

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO – UENF  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – LEPROD

**DIOGO RODRIGUES GOMES**

**MAPEAMENTO DE PROCESSOS COMO FERRAMENTA DE  
AVALIAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO: ESTUDO DE CASO EM  
UMA EMPRESA DO PÓLO DE CERÂMICA DE CAMPOS-RJ**

Campos dos Goytacazes – RJ

Julho 2009

DIOGO RODRIGUES GOMES

**MAPEAMENTO DE PROCESSOS COMO FERRAMENTA DE  
AVALIAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO: ESTUDO DE CASO EM  
UMA EMPRESA DO PÓLO DE CERÂMICA DE CAMPOS-RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Sebastião Décio Coimbra de Souza, D.Sc.

Campos dos Goytacazes – RJ

Julho 2009

DIOGO RODRIGUES GOMES

**MAPEAMENTO DE PROCESSOS COMO FERRAMENTA DE  
AVALIAÇÃO DE PROCESSO PRODUTIVO: ESTUDO DE CASO EM  
UMA EMPRESA DO PÓLO DE CERÂMICA DE CAMPOS-RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em 10 de Julho de 2009.

Comissão Examinadora:

---

Sebastião Décio Coimbra de Souza, D.Sc. (Orientador)  
UENF – CCT – LEPROD

---

Carlos Leonardo Ramos Póvoa, D.Sc.  
UENF – CCT – LEPROD

---

Jacqueline Manhães Rangel Cortes, D.Sc.  
UENF – CCT – LEPROD

Campos dos Goytacazes – RJ

Julho 2009

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS por tudo de bom que aconteceu na minha vida até agora e que ainda com certeza irá acontecer, também por ter me dado força para superar tudo de ruim que já me aconteceu e protegendo de tudo que ainda irá acontecer.

Aos meus pais - João David Rodrigues Gomes e Neuza Gomes Rodrigues - por toda força, apoio e ensinamentos que fizeram de mim a pessoa que sou hoje. Agradeço também pela “suada mesada” que meu pai me disponibilizou para me manter na Universidade.

Minha vovó querida - Oscarina – por me amar incondicionalmente.

Aos meus irmãos - Danilo e Daniele - simplesmente por existirem e que tenhamos no futuro as recompensas por nossos esforços.

A minha namorada - Denise - por todo apoio e compreensão dos fins de semana distantes devido às provas dos períodos, por todo amor e carinho nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus companheiros de república - Aline, Hugo, Lucas, Thiago Morette, e Wellington - pelo carinho, amizade e apoio que me deram durante todo esse período que estivemos juntos. Amizade eterna.

Meus amigos pelas horas de estudo e também lazer, durante todo o tempo da Universidade. Amigos inesquecíveis.

A meu orientador – Sebastião Décio Coimbra de Souza – por todo apoio e orientação dado para a realização desse Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos professores do LEPROD por tudo que me ensinaram durante minha vida acadêmica na UENF.

Finalmente agradeço ao proprietário da empresa estudada, por ter disponibilizado sua empresa para estudo, além dos esclarecimentos prestados para o desenvolvimento desse trabalho.

**DIOGO RODRIGUES GOMES**

## RESUMO

GOMES, Diogo R. **Mapeamento de Processos como Ferramenta de Avaliação de Processo Produtivo: Estudo de Caso em uma Empresa do Pólo de Cerâmica de Campos - RJ** Projeto Conclusão de Curso, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2009.

O atual ambiente econômico de competição acirrada requer que as empresas tenham um compromisso ainda maior com a redução de custos e a eliminação de desperdícios e um maior retorno do capital investido no negócio. Sendo assim, identificar quais são os fatores, as etapas e os pontos críticos que merecem interferência direta que possibilite as melhorias mais significativas é imprescindível e muito importante. Um dos métodos que se apresentam para solução deste problema é o mapeamento do processo, que, em conjunto com a posterior modelagem e simulação computacional, são ferramentas que ajudam a melhorar processos existentes ou implantar uma configuração de melhor desempenho, com a vantagem de não necessitar de interferência direta no processo produtivo real.

Nesse sentido, o presente trabalho teve o propósito principal de realizar o mapeamento do processo de produção de uma empresa através de um estudo de caso no pólo de cerâmica vermelha de Campos (RJ), de modo identificar os pontos críticos de processo e propor melhorias. Como uma consequência natural do método adotado, avançou-se também nas etapas de modelagem e na construção de um modelo de simulação protótipo para a realização de testes na configuração básica do processo de produção da empresa.

Os resultados mostraram que o método adotado foi eficaz na identificação dos principais problemas presentes no processo produtivo, e também na identificação de possíveis melhorias que possam ser implementadas, possibilitando ainda a criação do modelo de simulação protótipo para a realização de testes. Futuros trabalhos nessa linha são promissores.

Palavras chaves: Setor ceramista, Processo Produtivo, Mapeamento de processos, Modelo de Simulação.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos Gerais.....	3
1.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Justificativas.....	4
1.4 Limitações do Trabalho.....	4
1.5 Estrutura do Trabalho.....	4
1.6 Metodologia de Pesquisa.....	5
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>8</b>
<b>O CENÁRIO DO SETOR CERAMISTA NO BRASIL E NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE.....</b>	<b>8</b>
2.1 O Setor Ceramista no Brasil.....	8
2.2 O Setor Ceramista na Região Norte Fluminense.....	9
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>13</b>
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
3.1 Mapeamento de Processos.....	13
3.1.1 Mapa de Processos.....	17
3.1.2 Outros Métodos de Mapeamento e Modelagem de Processos.....	18
3.1.2.1 Mapofluxograma.....	18
3.1.2.2 DFD – Diagrama de Fluxo de Dados.....	19
3.1.2.3 Fluxograma.....	19
3.1.2.4 <i>Service Blueprint</i> .....	20
3.1.2.5 UML – Linguagem Unificada de Modelagem.....	21
3.1.2.6 IDEF3 – Método de Captura da Descrição do Processo.....	22
3.2 Simulação Computacional.....	23

3.2.1 Importância da Simulação Computacional.....	23
3.2.2 Aplicações da Simulação Computacional.....	24
3.2.3 Princípios da Construção de um Modelo de Simulação Computacional.....	25
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>27</b>
<b>ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA DO PÓLO DE CERÂMICA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ.....</b>	<b>27</b>
4.1 Histórico.....	27
4.2 A Empresa.....	28
4.2.1 Processo Produtivo.....	28
4.2.2 Mapa de Processos e Matriz Atividades x Recursos.....	39
4.3 Análise e Sugestões de Mudanças no Processo Produtivo.....	41
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Nº de empregos gerados nos segmentos do Setor Ceramista.....2



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distâncias percorridas da etapa de corte até os galpões de secagem (GS).....	34
Tabela 2 – Distâncias percorridas dos Galpões de Secagem (GS) p/ os Fornos de Queima (FQ).....	36
Tabela 3 – Distâncias percorridas dos Fornos de Queima (FQ) p/ os Galpões de Estocagem (GE).....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de fluxograma.....	20
Figura 2 – Exemplo de <i>service blueprint</i> para o processo de entrega de refeições..	21
Figura 3 – Caixões dosadores da empresa estudada.....	28
Figura 4 – Esteira transporte de matéria-prima dos caixões dosadores para o desintegrador.....	29
Figura 5 – Desintegrador.....	29
Figura 6 – Processo de mistura.....	30
Figura 7 – Destaque para o misturador logo após o desintegrador.....	30
Figura 8 – Esteira transporte mistura para laminação.....	30
Figura 9 – Processo de laminação.....	31
Figura 10 – Esteira Transporte laminador para extrusora.....	31
Figura 11- Processo Extrusão.....	32
Figura 12 – Detalhe da massa sendo empurrada para a câmara de vácuo.....	32
Figura 13 – Detalhe da boquilha.....	32
Figura 14 – Processo de Corte.....	33
Figura 15 – Carrinho manual transporte de tijolos.....	33
Figura 16 – Transporte por trator.....	33
Figura 17 – Galpão de Secagem A.....	33
Figura 18 – Galpão de Secagem B.....	33
Figura 19 – Fluxo tijolo maciço etapa de corte p/ galpões de secagem (GS).....	34
Figura 20 – Fluxo tijolos maciços dos Galpões de Secagem (GS) para os Fornos de Queima (FQ).....	35
Figura 21 - Detalhes dos termopares e o indicador de temperatura.....	36
Figura 22 – Forno Abóboda.....	37
Figura 23 – Forno Caieira.....	37
Figura 24 – Estoque A tijolos maciços.....	37
Figura 25 – Estoque B de tijolos maciços.....	37
Figura 26 – Detalhe caminhão disponível para entregas na cidade de Campos.....	38

Figura 27 – Fluxo de tijolos maciços dos Fornos de Queima (FQ) para os Galpões de Estocagem (GE).....	38
Figura 28 – Fluxograma do mapa de processo da empresa estudada.....	40
Figura 29 – Alagamento da área dos caixões dosadores.....	42
Figura 30 – Alagamento da área dos caixões dosadores.....	42
Figura 31 – Detalhe do desperdício de matéria-prima na mistura.....	43
Figura 32 – Desperdício de matéria-prima na mistura.....	43
Figura 33 – Detalhe matéria-prima extrudada com problemas.....	44
Figura 34 – Detalhe tijolos maciços cortados com problemas.....	44

## LISTA DE QUADROS

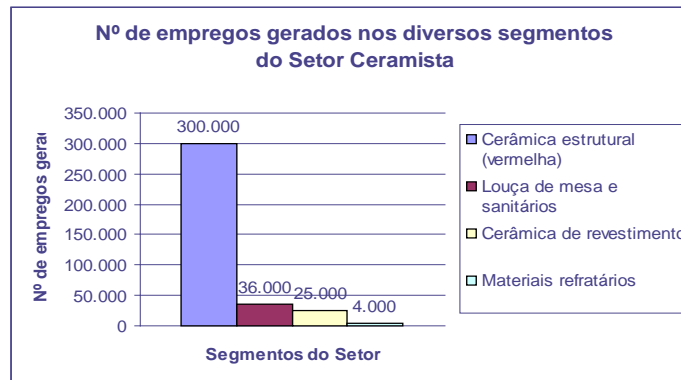
Quadro 1 – Símbolos padrões ASME para fluxogramas de processos.....	18
Quadro 2 – Simbologia do método DFD.....	19
Quadro 3 – Exemplos de sistemas e componentes no modelo de simulação.....	26
Quadro 4 – Matriz atividades x recursos.....	41
Quadro 5 – Principais problemas identificados e sugestões de melhoria.....	46

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

O atual ambiente econômico de competitividade, advindo, sobretudo da globalização econômica, determina que as empresas tenham um compromisso ainda maior com o contínuo aperfeiçoamento de seus produtos e processos visando à eliminação de desperdícios. As empresas menos eficientes acabam perdendo competitividade, devido ao grande número de opções de oferta proporcionada pela queda das barreiras alfandegárias e a abertura do mercado (PENEDO, 2000 *apud* CORREIA et. al., 2002).

A indústria de cerâmica no Brasil responde por cerca de 1% do PIB – Produto Interno Bruto. O setor de cerâmica estrutural (vermelha) movimenta ao redor de 60.000.000 toneladas de matéria-prima por ano tendo 11.000 unidades produtoras e gerando cerca de 300.000 empregos. O setor de cerâmica de revestimentos teve em 1998 uma produção de 400.700.000 m<sup>2</sup>/ano em 121 fábricas gerando 25.000 empregos. O setor de materiais refratários teve uma produção de 420.000 toneladas em 114 empresas que geram 4.000 empregos. As indústrias de louça de mesa e louça sanitária geram juntas cerca de 36.000 empregos tendo uma produção estimada em US\$ 340.000.000, (BUSTAMANTE & BRESSIANI, 2000).



**Gráfico 1 - Nº de empregos gerados nos segmentos do Setor Ceramista**

**Fonte: Adaptado BUSTAMANTE & BRESSIANI (2000)**

No Estado do Rio de Janeiro, existem vários Pólos ceramistas, sendo os mais importantes, os Pólos ceramistas de Campos dos Goytacazes, o de Itaboraí entre outros. A produção se concentra no segmento de cerâmica estrutural (vermelha).

Segundo o Sindicato dos Ceramistas de Campos, o setor conta atualmente com 78 empresas sindicalizadas. Porém estima-se que existam cerca de 40 outras empresas não sindicalizadas, totalizando aproximadamente cerca de 120 empresas, em sua maioria localizadas na baixada campista (SOUZA, 2003; MACHADO, 2008).

Ramos *et.al.*,(2006), citando o Sindicato dos Ceramistas de Campos diz que indústrias cerâmicas de Campos geram cerca de R\$ 168 milhões por ano, com uma produção estimada de 75 milhões de peças por mês, com produção baseada em lajotas para lajes, tijolos e telhas.

A partir da tese de doutorado de Souza (2003), na qual, o autor propôs uma metodologia de análise da dinâmica competitiva em arranjos produtivos locais (APLs) através de uma abordagem evolucionária, utilizando o pólo de cerâmica do Norte Fluminense como estudo de caso, diversas pesquisas foram desenvolvidas com tal perspectiva (Ver, p. ex., SOUZA *et.al.*, 2006, MACHADO, 2008, MACHADO & SOUZA, 2008). A metodologia proposta envolve identificar e caracterizar padrões competitivos em três grupos distintos, e classificar as empresas de acordo com tais padrões.

Nesse sentido, o mapeamento do processo pode contribuir como ferramenta consistente para identificação e caracterização dos padrões competitivos das empresas. Portanto, este trabalho se insere também na linha de pesquisa mencionada acima.

