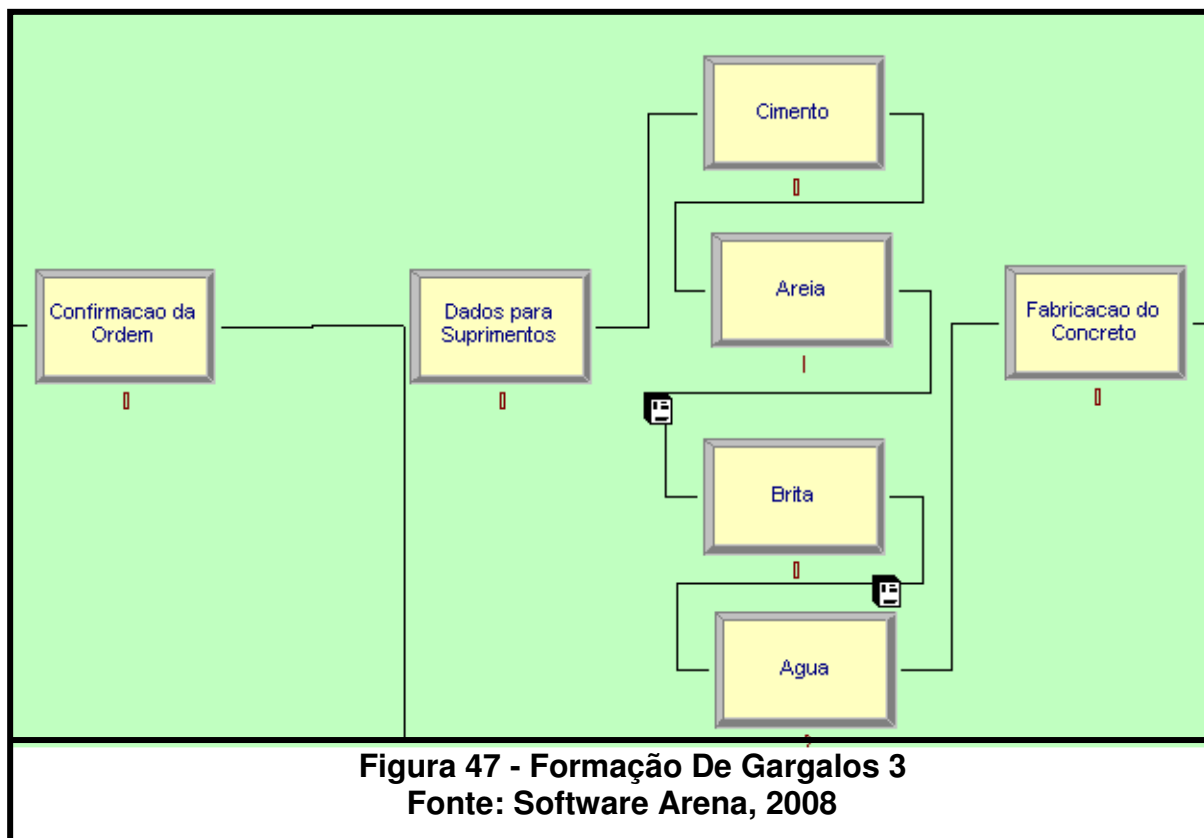
Tabela 5 - Dados fabrica de concreto WRQ - 2° simulação

Módulo	Distribuição Probabilística	Valores	Recursos	Quantidade
Entrada de ordens	Constante	15 minutos	-	-
Confirmação de ordem	Constante	3 minutos	Operador1	1
Dados suprimentos	Constante	3 minutos	Operador2	1
Cimento	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador3	2
Areia	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador4	2
Brita	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador5	2
Água	Triangular	5/7,5/10 minutos	Operador6	2
Fabricação	Triangular	15/20/25 minutos	Betoneira	3
Inspeção	-	95% de aprovação		1
Saída para entrega	-	-	-	-

Com as mesmas configurações e valores para os módulos, alterando apenas o numero de operadores nos módulos de cimento, areia, brita e água com 2 operadores cada e redimensionando o número de betoneira para 3, é possível analisar o relatório gerado pelo Arena conforme a figura 46.



Observa-se que há pequenos picos de gargalos nos seguintes módulos: água, areia, brita, cimento, e fabricação do concreto, porém são valores de espera que não interferem na fabricação, pois sua configuração é triangular nesses módulos. E pela animação observa-se que as formações de gargalos são menores, conforme figura 47.



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a modelagem e as configurações realizadas com dados que são retirados do cronograma de obras (onde encontram-se a organização e os requisitos básicos para a execução da mesma), é possível verificar que o modelo padrão proposto por ser totalmente parametrizável e modularizado conforme a necessidade da empresa e de cada obra permite que se verifique o andamento de cada uma das etapas de uma obra e onde existem ou não gargalos e limitações.

A simulação apresentada permite testar as soluções que poderiam ser tomadas para eliminar os gargalos antes de executá-las na obra, evitando desta forma suas conseqüências. No caso do modelo da fabrica de concreto pode-se executar varias soluções até chegar em um cenário onde não exista mais nenhum gargalo durante a execução.

Com o modelo proposto a empresa pode visar de uma forma adequada e inteligente a qualidade dos serviços prestados e a lucratividade da mesma

Sugestão de futuros trabalhos: validação do modelo para uma empresa, desenvolvimento de modelos para cada serviço prestado, entre outros.

9.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial- Transportes, Administração De Materiais e Distribuição Física**, São Paulo: Ed. Atlas, 1993

BAZZO, W. A.. **Introdução À Engenharia, Florianópolis**: Ed. Da UFSC, 2000

BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento Da Cadeia De Abastecimento**, São Paulo: Ed. Saraiva, 2003

CIMINIO, R. **Planejamento Para Construir**, São Paulo: Ed Pini, 1987

DIAS, M. A. P. **Administração De Materiais Uma Abordagem Logística**, São Paulo: Ed. Atlas, 1993

FILHO,P.J.F. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas Com Aplicação em Arena**, Florianópolis ; Ed Visual Books, 2001

GEHBAUER,F. **Planejamento E Gestão De Obras**,Curitiba: Ed. Cefet-Pr 2002

HARREL, C.R. **System Improvement Using Simulation**, Promodel Corporation 1992

JORDÃO, C. **Gerenciamento De Projetos: Guia Profissional Abordagem Geral e Definição De Escopo Volume I**,Rio De Janeiro : Ed. Brasport, 2006

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio De Janeiro: Ed. LTC, 1996

LOBÃO e PORTO. **Proposta para Sistematização De Estudos De Simulação**, Escola de Engenharia De São Carlos, São Carlos, 1997. Disponível em : <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T1101.PDF> . Acesso em 20 de Março de 2008

MOURA, R.A.; BANZATTO, E. **Manual de Logística. Equipamentos de Movimentação e Armazenagem**. S.Paulo, IMAM, 1998

PARAGON. Família Arena. Disponível em : <<http://www.paragon.com.br/conteudo/default.asp?ID=29>>. Acesso em : 20 de Março de 2008

PARAGON. O que é Simulação. Disponível em : <<http://www.paragon.com.br/conteudo/default.asp?ID=28>>. Acesso em : 20 de Março de 2008

PRATES, J.F.S. **Modelos E Simulação Digital**, Notas de aula 1996

SOUSA, P. T. **Logística Interna para Empresas Prestadoras De Serviço**. Disponível em : <<http://www.guiadelogistica.com.br/>> . Acesso em : 15 Março de 2008

_____. *NBR 12721: Avaliação de custo da construção*. Rio de Janeiro, 2004.