Para o pólo ceramista de Campos dos Goytacazes, a adoção de métodos de avaliação dos processos produtivos das empresas é muito importante, pois ainda hoje, muitas empresas possuem uma administração familiar e não possuem conhecimentos sobre ferramentas que poderiam auxiliar na implementação de melhoria de produtos e processos. Neste contexto, o mapeamento de processos se torna uma ferramenta extremamente reconhecida pelo importante papel que pode desempenhar, pois ajuda a entender as dimensões estruturais do fluxo de trabalho, para que sejam feitas as avaliações de desempenho e dar direções para um programa de reprojeto das atividades (CORREIA *et al.*,2002).

Mapear ajuda a identificar fontes de desperdício, fornecendo uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura e serviços, tornando as decisões de fluxo visíveis, de modo com que possa discuti-las, agregando conceitos e técnicas enxutas, formando a base para um plano de implementação e mostrando a relação entre fluxo de informações e o fluxo de matérias.

Portanto, esse Trabalho de Conclusão de Curso teve como propósito básico realizar o mapeamento do processo de uma unidade fabril do setor ceramista e, a partir deste, criar um modelo protótipo de simulação de configurações típicas da produção.

### **1.1 Objetivos Gerais**

Realizar o mapeamento do processo produtivo de uma empresa representante de um dos 3(três) grupos de padrões competitivos identificados em Souza (2003) nesta linha de pesquisa, buscando sua conjugação com as ferramentas de modelagem e simulação computacional como método de análise dos padrões operacionais do processo de modo a permitir identificar pontos críticos.

### **1.2 Objetivos específicos**

Esse trabalho de conclusão de curso, dentro dos objetivos da pesquisa, teve o objetivo específico de realizar a avaliação do processo produtivo através do método de mapeamento de processos, de uma empresa ceramista estratificada no grupo das mais avançadas, utilizar técnicas de modelagem e elaborar um protótipo de modelo de simulação, que com os devidos aperfeiçoamentos, possa ser usado em futuras pesquisas.

### **1.3 Justificativas**

A motivação principal desse Trabalho de Conclusão de Curso surgiu do interesse de buscar possíveis melhorias que possam ser implementadas em unidades produtivas do setor ceramista, setor este muito importante, econômica e socialmente para a região Norte Fluminense.

### **1.4 Limitações do Trabalho**

Este trabalho limita-se na aplicação de uma ferramenta de mapeamento de processos em uma empresa representante do grupo das “mais avançadas”, buscando identificar padrões de desempenho da empresa. Como o foco principal do trabalho foi o mapeamento do processo, devido às dificuldades enfrentadas na coleta de dados *in loco* na empresa, aperfeiçoamentos serão necessários na modelagem e no modelo de simulação computacional protótipo que são apresentados aqui apenas como uma consequência natural do trabalho e demonstrar a seqüência do trabalho para futuras pesquisas.

Devido às variações sazonais na produção, para a coleta de dados do processo produtivo de uma empresa o ideal seria obter dados de cada etapa em diferentes períodos do dia, da semana, do mês, e do ano, de modo a incorporar as sazonalidades, o que não foi possível realizar. Nesse caso, as visitas para coleta de dados se concentraram em um único período do ano e na maior parte, foram realizadas no mesmo dia da semana e no mesmo turno do dia.

O método de coleta de tempos de processamento nas etapas do processo produtivo adotado exigiu que fossem feitas aproximações nos dados de entrada utilizados, que acrescentaram uma incerteza a mais no modelo.

### **1.5 Estrutura do Trabalho**

Além dos tópicos anteriores, a estrutura do trabalho compreende os seguintes capítulos e respectivos conteúdos:

No segundo capítulo é apresentado o cenário do setor ceramista no Brasil e na região Norte Fluminense.

No terceiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica sobre mapeamento de processos, além dos conceitos e ferramentas para criação de um



protótipo de modelo de simulação, destacando a importância dessas ferramentas para a tomada de decisões.

No quarto capítulo é apresentado o estudo de caso, em que foi aplicada a ferramenta de mapeamento, com a análise dos resultados e de melhorias a serem implementadas.

No quinto capítulo são apresentadas às conclusões deste trabalho, e em seguida, as referências bibliográficas.

## **1.6 Metodologia de Pesquisa**

A pesquisa científica utiliza o método científico para procurar a compreensão, explicação, previsão, manipulação, e controle de fenômenos naturais e artificiais. Segundo Gay e Diebl (1992 *apud* KINTSCHNER, 2003) os métodos científicos podem ser classificados em cinco tipos básicos: histórico, descritivo, de correlação, de comparação e experimentação.

A pesquisa no método histórico envolve compreensão e explicação de eventos passados. Busca estabelecer entre causa e efeitos, e visa entender situações presentes e fazer projeções sobre situações futuras por Kintschner, (2003).

No método descritivo, a pesquisa apóia-se na obtenção de dados para testar hipóteses ou responder questões referentes a eventos atuais. No método de correlação, a pesquisa visa estabelecer a correlação entre duas, ou mais, variáveis do problema que podem ser quantificadas Kintschner (2003).

A pesquisa no método de comparação consiste em estabelecer relação de causa e efeito de eventos dentro de um grupo, comparando o comportamento de dois grupos diferentes que participam dos mesmos eventos Kintschner (2003).

No método de experimentação, a pesquisa envolve a manipulação e controle, por parte do pesquisador, pelo menos uma das variáveis independentes (causa). Esse método, segundo Gay e Diebl (1992 *apud* KINTSCHNER, 2003) permite estabelecer com mais precisão as relações de causa e efeito do que nos métodos anteriores devido à manipulação da causa.

O método de experimentação pode ser direto ou indireto, na experimentação direta o objeto de estudo é submetido diretamente à

manipulação e os resultados são observados. Na experimentação indireta caracteriza simulação, e substitui a experimentação direta nos casos impossíveis ou inconvenientes. Segundo Bresciani (2001 *apud* KINTSCHNER, 2003) não existe uma teoria para a seleção do melhor modelo de simulação de um sistema, sendo o processo de seleção uma atividade baseada na experiência, intuição e capacidade de julgamento do autor.

Neste trabalho foram realizadas as seguintes etapas e adotados os seguintes métodos: Inicialmente foi feito um estudo teórico dos métodos e ferramentas de mapeamento de processos que poderiam ser utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

Foi escolhida a empresa que seria base para o estudo de caso, utilizando os critérios da empresa ter sido estratificada no grupo das “mais avançadas” nos trabalhos anteriores, além da disponibilidade do proprietário em permitir que fosse feito o estudo.

Escolhidos o método que foi utilizado na realização do mapeamento de processos além da empresa alvo do estudo, iniciou-se a análise visual do processo produtivo, buscando classificar as etapas do processo produtivo em 5 (cinco) categorias, operação, transporte, inspeção, espera e estoque, e identificar as que apresentavam pontos críticos em relação a desperdícios de matéria-prima, retrabalhos, desperdícios de recursos como o tempo de funcionários utilizados em atividades não produtivas, entre outros fatores que afetam custo e qualidade do produto.

Para a coleta dos tempos de processamento das entidades<sup>1</sup> em cada etapa do processo produtivo, o procedimento adotado foi à utilização de um recipiente que comportasse a quantidade padrão de matéria-prima utilizada para a produção de um tijolo maciço (dois quilogramas) posicionado na saída de cada etapa, cronometrando-se o tempo para o total preenchimento do recipiente.

As distâncias em que as entidades são deslocadas entre as etapas do processo produtivo foram coletadas com auxílio de uma trena e os tempos desses deslocamentos foram cronometrados.

---

<sup>1</sup> Matéria-prima necessária para a produção 1(um) tijolo maciço (2 kg).

Nas etapas do processo produtivo, onde existia mais de uma opção para deslocamento, o tempo de deslocamento adotado foi à média dos tempos de deslocamentos para esses diferentes pontos.

A partir desse trabalho inicial, foram elaboradas a carta do processo e a matriz recursos x atividades, que permitiram a identificação dos problemas críticos do processo produtivo. As propostas de melhoria foram discutidas com o proprietário da empresa no sentido de analisar a viabilidade de serem adotadas.

Como resultado natural do trabalho, foi proposto um modelo de simulação protótipo, que com os devidos aperfeiçoamentos, poderá vir a ser usado em trabalhos futuros.

## **CAPÍTULO 2**

### **O CENÁRIO DO SETOR CERAMISTA NO BRASIL E NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

Neste segundo capítulo, é apresentado o cenário atual do setor ceramista no Brasil e na região Norte Fluminense, tendo como base de consulta, artigos, sindicatos teses defendidas e sites de pesquisa na internet.

#### **2.1 O Setor Ceramista no Brasil**

Há uma grande concentração de indústrias de todos os segmentos cerâmicos nas Regiões Sul e Sudeste, já que estas apresentam melhor infra-estrutura, maior atividade industrial, melhor distribuição de renda, além de facilidades de matérias-primas, centros de pesquisas, universidades, entre outros. No entanto outras regiões também merecem atenção, como por exemplo, a Região Nordeste, onde se observa uma situação de desenvolvimento com a instalação de fabricas de diversos setores e com crescente mercado turístico, contribuindo para o aumento da demanda do setor cerâmico por ABCERAM (2002).

O valor anual da produção cerâmica brasileira, de acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), é da ordem de US\$ 6 bilhões, dos quais US\$ 750 milhões referem-se ao consumo de matérias-primas naturais.

Segundo Motta et al., (2001) , a industria de cerâmica no Brasil, que inclui os setores de cerâmica vermelha, cerâmica branca e revestimentos, fatura em média

cerca de US\$ 5 bilhões por ano, o que equivale a aproximadamente 1% do Produto Interno Bruto (PIB) do país.

Segundo Bustamante & Bressiani (2000) estima-se que o segmento de cerâmica vermelha responda por um faturamento de US\$ 2,5 bilhões e empregue um total de 300.000 trabalhadores. Esse segmento conta com cerca de 11.000 empresas de pequeno porte distribuídas pelo país, sobressaindo, como os principais produtores, os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Bahia.

O segmento da cerâmica de revestimentos é um dos mais importantes do setor ceramistas e atingiu em 1998 a cifra de US\$ 1,7 bilhão, é tem apresentado crescente desempenho tecnológico. O Brasil ocupa a posição de quarto produtor mundial de revestimento cerâmico, sendo o segmento de revestimento cerâmico integrado por 121 unidades industriais gerando 25.000 empregos diretos.

A indústria de louça sanitária, de acordo com a ABC, conta no país com nove empresas, responsáveis por 16 fábricas que geram 6.000 empregos direto com um faturamento em 1999 de US\$ 200 milhões.

O segmento de matérias refratários possui cerca de 114 empresas, sendo que 44 são fabricantes e o restante são distribuidoras ou representantes. De acordo com a ABC, em 1998, as exportações alcançaram US\$ 38 milhões, enquanto as importações alcançaram US\$ 23 milhões, permitindo a obtenção de um pequeno superávit na balança comercial.

## **2.20 Setor Ceramista na Região Norte Fluminense**

No Estado do Rio de Janeiro, destacam-se os pólos ceramistas de Campos dos Goytacazes, o de Itaboraí/Rio Bonito, o de Nova Iguaçu e o pólo do Médio Vale do Paraíba/Três Rios por Hollanda & Vieira (2002 *apud* SOUZA, 2003).

O pólo de produção de Campos dos Goytacazes é o que concentra o maior número de empresas e é o de maior produção no Estado sendo o segundo maior produtor de tijolos do Brasil, com produção mensal estimada em 90 milhões de peças gerando uma receita anual de cerca de R\$ 168 milhões segundo Ramos *et.al.*,(2003).

Já Vieira *et.al.* (2006) diz que segundo o Sindicato dos Ceramistas de Campos são mais de 100 empresas sindicalizadas, gerando cerca de R\$ 168 milhões por ano, com uma produção estimada de 75 milhões de peças por mês com uma produção baseada em lajotas para lajes, tijolos e telhas.

Segundo Machado & Souza (2008), na região o setor ceramista além de uma importante fonte geradora de receita tributária, contribui para a geração de um expressivo número de postos de trabalho no município, estimado pelo sindicato em torno de 5.000 empregos diretos e 25.000 empregos indiretos. Grande parte da mão-de-obra é proveniente do setor da cana-de-açúcar, especialmente na entressafra. Neste sentido o setor representa importante papel regulador do mercado de trabalho local.

A produção ceramista da região Norte Fluminense baseia-se quase que exclusivamente em produtos da cerâmica vermelha, devido a esse fator abaixo serão apresentadas as etapas básicas do processo produtivo da cerâmica vermelha.

Segundo Souza (2003) de forma genérica, na produção de cerâmicas, existem fases comuns para todos os tipos de produtos, que vão desde a retirada da argila nos barreiros, seu transporte para as olarias, moldagem e secagem dos produtos, até a queima nos fornos, sendo esta última fase a que requer melhor conhecimento e habilidade, pois pode comprometer todas as etapas anteriores. Todas estas fases duram em média, de 8 a 14 dias, pois há uma significativa variação de acordo com a época do ano, ocorrendo com que no período de chuvas a secagem seja mais demorada, até duas vezes mais que no verão.

Abaixo as etapas da produção:

Extração da argila: É realizada a céu aberto, geralmente com a utilização de uma máquina do tipo retroescavadeira ou outra máquina semelhante. Normalmente, a jazida se encontra próximo à empresa e é transportada por caminhões.

Estoque de matéria-prima: Feita em céu aberto, ou em silos cobertos, conforme as características do material e o produto a ser produzido.

Dosagem: Normalmente as unidades possuem dois caixões dosadores, um destinado a matéria-prima com menor concentração de argila e outro destinado a uma matéria-prima com maior concentração de areia.

**Desintegrador:** Localizado após a dosagem, este equipamento, através de movimentos circulares, permite a quebra dos torrões e a homogeneização da massa em pedaços menores.

**Mistura:** Nesta fase é adicionado água às matérias-primas desintegradas para se obter as características de plasticidade e homogeneidade necessárias à extrusão.

**Laminação:** Equipamento composto de dois cilindros que são responsáveis pela compactação e transformação da massa em “laminas” de argila. Este processo permite uma significativa redução do consumo de energia. Além disso, a massa argilosa é adensada, com o intuito de eliminar ou reduzir as bolhas de ar da massa.

**Extrusão ou maromba:** A massa argilosa homogeneizada entra no extrusor (maromba) que comprime a massa contra a boquilha, dando o formato à massa na seção desejada. O ar comprimido é então retirado por uma “câmara de vácuo” (uma chapa com pequenas áreas geométricas vazadas, que formam bastões na dimensão apropriada ao corte e ou à prensagem).

**Corte:** A barra contínua de material extrusado é cortada automaticamente em dimensões padronizados para cada tipo de produto. Para a produção de telhas, a etapa seguinte é a prensagem. Caso contrário, a etapa seguinte é a secagem.

**Prensagem:** Para a fabricação de telhas os elementos extrusados e cortados no formato desejado são prensados em prensa dotada de matrizes que comprimem os elementos cortados dando forma final ao produto.

**Secagem:** À céu aberto, ou protegido apenas por algum tipo de protetor contra as ações intempéries ou em galpão coberto, contendo prateleiras fixas ou móveis. Este processo feito naturalmente pode demorar de 1 a 4 dias.

**Queima:** O material proveniente da secagem é carregado até o forno. O processo de queima pode durar até 72 horas, dependendo do combustível utilizado. Os tipos de fornos utilizados são os seguintes: convencional (Hoffmam, Vagão, Paulistinha, Paulista de Crivo, entre outros), além de fornos contínuos ou fornos túneis, considerados mais avançados em termos de tecnologia, pela alta produção e características térmicas que proporcionam aos produtos.

Inspeção: É realizada principalmente na saída do forno, rejeitando material quebrado, trincado, lascado, queimado em excesso e, no caso de telhas, as que possuem som “cocho” são descartadas.

Expedição: É feita através de caminhões por malha rodoviária, utilizando veículos próprios ou de outras pessoas que são contratadas para fazerem o transporte (“fretistas”).



## CAPÍTULO 3

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são abordados os fundamentos sobre mapeamento, modelagem e simulação do processo, enfatizando as vantagens da adoção de tais métodos para a tomada de decisões.

#### 3.1 Mapeamento de Processos

Um processo é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço com um começo, um fim, *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) claramente identificados, definindo assim uma estrutura para ação. Davenport (1994 *apud* CORRÊA *et.al.*, 2005). Sendo o processo também encarado como um grupo de tarefas interligadas logicamente, que utiliza os recursos da organização para gerar os resultados definidos, de forma a apoiar os seus objetivos Harrington (1993, *apud* CORRÊA *et.al.* 2005).

Harrington (1997 *apud* PINTO 2004), aponta uma hierarquia que caracteriza o processo, partindo de uma visão global para uma visão pontual.

- Macroprocesso: envolve mais de uma função na estrutura organizacional e sua operação tem impacto significativo no modo como a organização funciona;

- Processo: conjunto de atividades seqüenciais, que tomam um input com um fornecedor acrescentando valor a este para a produção de um output para um consumidor;
- Subprocesso: é a parte que, inter-relacionada de forma lógica com outro subprocesso, realiza um objetivo específico em apoio ao macroprocesso;
- Atividades: são ações que ocorrem dentro do processo ou subprocesso. São geralmente desempenhadas por uma unidade (pessoa ou departamento) para produzir um resultado particular. Constituem a maior parte dos fluxogramas de mapeamento de processos.
- Tarefa: é uma parte específica do trabalho, ou seja, menor enfoque do processo, podendo ser um único elemento e/ou subconjunto de uma atividade.

O mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial e de comunicação que têm a intenção de ajudar a melhorar os processos existentes ou implantar uma nova estrutura voltada para processos. A sua análise permite a redução de custos no desenvolvimento de produtos e serviços, a redução de falhas de integração entre sistemas e melhora do desempenho da organização, além de ser uma excelente ferramenta para possibilitar o melhor entendimento dos processos atuais e eliminar ou simplificar aqueles que necessitam de mudanças. (HUNT 1996, *apud* DATZ *et.al.*;2004 ).

Segundo Barnes (1982 *apud* CORRÊA *et.al.* 2005), existem quatro enfoques que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções de melhorias de processos. Sendo eles:

- Eliminar todo o trabalho desnecessário,
- Combinar operações e elementos,
- Modificar a seqüência das operações,
- Simplificar as operações essenciais.

Segundo Corrêa *et al.*, (2005) os processos e as atividades são os meios de agregação de valores aos produtos e serviços, sendo que os processos e as

atividades consumidoras de recursos tendo então a necessidade de dispor-se de mecanismos que assegurem uma boa gestão dos mesmos.

Esses mecanismos devem questionar tais processos e atividades de tal forma a se obter: redução de custos, diminuição no tempo de ciclo, melhoria de qualidade, redução das atividades não agregadoras de valor (setup, movimentação, filas, esperas, retrabalho, etc), e, conseqüentemente, a potencialização das que agregam valor (HINES & TAYLOR 2000 *apud* CORREIA, 2002).

Mapear ajuda a identificar fontes de desperdício, fornecendo uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura e serviços, tornando as decisões sobre fluxo visíveis, de modo em que possa discuti-las, agregando conceitos e técnicas enxutas, que ajudam a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente, formando a base para um plano de implementação e mostrando a relação entre o fluxo de informações e o fluxo de materiais (CORRÊA *et al.*, 2005).

O mapeamento de processo é uma técnica usada para detalhar o processo de negócios focando os elementos importantes que influenciam em seu comportamento atual. A orientação do fluxo dos processos é importante porque transforma um simples layout de máquinas dentro de uma fábrica em uma série de processos, tentando reduzir distâncias entre operações, melhoras o aproveitamento do espaço e diminui o tempo de produção.

Muitas são as técnicas de representação, usadas para construir modelos de processos, que auxiliam a elaboração de diferentes tipos de mapas. Mas qualquer que seja a técnica adotada, o mapeamento de processo segue, normalmente, as seguintes etapas (BIAZZO 2000 *apud* CORRÊA *et al.*, 2005).

- 1- Definição das fronteiras e dos clientes dos processos, dos principais *inputs* e *outputs* e dos atores envolvidos no fluxo de trabalho;
- 2- Entrevistas com responsáveis pelas várias atividades dentro do processo e estudo dos documentos disponíveis;
- 3- Criação do modelo com base na informação adquirida e revisão passo a passo do modelo.

Para visualização do mapeamento do processo, um fluxograma vale mais que mil procedimentos, pois funciona como uma ferramenta inestimável para se entender o funcionamento interno e o relacionamento entre os processos.

Defini-se um fluxograma como um método para descrever graficamente um processo existente, ou um processo proposto, usando símbolos simples, linhas e palavras, de forma a representar graficamente as atividades e a seqüência do processo.

Para Pinho *et.al.*, (2006) as seguintes técnicas podem ser usadas para realização de mapeamento e modelagem de processos:

- Mapa de processo Barnes, (1982 *apud* PINHO *et.al.*, 2006): técnica para se registrar um processo de maneira compacta, através de alguns símbolos padronizados como operações, transportes, inspeções, esperas e estoques;
- Mapofluxograma Barnes, (1982 *apud* PINHO *et.al.*,2006): representação do fluxograma do processo em uma planta de edifício ou na própria área em que a atividade se desenvolve;
- DFD - Diagrama de Fluxo de Dados - Alter, (1999 *apud* PINHO *et.al.*, 2006): fluxo de informações entre diferentes processos em um sistema.
- Fluxograma Ritzman e Krajewski, (2004 *apud* PINHO *et.al.*, 2006): representação visual de processos onde podem ser registrados além, das atividades e informações, os pontos de tomada de decisão;
- *Blueprint* Fitzsimmons e Fitzsimmons, (2000 *apud* PINHO *et.al.*, 2006): mapa ou fluxograma de todas as transações integrantes do processo de prestação de serviço;
- UML - Linguagem de Modelo Unificada - Booch *et.al.*, (2000 *apud* PINHO *et.al.*, 2006): fluxograma que dá ênfase à atividade que ocorre ao longo do tempo;
- IDEF3 Tseng *et.al.*, (1999 *apud* PINHO *et.al.*, 2006): diagramas que representam a rede de “comportamentos” do cliente;

### 3.1.1 Mapa de processo

O mapa de processo segundo Barnes, (1982 *apud* PINHO *et.al.*,2007), é uma técnica que permite registrar um processo de uma maneira compacta, a fim de tornar possível sua melhor compreensão e posterior melhoria. O mapa representa os diversos passos ou eventos que ocorrem durante a execução de uma tarefa específica, ou durante uma série de ações. O diagrama tem início com a entrada de matéria-prima na fábrica e se segue em cada um dos seus passos, tais como transportes e armazenamentos, inspeções, usinagens, montagens, até que ela se torne um produto acabado, ou parte de um subconjunto.

Para representação de qualquer mapa de processo, clareza e fidelidade são requisitos básicos (CORRÊA & CORRÊA, 2004):

- Clareza: promove a participação das pessoas e facilita a análise. Se os processos complexos resultarem em diagramas longos e intrincados, estes deverão ser separados em partes, dividindo por responsabilidades ou utilizando uma hierarquia, em que todos os processos básicos são mostrados em grandes blocos e depois detalhados em subprocessos;
- Fidelidade: todas as alterações de processo deverão ser documentadas nos diagramas para garantir que estes reflitam sempre a realidade dos processos tal como estejam sendo executados.

Segundo Corrêa & Corrêa (2004), a análise crítica dos diagramas e a comparação destes com as fases e seqüenciamento reais ajudam na identificação de possíveis problemas de qualidade, além de evidenciar desperdício (excesso de estoques, de transportes etc.). Dependendo da análise a que se propõem, os diagramas poderão conter informações adicionais, como tempo de cada fase, as quantidades estocadas, as distâncias percorridas, as fases de contato com os clientes etc.

Após a análise do mapa do processo, é comum concluir que certas operações podem ser inteiramente, ou em partes, eliminadas. Além disso, operações podem ser combinadas, máquinas mais econômicas podem ser empregadas e esperas entre operações podem ser eliminadas. Em suma, outros melhoramentos podem ser feitos, contribuindo para a produção de um produto melhor e com um custo mais baixo (CORREIA *et.al.*,2002).

Segundo Corrêa *et. al.*,(2005), no mapeamento de processo utilizando a técnica de mapa de processos são usualmente executados os seguintes passos:

- 1- Identificação dos produtos e serviços e seus respectivos processos. O pontos de início e fim dos processos são identificados nesta etapa;
- 2- Reunião de dados e preparação
- 3- Transformação dos dados em representação visual gargalos, desperdícios, demoras e duplicação de esforços.

Para documentar todas as atividades realizadas por uma pessoa, por uma máquina, em uma estação de trabalho, com consumidor, ou em materiais, foi padronizado o agrupamento das atividades em cinco categorias (quadro 1).

<i>Símbolo</i>	<i>Atividade</i>
○	Uma operação, tarefa ou atividade de um trabalho
⇒	Um movimento de materiais, informações ou pessoas de um lugar para outro
□	Uma inspeção, verificação ou exame de materiais, informações ou pessoas
D	Uma espera ou uma pausa no processo
▽	Uma estocagem, estoque de materiais, arquivos ou fila de pessoas

**Quadro 1 - Símbolos padrões ASME para fluxogramas de processos (1947)**





**Fonte: Correia *et.al.*,(2007)**

### **3.1.2 Outros Métodos de Mapeamento e Modelagem de Processos**

**3.1.2.1 Mapofluxograma:** Trata-se da representação do mapa de processos em uma planta de edifício ou na própria área em que a atividade se desenvolve. A grande vantagem do mapofluxograma é a possibilidade de visualização do processo atrelado ao *layout* da área, favorecendo, sobretudo, aos transportes, que podem ter suas rotas definidas no mapofluxograma. As melhorias podem ser propostas levando em consideração o ambiente físico (LEAL & ALMEIDA, 2003).

O principal objetivo do mapofluxograma é permitir estudos de rearranjos de *layout*, principalmente com a finalidade de reduzir distâncias ou atividades de fluxo de materiais (MOURA *et.al.*, 2007).

**3.1.2.2 DFD - diagrama de fluxo de dados:** é uma das principais ferramentas utilizadas no projeto de sistemas de informação. O DFD é um diagrama gráfico, baseado apenas em quatro símbolos (quadro 2), que mostra a estrutura do sistema e sua fronteira, ou seja, todas as relações entre os dados, os processos que transformam esses dados e o limite entre o que pertence ao sistema e o que está fora dele.

Símbolos	
	Quadrado Duplo: Entidade externa/origem ou destino de dados
	Retângulo com cantos arredondados: Processo que transforma o fluxo de dados
	Retângulo aberto: Depósito de dados
	Seta ou vetor: Fluxo de dados

**Quadro 2 - Simbologia do método DFD**

**3.1.2.3 Fluxograma:** Segundo Campos (1992 *apud* PINHO *et.al.*, 2007) o fluxograma é fundamental para a padronização e posterior entendimento do processo, facilitando a visualização ou identificação dos produtos produzidos, dos clientes e fornecedores internos e externos do processo, das funções, das responsabilidades e dos pontos críticos.

Para Barnes (1977 *apud* MELLO & SALGADO, 2005), o fluxograma é uma técnica para registrar um processo de maneira compacta, a fim de tornar possível sua melhor compreensão e posterior melhorias. O gráfico representa os diversos passos ou eventos que ocorrem durante a execução de um processo, identificando etapas de ação (realização de uma atividade), inspeção, transporte, espera e fluxo de documentos e registros.

O fluxograma de processo é uma descrição seqüencial que destaca quais fases operacionais são executadas antes de outras e quais podem ser feitas em paralelo. Tipos diferentes de operação são tipicamente designadas por diferentes símbolos (SCHMENNER, 1999 *apud* MELLO & SALGADO, 2005).

Abaixo um exemplo do uso do fluxograma (fig.1) por Pinto (2004).

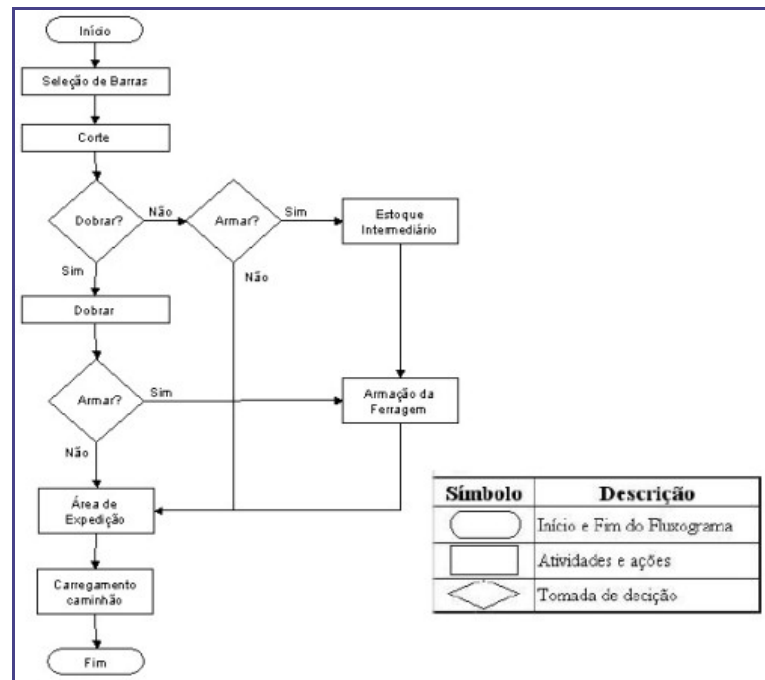


Figura 1 - Exemplo de Fluxograma Fonte: Pinto (2004)

**3.1.2.4 Service Blueprint:** desenvolvida para o mapeamento dos processos de serviços, diferenciando-se dos fluxogramas por considerar o aspecto da interação com o cliente. De acordo com Fitzsmmons e Fitzsmmons, (2000 *apud* MELLO & SALGADO, 2005) o *service blueprint* é uma representação de todas as transações que constituem o processo de entrega do serviço. Essa representação identifica tanto as atividades de linha de frente como as atividades de retaguarda, separadas pela denominada linha de visibilidade.

Chase & Stewart (1994 *apud* SANTOS, 2000), utilizaram essa técnica para identificar falhas potenciais em cada atividade, com o objetivo de sinalizar a incorporação de dispositivos à prova de falhas no processo.

O *service blueprint* pode ser aplicado na identificação de gargalos, planejamento da capacidade e tempos de execução, análise dos custos envolvidos, entre outros (SCHMENNER, 1995 *apud* SANTOS 2000). Exemplo do uso do *service blueprint* no processo de entrega de refeições (fig. 2).



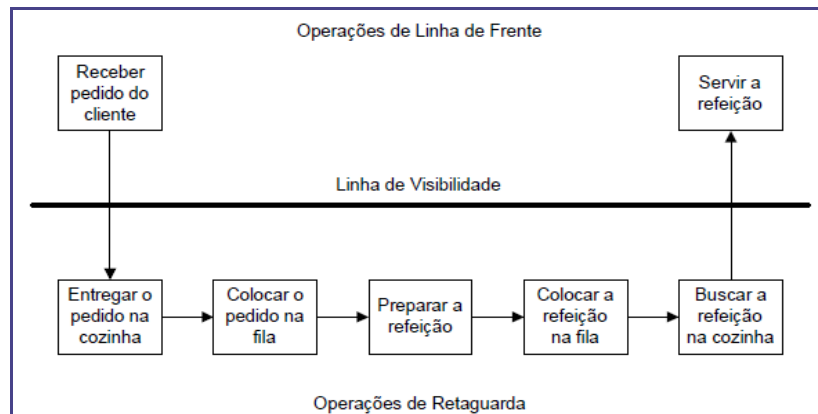


Figura 2 - Exemplo de service blueprint para o processo de entrega de refeições

Fonte: Ramaswany (1996 *apud* SANTOS 2000)

O *service blueprint* apresenta a mesma simbologia e os mesmos recursos gráficos do fluxograma, sendo que às vezes ele é representado sem uma simbologia definida (SANTOS, 2000).

**3.1.2.5 UML – Linguagem Unificada de Modelagem:** A UML é uma linguagem padrão para especificar, visualizar, documentar e construir artefatos de um sistema e pode ser utilizado em todos os processos ao longo do ciclo de desenvolvimento de software e através de diferentes tecnologias de implementação.

Alguns autores, como Wilcox *et.al.*, (2003 *apud* ALMEIDA & NETO, 2008) defendem a utilização da UML, destacando as seguintes vantagens:

- Simplicidade de notações;
- Alta padronização encontrada em aplicações publicadas;
- Alta aplicabilidade nos processos reais;
- Notação flexível a diversas situações.

A estrutura da UML é baseada em três categorias: Diagramas Estruturais, Diagramas de Comportamentos e Diagramas de Interação.

**Diagramas Estruturais:** conjunto composto por seis diagramas que visam representar a estrutura estática da aplicação, enfatizando o que do sistema deve ser modelado, (DONADEL, 2007).

**Diagramas de Comportamento:** Composto por três diagramas (diagrama de atividade, diagrama de estado e diagrama de caso de uso) que visam representar o

comportamento da aplicação, enfatizando o que deve acontecer no sistema modelado (DONADEL, 2007).

**Diagrama de Interação:** Composto por quatro diagramas (diagrama de comunicação, diagrama de interatividade, diagrama de seqüência e diagrama de tempo), que visam representar diferentes aspectos de interação da aplicação. Este é um subconjunto dos diagramas de comportamento e enfatizam o fluxo de controle de dados de um sistema modelado (UML, 2003 *apud* DONADEL, 2007).

**3.1.2.6 IDEF3 – Método de captura da descrição do processo:** foi criado especificamente para descrever a seqüência das atividades desempenhadas para um processo. Difere das outras técnicas, pois captura a descrição real de como o sistema funciona, Cheung & Bal (1998 *apud* MELLO & SALGADO, 2005).

Alguns autores, como Tseng *et.al.*, (1999 *apud* SANTOS, 2000) realizaram simplificações e adaptações na técnica, visando a sua utilização no caso específico das operações de serviços.

As operações de serviços são divididas em duas partes: aquelas em que há contato com o cliente e aquelas operações onde não há contato com o cliente. A parte referente ao contato com o cliente é subdividida em duas partes: o ambiente inaminado e o serviço personalizado. Os benefícios com a percepção do cliente são alcançados nos contatos entre clientes e o pessoal responsável pelo atendimento direto, que são responsáveis por certas tarefas, e os ambientes inaminados, que funcionam para os clientes (MELLO & SALGADO, 2005).

A descrição sob forma de rede de transição do estado de objetos resume as possíveis transições pelas quais um dado objeto deve passar através de um processo específico. Tanto a descrição de fluxo de processo quanto a aquela em rede de transição do estado do objeto contem unidades de informações que compõem a descrição do sistema. Estas entidades do modelo, como são chamadas, formam as unidades básicas de uma descrição em IDEF3.

Os diagramas e textos resultantes formam a “descrição”, em oposição ao produto de outros métodos IDEF, cujo resultado são “modelos”.

### 3.2 Simulação Computacional

Simulação computacional é uma forma de experimentar, através de um modelo, um sistema real, determinando-se como este sistema responderá a modificações que lhe são propostas. Em outras palavras: reproduz-se no computador o sistema real para que se possam testar diferentes alternativas Belge (2008).

Os experimentos de simulação podem ser realizados antes que um sistema real esteja operacional, para auxiliar no seu projeto, para ver como o sistema poderá reagir às mudanças nas suas regras operacionais ou para avaliar a resposta do sistema às mudanças nas suas estruturas.

Para cada situação, visualiza-se seu funcionamento como se estivéssemos diante de uma bola de cristal e, ao final, são gerados relatórios para que possamos analisar o desempenho do sistema - quais são os gargalos, como está a ocupação de equipamentos e pessoas, como variaram algumas variáveis de interesse como: estoques, ciclo produtivo, etc.

#### 3.2.1. Importância da Simulação Computacional

Para Law & Kelton (1991 *apud* SANTORO, 2000), o benefício geral de se aplicar a simulação à produção é que ela permite ao engenheiro ou gerente obter uma visão sistêmica do efeito que alterações locais terão sobre o desempenho global do sistema de produção.

A simulação computacional é uma ferramenta que auxilia nestas respostas, representando os diversos meios e recursos da produção ou do sistema como um todo e gerando informações que auxiliam na tomada de decisões sobre “o que” e “quando” fazer interferências no sistema Harrell *et al.*, (2000 *apud* RODRIGUES, 2006).

Segundo Silva (2005 *apud* RODRIGUES, 2006), a simulação computacional, que vem a ser a representação de um sistema real pela modelagem feita em computador, possibilita a análise de sistemas complexos, respondendo questões do tipo “*what if*” (“O que aconteceria se”). Outra grande vantagem da simulação computacional é obter a resposta sobre essas perguntas antes de se ter o sistema real funcionando, e com grande confiabilidade.

Segundo Fernandes (2006), o emprego da técnica de simulação propicia: (a) projetar e analisar sistemas industriais; (b) prever resultados na execução de determinada ação; (c) reduzir os riscos na tomada de decisão; (d) identificar problemas antes de suas ocorrências; (e) eliminar procedimentos em arranjos industriais que não agregam valor à produção; (f) realizar análises de sensibilidade; (g) reduzir custos com o emprego de recursos (mão-de-obra, energia, água e estrutura física); e (h) revelar a integridade e viabilidade de determinado projeto em termos técnicos e econômicos.

Banks *et.al.* (2005 *apud* RODRIGUES, 2006) afirma que o maior benefício da utilização da simulação em ambientes manufatureiros é a possibilidade de obter uma visão geral (macro) do efeito de uma pequena mudança (micro) no sistema. O mesmo autor cita alguns benefícios da simulação:

- Aumento de produtividade (peças produzidas por unidade de tempo);
- Redução do tempo que as peças ficam no sistema (tempo de atravessamento);
- Redução dos estoques em processo;
- Aumento das taxas de utilização de equipamentos e funcionários;
- Aumento de entregas on-time dos produtos aos clientes;
- Redução das necessidades de capital;
- Garantir que o projeto do sistema proposto vai operar conforme o esperado;

### **3.2.2. Aplicações da Simulação Computacional**

Segundo Belge (2008) a simulação pode se aplicar em praticamente todo tipo de sistema, sendo mais específico pode ser enquadrar em:

- Tempo: Redução dos tempos improdutivos, nos quais não se agrega valor a um item. Simulação comporta bem as inconsistências inerentes ao meio produtivo, ao admitir a adoção de valores estocásticos nos tempos de processos, quebras, chegadas de matéria-prima, etc. Desta forma, simulação permite ao modelador a adoção do tamanho dos lotes, procedimentos e controles mais sintonizados à realidade do chão-de-fábrica.

- Material Handling: Projeto de sistemas de manuseio e transporte mais eficazes e adequados.
- Layout e Planejamento de Capacidade: Projeto de layout otimizado e previsão realista da capacidade produtiva tanto para instalações novas, quanto para alterações ou ampliações.
- Apoio ao PCP: Simulação auxilia a equacionar a programação dos lotes, dentro do conflito imposto aos programadores - minimizar e garantir os tempos de entrega dos produtos X maximizar a carga-máquina e a utilização dos recursos.
- Avaliação de Novas Tecnologias: Compara o desempenho e a relação custo/benefício entre a sistemática corriqueira e o sistema dotado de novas tecnologias, para avaliação da viabilidade técnica e comercial do investimento.
- Estocagem e Distribuição: Definição de melhores alternativas de pontos e características de estoques e sistemas de distribuição.
- Logística: Adequação da programação de suprimentos entre departamentos de uma empresa, ou da empresa com seus fornecedores e clientes.

Segundo Bertrand & Fransso (2002 *apud* RODRIGUES, 2006), a simulação é um método de pesquisa quantitativo, que deve ser usado quando se deseja prever o efeito de mudanças no sistema ou avaliar seu desempenho ou comportamento. É utilizado na resolução de problemas reais, durante o gerenciamento de operações, que envolve processos de projeto, planejamento, controle e operação, seja em indústrias de manufatura ou de serviços.

### **3.2.3. Princípios da Construção de um Modelo de Simulação Computacional**

Um modelo típico a ser simulado, segundo Belge (2008), é composto de:

- Locais: postos físicos (máquinas, áreas de depósito, esteiras transportadoras) onde são realizados os processos;
- Entidades: elementos (peças, lotes, etc.) que transitam pelos locais e sofrem processamento;

- Recursos: elementos (funcionários, empilhadeiras, etc.) que auxiliam seja no transporte das entidades entre os diferentes locais, seja na execução dos processos;
- Processos: operações realizadas no sistema (roteiros e procedimentos de fabricação).

O usuário de um software de simulação cria estes elementos básicos (e outros como variáveis e atributos) de forma a reproduzir seu sistema real.

A partir disso, o modelo é executado pelo software, baseando-se no princípio de um simulador de eventos dinâmicos e discretos. O princípio básico é a realização de uma seqüência de ações que são computadas a partir da ocorrência de cada evento (p.ex: chegada de uma peça numa máquina, quebra de uma máquina, etc.).

O fato dos sistemas de eventos dinâmicos e discretos comporem a grande maioria das atividades realizadas pelos homens e suas máquinas, faz com que simulação possa ser aplicado não apenas no ambiente de manufatura. Hoje aplicações, por exemplo, em hospitais, bancos e logística, são corriqueiras.

No quadro 3 alguns exemplos de sistemas e seus componentes:

<b>Sistema</b>	<b>Entidades</b>	<b>Atributos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Eventos</b>	<b>Variáveis de estado</b>
Bancos	Conta Corrente	Depósitos	Chegada ao banco	Saída do banco	Nº de caixas ocupados, nº de clientes esperando
Transportes	Veículos transportadores	Malha viária, destino transporte	Chegada na estação	Saída da estação	Nº de veículos esperando em cada estação
Inventário	Almoxarifado, estoque	Capacidade	Retirada de partes	Pedido	Nível do estoque, demanda prevista
Manufatura	Máquinas	Velocidade, capacidade, taxa de falhas	Usinagem, estampagem, soldagem	Falha, quebra	Estado da máquina (ocupado, livre, quebrada)

**Quadro 3 - Exemplos de Sistemas e seus Componentes no modelo de Simulação.**

**Fonte Adaptado de Miyagi (2004)**

## **CAPÍTULO 4**

### **ESTUDO DE CASO DE UMA EMPRESA DO PÓLO CERÂMICO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES- RJ**

Neste capítulo é apresentado um breve histórico sobre a empresa estudada, seu processo de produção e o uso do método de mapeamento e modelagem bem como a ferramenta de simulação.

#### **4.1 Histórico**

A empresa está no mercado desde 1950, quando ainda se produzia tijolos e outros produtos da indústria ceramista utilizando animais para o transporte da matéria-prima, tendo uma linha de produção artesanal. Desde da época da administração do patriarca, a empresa prioriza a qualidade de seus produtos, mantendo-se em destaque no ramo de cerâmica vermelha por renomada clientela.

A partir de 1996, a direção da empresa mudou para o filho do fundador e com um espírito inovador e primando pela qualidade, alia às novas tecnologias existentes com novos parceiros-pesquisadores como a Universidade Estadual do Norte Fluminense na busca de seus objetivos.

Hoje a empresa atende o mercado da Região dos Lagos, Norte e Noroeste Fluminense além de cidades no Espírito Santo, disponibilizando os seguintes produtos: tijolos maciços, tijolos com 2 (dois) furos, tijolos maciços rústicos, tijolos de canto, tijolos 18 furos, elemento vazado reto e diagonal (conhecidos como cóbogo),

blocos de vedação, lajes, ladrilho, tijolo cerâmico de encaixe, plaquetas, garrafeiras, bloco de 4 (quatro) furos.

#### **4.2A empresa**

A empresa escolhida para ser modelo nesse Trabalho de Conclusão de Curso produz com a mais alta tecnologia produtos diversificados e de reconhecida qualidade na indústria de cerâmica vermelha.

A empresa dispõe de 2 (dois) caminhões, 1 (um) trator de porte pequeno, 1 (uma) retroescavadeira, 1 (uma) empilhadeira, além de 17 (dezesete) funcionários assim dispostos: 1 (um) gerente de produção, 2 (dois) forneiros, 1 (um) operador, 1 (um) motorista da retroescavadeira, 1 (um) soldador, 9 (nove) funcionários na produção, 1 (um) responsável pelos caixões dosadores e 1 (um) funcionário de serviços gerais.

##### **4.2.1 Processo Produtivo**

O processo produtivo da empresa inicia-se com estoque de matéria-prima, a argila já previamente preparada fica armazenada em galpões de onde, de acordo com a necessidade, um funcionário com auxílio de uma retroescavadeira, faz o transporte até a área dos caixões dosadores (fig. 3).



**Figura 3 - Caixões dosadores da empresa estudada**

No processo de dosagem, um caixão é carregado com uma matéria-prima de maior concentração de argila e outro com uma matéria-prima de maior concentração de areia. Um funcionário fica responsável por empurrar a matéria-prima com um bastão, quando a vazão diminui devido à pequena dimensão do caixão dosador.



A matéria-prima proveniente dos caixões dosadores é transportada dos dosadores para o desintegrador através de uma esteira (fig. 4) de 8,30 metros.



**Figura 4 - Esteira transporte de matéria-prima dos caixões dosadores p/ o desintegrador**

Chegando ao desintegrador (fig. 5), os torrões de matéria-prima são quebrados em pedaços menores, por meio de movimentos circulares do equipamento, permitindo a homogeneização da matéria-prima.



**Figura 5 - Desintegrador**

Após a desintegração, a matéria-prima passa para o processo de mistura (fig. 6, 7), onde é adicionado água. A matéria-prima obtém características de plasticidade e homogeneidade necessárias nos próximos processos.



**Figura 6 - Processo de mistura**



**Figura 7 - Destaque para o misturador logo após o desintegrador**

Após a mistura, a matéria-prima é transportada através de outra esteira (fig. 8), de 4,9 metros, para o laminador.



**Figura 8 - Esteira transporte mistura p/ laminação**

No laminador (fig. 9), dois cilindros compactam e transformam a matéria-prima em “laminas” de argila, esse processo diminui os espaços vazios entre as partículas da argila e melhora a qualidade do produto.



**Figura 9 - Processo de laminação**

A massa laminada é então transportada para a extrusora através de uma terceira esteira (fig. 10) de 5.87 metros.



**Figura 10 - Esteira transporte laminador p/ extrusora**

Na extrusora (fig. 11, 12) a massa homogeneizada pelo processo de laminação é comprimida contra a boquilha (fig. 13), dando o formato desejado para o tijolo maciço. Uma câmara de vácuo retira o ar e forma os bastões nas dimensões apropriadas para o corte.



**Figura 11 - Processo Extrusão**



**Figura 12 - Detalhe da massa sendo empurrada p/ câmara de vácuo**



**Figura 13 - Detalhe da boquilha**

No processo de corte (fig. 14), a barra de material extrudado é cortada nas dimensões padronizadas para o tijolo maciço.

Desde entrada da matéria-prima nos caixões dosadores até o processo de corte, um operador fica responsável por controlar o ritmo da produção. Esse ritmo varia de acordo com a matéria-prima utilizada, número de funcionários realizando o transporte para secagem entre outros fatores.



**Figura 14 - Processo de corte**

Após o corte o tijolo úmido é transportado através de carrinhos manuais (fig. 15) ou puxado por trator (fig. 16) para os galpões de secagem (fig. 17, 18).



**Figura 15 - Carrinho manual transporte de tijolos**



**Figura 16 - Transporte por trator**



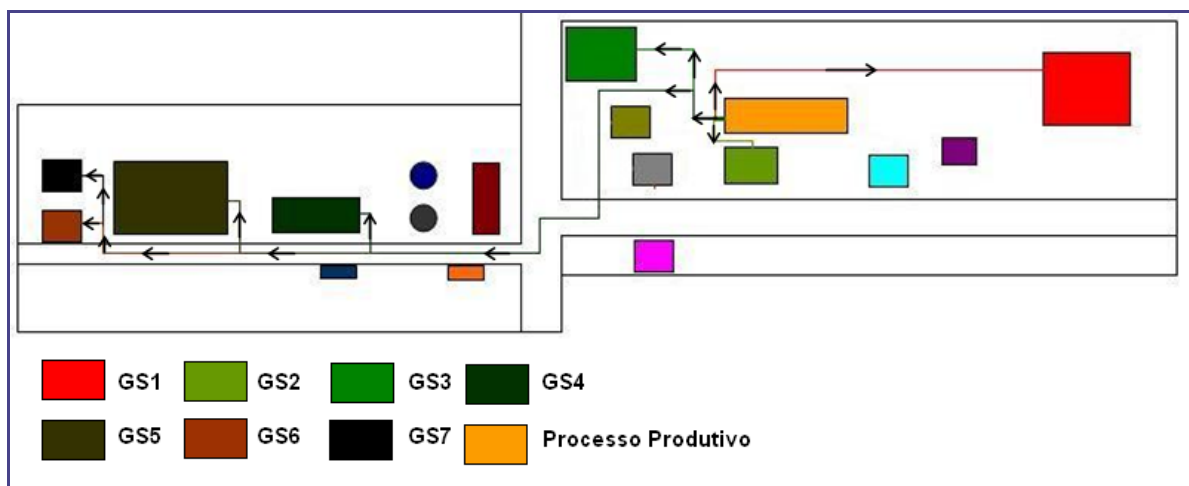
**Figura 17- Galpão secagem A**



**Figura 18 - Galpão Secagem B**

A figura 19 representa o fluxo de tijolos maciços da etapa de corte, para os diversos galpões de secagem espalhados pela área da empresa. O transporte para

os galpões de secagem (GS), 1, 2 e 3 são feitos por funcionários utilizando carrinhos manuais que transportam 120 unidades de tijolos maciços por viagem. Já os transportes para os galpões de secagem mais distantes, 4, 5, 6 e 7, são feitos com auxílio de um pequeno trator que transporta maiores quantidades de tijolos maciços por viagem.



**Figura 19 - Fluxo tijolo maciço etapa corte p/ galpões secagem (GS)**

A tabela 1 representa as distâncias percorridas para o transporte entre a etapa de corte do processo produtivo e os diversos galpões de secagem espalhados pela área da empresa. Os critérios para escolha de qual galpão será utilizado para armazenagem são: menores deslocamentos e área disponível para armazenagem.

Galpões de Secagem GS	GS1	GS2	GS3	GS4	GS5	GS6	GS7
Deslocamentos do corte até os GS - metros	61	26,5	32	131	171	205	211

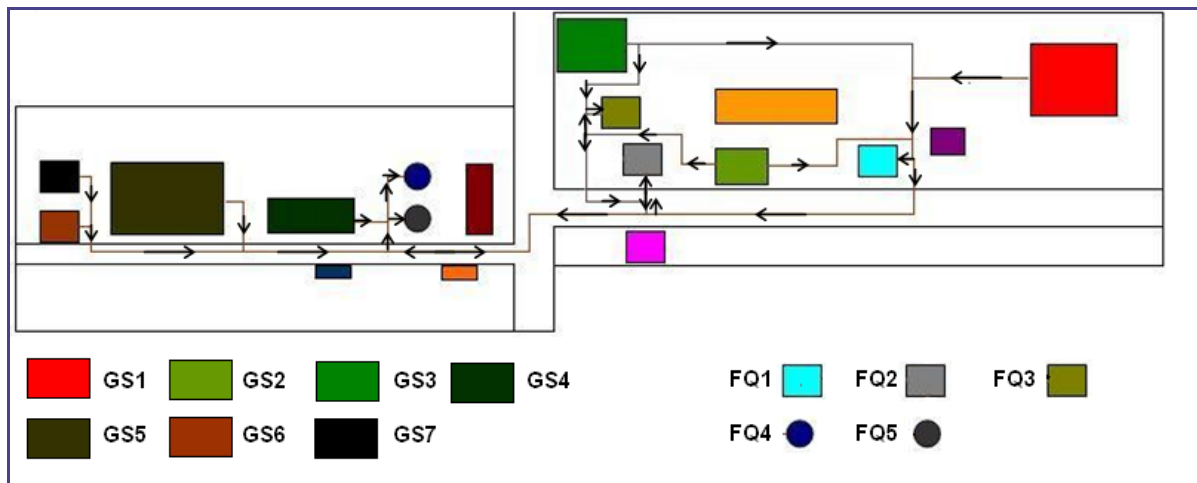
**Tabela 1 - Distâncias percorridas da etapa de corte até os galpões de secagem (GS)**

O processo de secagem é feito em galpões cobertos, em períodos ensolarados, com baixa umidade relativa do ar e com ventos fortes o tijolo maciço demora em torno de 30 dias para estar pronto para a queima, porém em períodos chuvosos esse processo pode durar até 60 dias.

O tijolo maciço é carregado dos galpões de secagem até os fornos também através dos carrinhos manuais ou puxados por trator. Os fornos Abóbodas têm

capacidade para queimar em média 12.500 (doze mil e quinhentos tijolos maciços), já o forno Caieira e completo com, em média, 38.000 (trinta e oito mil unidades).

A figura 20 representa o fluxo de tijolos maciços dos galpões de secagem para os diversos fornos de queima (FQ).



**Figura 20 - Fluxo tijolos maciços dos Galpões de Secagem (GS) para o Fornos de Queima (FQ)**

Para minimizar as distâncias percorridas dos galpões de secagem para os fornos 90% dos tijolos dos galpões GS4, GS5, GS6 e GS7 vão para a queima nos fornos FQ4 e FQ5 e o restante são queimados nos fornos FQ1, FQ2 e FQ3, dependendo de fatores com, falta de tijolos maciços prontos para queima nos galpões mais próximos, falta de fornos disponíveis para queima mais próximo dos galpões de secagem.

E tendo o mesmo princípio de minimizar as distâncias percorridas no transporte, 90% dos tijolos dos galpões GS1, GS2 e GS3 são queimados nos fornos FQ1, FQ2 e FQ3 e o 10% restantes são queimados nos fornos FQ4 e FQ5.

A tabela 2 mostra as distâncias percorridas no transporte dos diversos galpões de secagem até os diversos fornos para o processo de queima.

	<i>FQ1</i>	<i>FQ2</i>	<i>FQ3</i>	<i>FQ4</i>	<i>FQ5</i>
GS1	31	69,5	95,5	150,5	139,5
GS2	23	52	34	73	84
GS3	80	70	44	83	94
GS4	139	100,5	78,5	25	20
GS5	179	140,4	118,5	65	60
GS6	213	174,5	152,5	99	94
GS7	218	179,5	157,5	104	99

**Tabela 2 - Distâncias percorridas dos Galpões de Secagem (GS) p/ os Fornos de Queima (FQ)**

Na etapa de queima, o controle da temperatura tem que ser bastante rigoroso, pois é a temperatura de queima dos tijolos que caracterizará a cor predominante do tijolo maciço. Esse controle de temperatura é feito através de termômetros - termopar (fig. 21).



**Figura 21 - Detalhes dos termopares e o indicador de temperatura**

Nos dois tipos de fornos usados pela empresa, Abóboda (fig. 22) e Caieira (fig. 23) o tempo de queima fica em torno de 150 a 170 horas, 48 horas de pré-aquecimento do forno e 100 a 120 horas de queima propriamente dita.





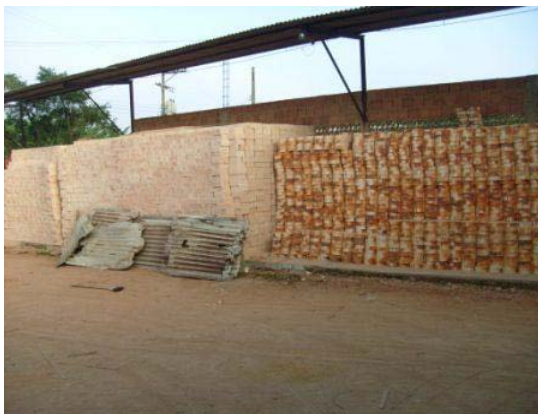
**Figura 22 - Forno Abóboda**



**Figura 23 - Forno Caieira**

A inspeção é feita de forma visual, onde os tijolos trincados ou com algum outro defeito são excluídos.

Após a queima os tijolos maciços são armazenados nos galpões da empresa (fig. 24, 25) para posteriormente serem expedidos, geralmente os compradores buscam o tijolo maciço na empresa, mas agora ela já conta com um pequeno caminhão (fig. 26) para entregas na cidade de Campos dos Goytacazes.



**Figura 24 – Estoque A tijolo maciço**

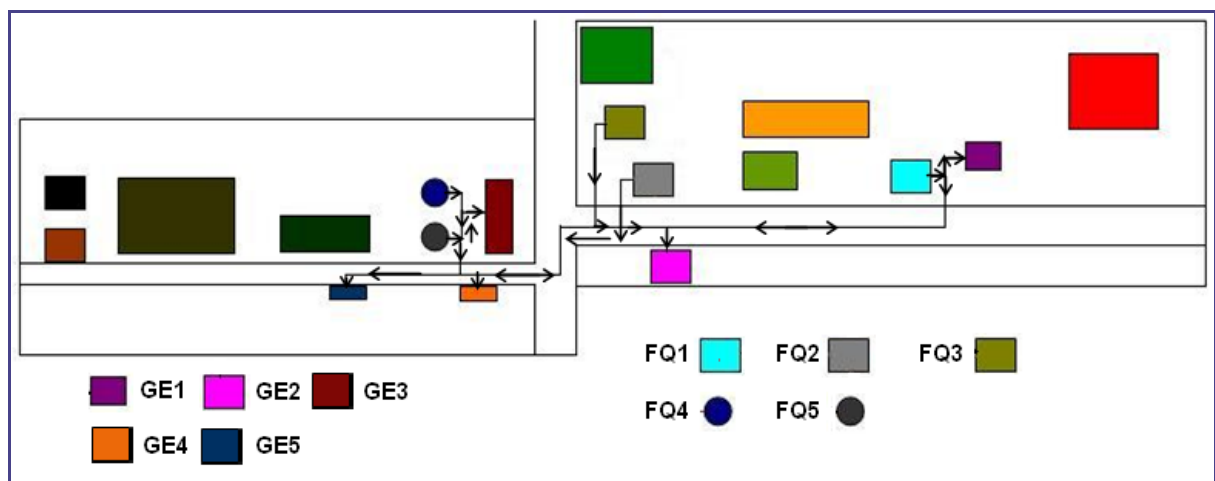


**Figura 25 – Estoque B de tijolos maciços**



**Figura 26 - Detalhe do caminhão disponível para entregas na cidade de Campos**

A figura 27 representa o fluxo dos tijolos maciços dos fornos de queima (FQ) para os galpões de estocagem (GE).



**Figura 27- Fluxo de tijolos maciços dos Fornos de Queima (FQ) para os Galpões de Estocagem (GE)**

Novamente os critérios para uso dos galpões de estocagem são: minimizar distância a ser percorrida e disponibilidade de área para armazenagem.

A tabela 3 apresenta as distâncias percorridas entre os fornos de queima e os galpões de estocagem.

	<b>GE1</b>	<b>GE2</b>	<b>GE3</b>	<b>GE4</b>	<b>GE5</b>
<b>FQ1</b>	7	38,5	55,5	68,5	98,5
<b>FQ2</b>	45,5	5	17	30	60
<b>FQ3</b>	71,5	30	19	33	63
<b>FQ4</b>	83,5	38	11	22	15
<b>FQ5</b>	72,5	27	11	11	12

Tabela 3 - Distâncias percorridas dos Fornos de Queima (FQ) p/ os Galpões de Secagem (GE)

#### 4.2.2 Mapa de Processos e Matriz Atividades x Recursos

Foi escolhido o diagrama mapa de processos para realização do mapeamento do processo produtivo, pois permite descrever as atividades de acordo com sua natureza, operação, transporte, etc.

O mapa de processos representará as diversas atividades que ocorrem durante a produção dos tijolos maciços. O diagrama tem início com a entrada de matéria-prima na fábrica e se segue em cada um dos seus passos, tais como transportes e armazenamentos, inspeções, esperas e operações, até que ela se torne um tijolo maciço acabado.

Após a análise do mapa de processo (fig. 28), buscou-se propor soluções que possam eliminar, em parte ou totalmente, operações desnecessárias, eliminar desperdícios de matéria-prima e de tempo dos funcionários, esperas entre operações entre outras, buscando melhorias que possam manter ou aumentar a qualidade reduzindo custos.

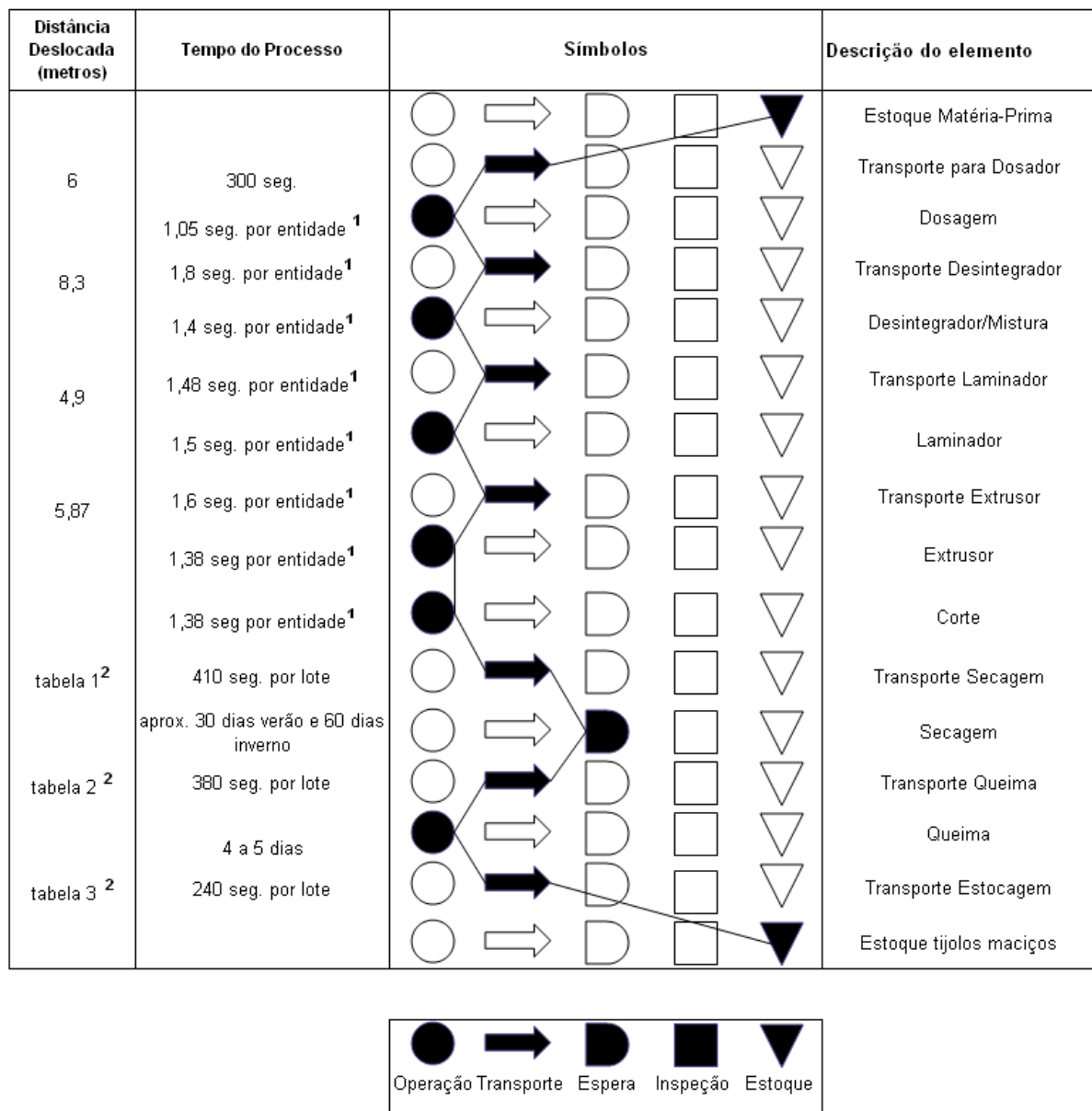


Figura 28 - Fluxograma do mapa do processo da empresa estudada

Também foi criada uma matriz de relação entre as atividades realizadas com os recursos necessários para a realização das mesmas (quadro 4). Apesar das etapas de dosagem até a etapa de extrusão não necessitar da utilização de funcionários, foi identificado na empresa que devido a alguns fatores, como a dimensão do caixão dosador, a queda de matéria-prima no solo entre outros é exigida a participação de funcionários nessas etapas para intervenção nesses problemas.

<i>Recursos</i> <i>Atividades</i>	<i>Equipamentos</i>	<i>Funcionários</i>	<i>Transportadores</i>	<i>Área Estocagem</i>
Estoque de matéria-prima				X
Transporte p/ Dosador		X	X	
Dosagem	X	X		
Transporte Desintegrador			X	
Desintegrador	X	X		
Misturador	X	X		
Transporte Laminador			X	
Laminador	X	X		
Transporte Extrusora			X	
Extrusão	X	X		
Corte	X	X		
Transporte Secagem		X	X	
Secagem				X
Transporte Queima		X	X	
Queima	X			
Transporte Estocagem		X	X	
Estocagem				X

Quadro 4 - Matriz Atividades x Recursos

### 4.3 Análise e Sugestões de Mudanças no Processo Produtivo

Na etapa de dosagem, foi identificado que a área onde ficam localizados os caixões dosadores possui um solo arenoso e lençol freático muito alto, e com a deterioração das paredes de proteção está ocorrendo à infiltração de um volume grande de água (fig. 29 e 30). Esta água tem de ser bombeada constantemente, pois há o risco de acidentes com funcionários, e se o nível da água atingir a esteira haverá o desperdício de matéria-prima que se perde misturada a água e a que segue no processo fica mole é afeta a qualidade do produto.



**Figura 29 - Alagamento da área dos caixões dosadores**



**Figura 30 - Alagamento da área dos caixões dosadores**

Com esse constante bombeamento tem aumentado os custos operacionais, com um aumento nos gastos de energia e a necessidade de substituição das bombas de bombeio que apresentam defeitos.

Foi identificado também que os caixões dosadores deveriam ser de maiores dimensões, pois nas dimensões atuais ocorre uma pequena vazão de matéria-prima, gerando perda de tempo produtivo de um funcionário que fica responsável por empurrar a matéria-prima com uma vara para aumentar a vazão.

A adoção de caixões dosadores maiores, segundo o proprietário da empresa, não poderia ser adotada nesse momento devido aos altos custos de aquisição.

Ainda na etapa de dosagem foi identificado que a mistura entre matéria-prima com maior concentração de argila e maior concentração de areia, ocorre de forma aleatória e visual. Uma medida que poderia ser adotada, seria a adoção de testes de laboratórios, visando identificar as concentrações de argila/areia na matéria-prima.

Segundo o proprietário esses testes serviriam para aumentar a qualidade do tijolo maciço e serviria para uma posterior certificação do produto. A empresa já possui um pequeno laboratório e a maior dificuldade para a realização dos testes seria encontrar pessoal qualificado para trabalhar no laboratório.

Seguindo o processo produtivo, na esteira que faz o transporte até a desintegração e na própria etapa de desintegração não foi encontrado nenhum problema de relevância.

Na mistura, foi identificado que a adição de água a matéria-prima ocorre de forma aleatória e visual e que a quantidade adicionada na grande maioria das vezes não é a ideal. Nessa etapa do processo produtivo, poderiam ser instalados sensores que medissem a passagem de matéria-prima pelo processo e adicionasse a quantidade de água ideal.

Essa medida levaria a uma diminuição do tempo de secagem podendo resultar a uma redução na quantidade de estoque intermediário de tijolos nessa etapa. Outro resultado da adição dos sensores seria a redução no consumo de combustível e a produção de produtos com maior qualidade.

Na passagem da matéria-prima do misturador para a esteira que faz o transporte até o laminador ocorre à queda de matéria-prima no solo (fig. 31, 32), isso acontece, principalmente, devido à “rolagem” de matéria-prima quando há a queda até a esteira.



**Figura 31 - Detalhe do desperdício de matéria-prima na mistura**



**Figura 32- Desperdício de matéria-prima na laminação**

Devido ao acúmulo de matéria-prima na área do misturador que acaba sendo gerado, um funcionário tem de desperdiçar seu tempo produtivo, recolocando essa matéria-prima no processo.

Para minimizar essa queda de matéria-prima no solo, poderia ser reduzida a inclinação da esteira de transporte, mas para isso o layout teria que sofrer modificações. Também poderia ser instalada uma barreira para a queda de matéria-prima, mas sem que a barreira entrasse em contato com a esteira, pois isso geraria

uma dificuldade de movimentação da esteira, resultando em aumento no consumo de energia e no desgaste do motor e da própria esteira.

Na laminação não foram identificados problemas, porém no transporte, por esteira, da matéria-prima até a extrusora, foi identificado o mesmo problema da etapa anterior, sendo sugeridas as mesmas soluções com as mesmas dificuldades de implementação.

Na extrusão, uma matéria-prima mole, pedaços de madeira ou outros objetos que cheguem até essa etapa junto à matéria-prima, fazem com que segmentos da matéria-prima que seriam cortados saiam com defeitos (fig. 33, 34), tendo de ser reinserido no processo, gerando desperdício de homem/hora de trabalho produtivo, e um reprocessamento da matéria-prima, aumentando consumo de energia.



**Figura 33 - Detalhe matéria-prima extrudada com problemas**



**Figura 34 - Detalhe tijolos maciços cortados com problemas**

Para minimização dessas falhas seria necessário um maior controle da matéria-prima, tentando diminuir a concentração de objetos estranhos e também o controle da quantidade de água adicionada no processo de mistura. O processo produtivo conta com um detector de metal na esteira que leva a matéria-prima da dosagem para o desintegrador, esse detector de metal para a produção automaticamente assim que encontra algum metal, e só volta a produção quando o metal for retirado.

No processo de corte, foi identificado que ocorre a ruptura da linha que realiza o corte com uma média de três vezes ao dia. O controle de materiais estranhos na matéria-prima a ser cortado seria uma medida que poderia ser adotada.



Foi identificado que alguns galpões se encontram localizados a uma distância muito grande do processo de corte, fazendo com que tenha que ser utilizado um número maior de funcionários para transporte dos tijolos até os galpões de secagem do que seria necessário caso esses galpões ficassem mais próximos do processo produtivo.

Uma medida a ser adotada seria a mudança de layout da empresa para aproximar as áreas de secagem do processo produtivo, mas tal medida esbarra nas limitações da área da empresa, pois a mesma encontra-se limitada por um cemitério e um terreno particular (que não está a venda nesse momento) nas laterais além de ruas pavimentadas na frente e fundos.

Essas modificações no *layout* da empresa implicariam na redução de custos de manuseio de materiais, facilitaria a supervisão, diminuiria o tempo e espaços dos deslocamentos dos funcionários no transporte entre outros fatores que poderiam reduzir custos.

O grande número de dias, principalmente em períodos chuvosos e muito úmidos, necessários para a secagem do tijolo maciço, faz com que a empresa trabalhe com um grande estoque intermediário de produto nessa etapa, necessitando de muitos galpões para secagem.

Uma mudança, que está para ser adotada, seria o uso de estufas para secagem. Essas estufas aproveitariam o calor que está sendo perdido dos fornos após a queima para ser usado no processo de secagem, podendo assim diminuir o tempo de secagem dos tijolos e permitindo a redução dos estoques intermediários desse produto.

Para o processo de carregar os fornos com tijolos, a aproximação dos galpões de secagem poderia diminuir o tempo e o número de funcionários necessários para realizarem o processo, uma vez que com um menor espaço para ser percorrido os funcionários poderiam transportar um maior número de “viagens” em um menor período de tempo.

Na etapa da queima, é definida a coloração predominante dos tijolos que serão produzidos (entre branco e rosa), pois para produzir tijolos rosa é necessário

atingir maiores temperaturas, necessitando de mais combustível (lenha) para atingir essas temperaturas. O uso do gás natural como combustível permitiria um maior controle dessa temperatura e conseqüentemente uma maior eficiência da coloração obtida nos tijolos, mas segundo palavras do proprietário, no momento o uso do gás natural não é viável para a produção de tijolos maciços.

As características da matéria-prima usada não permitem uma redução no período de queima, pois se isso fosse feito, aumentaria a “gretagem” dos tijolos produzindo um produto de menor qualidade.

<b>Principais problemas encontrados</b>	<b>Etapa do processo produtivo</b>	<b>Sugestões de Melhoria</b>
Dimensão do caixão dosador	Dosagem	Substituição dos caixões dosadores
Infiltração na área do caixão dosador	Dosagem	Consertos nas paredes da área
Mistura aleatória de matéria-prima	Dosagem	Testes laboratoriais medir concentração argila
Adição aleatória de água	Mistura	Instalação de sensores medição da passagem de matéria-prima e adição de água.
Desperdício matéria-prima	Transporte laminador e transporte extrusor	Barreiras evitar a queda e modificação layout para diminuir a inclinação das esteiras.
Retrabalho	Extrusão e corte	Controle matéria-prima
Ruptura da linha de corte	Corte	Controle de material estranho na matéria-prima
Grandes deslocamentos funcionários	Transporte secagem e queima	Mudança layout para aproximação das áreas de estocagem
Longo período secagem	Secagem	Adoção de estufas para secagem
Controle Temperatura	Queima	Adoção de gás na queima

**Quadro 5 - Principais Problemas Identificados e Sugestões de Melhoria**

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES**

Esse trabalho de conclusão de curso tinha inicialmente o objetivo de mapear, modelar e simular pelo menos uma empresa representante de cada grupo da estratificação competitiva de padrões de processo, produto e mercado do arranjo produtivo local, a partir dos trabalhos desenvolvidos com fundamentos baseados em Souza (2003).

Entretanto, devido às dificuldades em dispor de alguns recursos necessários a operacionalizar algumas etapas do trabalho, foi necessário realizar algumas modificações no escopo original do trabalho.

Dessa forma, o trabalho foi focado no mapeamento do processo produtivo de uma empresa do pólo de cerâmica local, a partir de uma amostra estratificada no grupo das mais avançadas, de acordo com Souza (2003) e Machado & Souza (2008) e, com base nesse mapeamento, foi criado um protótipo de modelo de simulação para a realização de testes e ajustes em relação ao mapeamento realizado, o qual, como foi relatado, apresentou algumas falhas e portanto, carece de aperfeiçoamentos, mas poderá ser usado em futuras simulações do processo produtivo.

O mapeamento do processo produtivo foi realizado através da análise visual de cada etapa do processo produtivo, além de conversas com os funcionários e o proprietário da empresa, sempre buscando identificar problemas e o levantamento de possíveis melhorias.

A análise de todo o processo produtivo, juntamente com o levantamento dos recursos utilizados em cada etapa e as eventuais falhas que interrompem o fluxo de trabalho, foi base para o desenvolvimento do protótipo de modelo de simulação que foi apresentado neste trabalho.

Seguindo a metodologia proposta foi possível através da ferramenta de mapeamento de processos produtivos – mapa de processos – identificar os principais características no que diz respeito ao processo produtivo da empresa estudada.

Para que seja possível realizar comparações entre os padrões dos processos produtivos das empresas, o método de mapeamento deverá ser aplicado em outras unidades do pólo de cerâmica de Campos, com pelo menos 3(três) representantes para cada grupo estratificado segundo a metodologia apresentada por Souza (2003).

Entre os pontos críticos caracterizados como padrões positivos identificados na unidade estudada, podem-se destacar o controle constante da temperatura na etapa de queima, reaproveitamento de calor dos fornos, produtos com maior valor agregado. Já entre os padrões negativos identificados através do mapeamento do processo produtivo e em conversas com o proprietário, por exemplo, os retrabalhos realizados na matéria-prima, quando ela sai muito mole do processo de extrusão, o alto desperdício de matéria-prima, o layout da planta da empresa que obriga a grandes deslocamentos entre algumas etapas do processo produtivo.

Neste sentido, o mapeamento do processo como ferramenta se mostrou bastante eficiente no que diz respeito ao estudo e documentação dos processos produtivos das empresas. O seu uso possibilitou a identificação de atividades que poderiam ter seus tempos de espera diminuídos, modificações em processos que poderiam reduzir os estoques intermediários, mudanças em layout que poderiam diminuir os percursos dos funcionários dentro do processo produtivo, identificou pontos de geração de retrabalho.

Apesar dos problemas encontrados no processo produtivo, como a não utilização de testes na matéria-prima, os problemas de layout encontrados o excessivo tempo de secagem, a empresa estudada consegue oferecer a seus clientes um produto de qualidade, resultado da administração da empresa que presa por produtos de qualidade.

Algumas modificações propostas para o processo produtivo, como por exemplo, a substituição dos caixões dosadores atuais por unidades de maiores dimensões, segundo o proprietário, não seriam possíveis de serem implementadas devido principalmente aos altos custos não rentáveis para um produto de baixo valor econômico como o tijolo.

Algumas modificações no processo produtivo poderiam resultar em um incremento na produção, podendo este, segundo o proprietário da cerâmica estudada, ser absorvido pelo mercado, desde que a empresa buscasse novos clientes, através de políticas de divulgação de sua marca. Além disso, outras modificações poderiam resultar em uma diminuição no número de funcionários, reduzindo custos, já que segundo o proprietário, 40% dos custos de produção de sua empresa estão ligados a folha de pagamento.

Para trabalhos futuros, dando continuidade a pesquisa que esse trabalho de conclusão de curso faz parte, pode-se aplicar esse método de mapeamento de processos em outras empresas classificadas em diferentes grupos da estratificação realizada, ou até mesmo em empresas classificadas dentro de um mesmo grupo de estratificação para uma melhor caracterização dos padrões do processo.

Outra proposta de trabalhos futuros seria no aperfeiçoamento do protótipo de modelo de simulação desenvolvido, para realizar simulações do processo produtivo e avaliar o desempenho com diferentes configurações do processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM. Associação Brasileira de Campos. **Cerâmica no Brasil – Introdução**. 2002. Disponível em < [http://www.abceram.org.br/asp/abc\\_21.asp](http://www.abceram.org.br/asp/abc_21.asp)>. Último acesso em 10 de Jun de 2009.

ALMEIDA, Raquel G. de; NETO, Alfredo I. **Análise de Processos de Negócio Usando o Diagrama de Atividade da UML: Um Estudo de Caso**. XXVIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro RJ, Out 2008. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_069\\_496\\_11902.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_069_496_11902.pdf)> último acesso em 10 de Jun de 2009.

ALTER, S. **Information system: a management perspective**. Addison Wesley Longman, 3a ed., 1999.

BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1977.

BARNES, R.M. (1982) – **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo, Edgard Blücher, 6ª ed.

BELGE ENGENHARIA, **Simulação Industrial - Sua Empresa numa Bola de Cristal**, disponível em <[http://www.belge.com.br/cases\\_outros\\_simulacao.html](http://www.belge.com.br/cases_outros_simulacao.html)> acessado em 25 de Jun de 2008.

BIAZZO, S., **Approaches to business process analysis: a review**. Business Process Management Journal, Vol.6 N°2, 2000, pp.99-112.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. & JACOBSON, I. UML – **Guia do Usuário**. Editora Campus, 2000.

BRESCIANI, Renato. **Sistema de qualidade de uma empresa industrial**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP. 1997

BUSTAMANTE, Gladstone M; BRESSIANI, José C.(2000) **A Indústria Cerâmica Brasileira**. Revista Cerâmica Industrial, 5(3) (Mai/Jun). Disponível em <[http://ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3\\_5.pdf](http://ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3_5.pdf)> último acesso em 10 de Jun de 2009.

CHASE, R.B. STEWART, D.M. **Make your service fail-safe**. Sloan Management Review. USA, v. 35, n. 3, p. 35-44, spring, 1994

CHEUNG, Yen e BAL, Jay. **Process analysis techniques and tools for business improvements**. Business Process Management Journal, Vol. 4, No. 4, 1998, p. 274-290.

CORRÊA, Henrique L. & CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações**. Ed. São Paulo: Atlas, 2004. 690 p.

CORRÊA, Karlos E. S; GONÇALVES, Rafael; LIMA, Renato da S; ALMEIDA, Dagoberto A. de. **Mapeamento do Processo de Fornecimento em uma Rede de Supermercados**. XXV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, RS Nov 2005. Disponível em <<http://hermes.ucs.br/carvi/cent/dpei/odgracio/ensino/Gestao%20Estrategica%20Custos%20Unisc%202005/Artigos/Artigos%20ENEGEP%202005/Mapeamento%20do%20processo%20de%20fornecimento%20em%20uma%20rede%20de.pdf>> último acesso em 10 de Jun de 2009.

CORREIA. Kwami S. A.; ALMEIDA. Dagoberto A. **Aplicação da Técnica de Mapeamento de Fluxo de Processo no Diagnóstico do Fluxo de Informações na**

**cadeia cliente-fornecedor.** XXII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba PR, 2002. Disponível em < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR11\\_0553.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR11_0553.pdf)> Último acesso em: 10 de Jun. 2009.

CORREIA, Kwami S. A; LEAL, Fabiano; ALMEIDA, Dagoberto A. de. **Mapeamento de Processo: Uma Abordagem para Análise de Processo de Negócio.** XXII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba PR, Out 2002. Disponível em < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR10\\_0451.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR10_0451.pdf)> último acesso em 10 de Jun de 2009.

DATZ, Danielle; MELO, André C. S. M; FERNANDES, Elton. **Mapeamento de Processos como Instrumento de Apoio à Implementação do Custeio Baseado em Atividades nas Organizações.** XXIV ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis SC, Nov 2004. Disponível em [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004\\_Enegep0302\\_0606.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0302_0606.pdf) > último acesso em:10 de Jun de 2009.

DONADEL. André C. **Um Método para Representação de Processos Intensivos em Conhecimento.** 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2007.

FERNANDES, Carlos A; SILVA, Luís C; PEREIRA, Joaquim O; YAMAGUCHI, Margarida M. **Simulação da Dinâmica Operacional de uma Linha Industrial de Abate de Suínos.** Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28866.pdf>> último acesso em 10 de Jun de 2009.

FITZSIMMONS, J.A. & FITZSIMMONS, M.J. **Administração de Serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação.** Porto alegre: 2a ed., Bookman, RS, 2000.

GAY, L.R.; DIEBL, P.L. **Research Methods for Business and Management.** New York, Macmillan, 1992.



HARRINGTON, J. (1997) – **Business process improvement workbook: documentation, analysis, design and management of business process improvement**. New York, McGraw-Hill.

HINES, P.; TAYLOR, D., **Going Lean. A guide to implementation**. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK, 2000.

HOLLANDA, J.N.F. VIEIRA, M.C. **Análise da Situação Atual e Perspectivas de Crescimento do Setor de Cerâmica Estrutural de Campos dos Goytacazes**. Revista Mundo Cerâmico, (Abr/Mai): 29-31

HUNT, V. D. (1996) - **Process Mapping: How to Reengineer your Business Process**. John Wiley & Sons, New York.

KINTSCHNER, Fernando E. **Método de Modelagem de Processos para Apoio ao Desenvolvimento de Software**. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2003.

LAW, A.M. & KELTON, W.D.: **Simulation Modeling and Analysis**. 2ª ed. New York, McGraw Hill, 1991.

LEAL, Fabiano & ALMEIDA, Dagoberto A. de. **Uma Análise da Aplicação Integrada de Técnicas de Mapeamento de Processo com Foco no Cliente: Estudo de Caso do Processo de Atendimento de uma Agência Bancária**. Bauru SP, Nov .2003. Disponível em <<http://www.mgerhardt-consultorias.com.br/material/A2GOP%20-%20Analise%20de%20Processo.PDF>> último acesso em: 10 de Jun. 2009.

MACHADO, Thiago C; SOUZA, Sebastião D. C. **Análise da Evolução da Estratificação Competitiva de Padrões de Processo, Produto e Mercado em um Arranjo Produtivo Local**. XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru SP, Nov 2008. Disponível em <[http://www.simpep.feb.unesp.br/abrir\\_arquivo.php?tipo=artigo&evento=2&art=1605&cad=5822&opcao=com\\_id](http://www.simpep.feb.unesp.br/abrir_arquivo.php?tipo=artigo&evento=2&art=1605&cad=5822&opcao=com_id)> último acesso em 10 de Jun de 2009.

MACHADO, Thiago C. **Análise da Evolução da Estratificação Competitiva de Empresas no Pólo Ceramista do Norte Fluminense**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes – RJ, 2008.

MELLO, Carlos H. P.; SALGADO, Eduardo G. **Mapeamento dos Processos em Serviços: Estudo de Caso em Duas Pequenas Empresas da Área de Saúde**. XXV ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre RS, Out. 2005. Disponível em <  
[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005\\_Enegep0207\\_0556.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2005_Enegep0207_0556.pdf)> último acesso em: 10 de Jun. 2009.

MIYAGI, Paulo E. **Introdução à Simulação Discreta**, disponível em <  
[http://www.poli.usp.br/d/pmr5008/Arquivos/Apostila\\_Simulacao.pdf](http://www.poli.usp.br/d/pmr5008/Arquivos/Apostila_Simulacao.pdf) >, acessado em 30 de Junho de 2008.

MOTTA, José F. M; ZANARDO, Antenor; JUNIOR, Marsis C.(2000) **As Matérias Primas Cerâmicas. Parte 1: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e seus Produtos**, Revista Cerâmica Industrial, 6(2) (Mar/Abr). Disponível em <  
[http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v06n02/v6n2\\_4.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v06n02/v6n2_4.pdf)> último acesso 10 de Jun de 2009.

MOURA, Cristiane B; MASUERO, Angela B; BONIM, Luiz C; FRANKE, Laura T. L. **Problemas e Oportunidades de Melhoria no Processo de Produção de Revestimento de Fachada em Argamassa: Diagnóstico, Implementação de Melhorias e Reavaliação**. Porto Alegre, RS Set 2007. Disponível em <  
<http://www.abcp.org.br/comunidades/poa/2ciclo/htms/download/LNK05/Problemas.pdf>> último acesso em 10 de Jun de 2009.

PINHO, Alexandre F. *et al.* **Combinação entre as Técnicas de Fluxograma e Mapa de Processos no Mapeamento de um Processo Produtivo**. XXVII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu PR, Out. 2007. Disponível em <

[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR570434\\_9458.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570434_9458.pdf) último acesso em: 10 de Jun. 2009.

PINHO, Alexandre F; LEAL, Fabiano; ALMEIDA, Dagoberto A. de. **A Integração entre o Mapeamento de Processos e o Mapeamento de Falhas: Dois Casos de Aplicação no Setor Elétrico.** XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE Out 2006. Disponível em <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR470325\\_7242.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470325_7242.pdf)> último acesso em 10 de Jun de 2009.

PINTO. Marcel de G. **Técnicas para Registro de Processo.** Material de aula – Universidade Federal do Vale do São Francisco Campus de Juazeiro, BA. Disponível em <[www.univasf.edu.br/~marcel.gois/Website/engmetodo/3%20-%20Aula%20-%20Tcnicas%20para%20registro%20de%20Processo.ppt](http://www.univasf.edu.br/~marcel.gois/Website/engmetodo/3%20-%20Aula%20-%20Tcnicas%20para%20registro%20de%20Processo.ppt)> último acesso em: 10 de Jun. de 2009.

RAMOS, Izabel de S; ALVES, Maria da G; ALEXANDRE, Jonas. (2006) **Diagnóstico do Pólo Cerâmico de Campos dos Goytacazes – RJ.** Revista Cerâmica Industrial. 11(1) (Jan/Fev). Disponível em <<http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v11n01/v11n1a05.pdf>> último acesso em 10 de Jun de 2009.

RITZMAN, L.P. & KRAJEWSKI, L.J. **Administração da Produção e Operações.** Editora Prentice Hall, 2004.

RODRIGUES, Bruno G. **Simulação de uma Linha de Montagem de Chassis para uma Empresa Automobilística,** disponível em <[http://www.epr.unifei.edu.br/TD/produ%E7%E3o2006/PDF/Bruno\\_Gomes.pdf](http://www.epr.unifei.edu.br/TD/produ%E7%E3o2006/PDF/Bruno_Gomes.pdf)> acessado em 30 de Junho de 2008.

SANTORO, Miguel C; MORAES, Luis H. **Simulação de uma Linha de Montagem.** Gestão da Produção. V.7, n.3, p.338-351, Dez 2000.

SANTOS, Luciano C & VARVAKIS, Gregório. (2001) **Projeto e Análise de Processos de Serviços: Uma Avaliação de Técnicas de Representação.** Revista

Produto & Produção 5(3) out. pag. 01-16. Disponível em < <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/1432/377>> último acesso em 10 de Jun de 2009.

SCHMENNER, Roger W.. **Administração de operações de serviços**. Trad. de Lenke Peres. Revisão técnica de Petrônio Garcia Martins. Editora Futura, São Paulo, 419p, 1999.

SOUZA, Sebastião.D.C; ARICA, José; ELER, David.C. **Um estudo sobre o impacto da mudança tecnológica no pólo de cerâmica vermelha do Norte Fluminense**, XXIII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG 2003 disponível em < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR0802\\_0191.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0802_0191.pdf)> Último acesso em: 10 de Jun. de 2009.

SOUZA, Sebastião D.C. **Uma Abordagem Evolucionaria da Dinâmica Competitiva em Arranjos Produtivos Locais**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos - RJ, 2003.

TSENG, M. M.; QINHAI, M. & SU, C. **Mapping Customers' Service Experience for Operations Improvement**. Business Process Management Journal, vol. 5, n.1, p.50-64, 1999.

VIEIRA, C. M. F; SOARES, J. B; SARDINHA, N. A; MONTEIRO, S. N. **Revestimento Cerâmico com Argila Caulinítica e Nefelina Sienito**. Salvador, BA, Jun 2006. Disponível em < <http://www.abceram.org.br/51cbc/artigos/51cbc-5-06.pdf>> último acesso em 10 de Jun de 2009.

WILCOX, P.A.; GURAU, C. **Business modelling withUML: the implementation of CRM systems for online retailing**. Journal of Retailing and Consumer Services, n.10, 2003, p. 181 – 191.

## APÊNDICE

- **Módulos do Arena utilizados no Modelo de Simulação Protótipo.**

Para a construção do protótipo de modelo de simulação foram usados 7(sete) módulos do software Arena. O Arena possui diversos outros módulos que podem ser usados de acordo com a necessidade de quem irá desenvolver um modelo de simulação. Porém para esse protótipo de modelo de simulação esses módulos foram suficientes para o desenvolvimento do protótipo de modelo de simulação.

O módulo de entrada de entidades, módulo *Create* (fig. 1), introduz entidades no modelo de simulação seguindo intervalos de tempos entre chegadas definidas pela distribuição estatística a ser adotada.

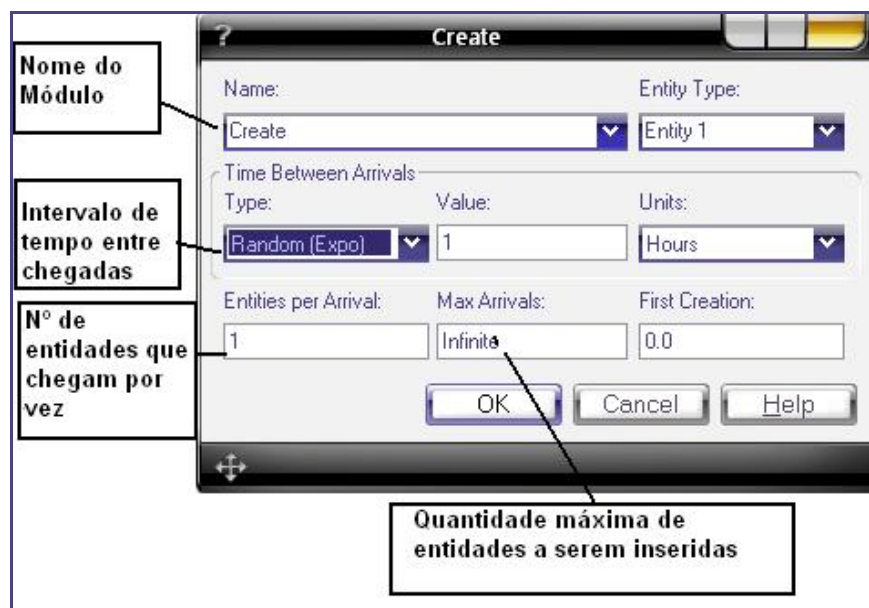


Figura 1 - Módulo Create do Arena

No módulo *Create* também são definidos o número de entidades que entram por processo por chegada e a quantidade máxima de entidades a serem inseridas.

Outro módulo que foi usado no modelo de simulação desenvolvido foi o módulo *Process* (fig. 2). Nesse módulo são definidas as ações do processo, os recursos que serão utilizados no processamento da entidade além dos parâmetros estatísticos que determinarão os tempos de processamento da entidade.

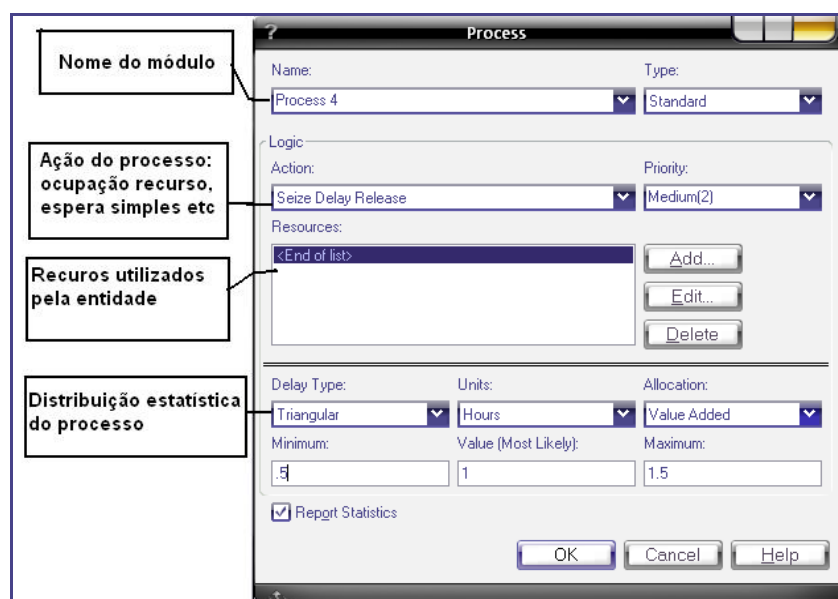


Figura 2 - Módulo Process do Arena

O módulo *Batch* (fig. 3) do Arena, serve para agrupar as entidades em lotes, antes que as mesmas passem para um outro módulo do processo de simulação. São definidos o tamanho do lote agrupado, além do tipo do lote: permanente ou temporário.



Figura 3 - Módulo Batch do Arena

O módulo *Separate* (fig. 4) é usado para desfazer esses agrupamentos temporários que são feitos pelo Batch ou também para a criação de duplicatas das entidades que passam pelo *Separate*.

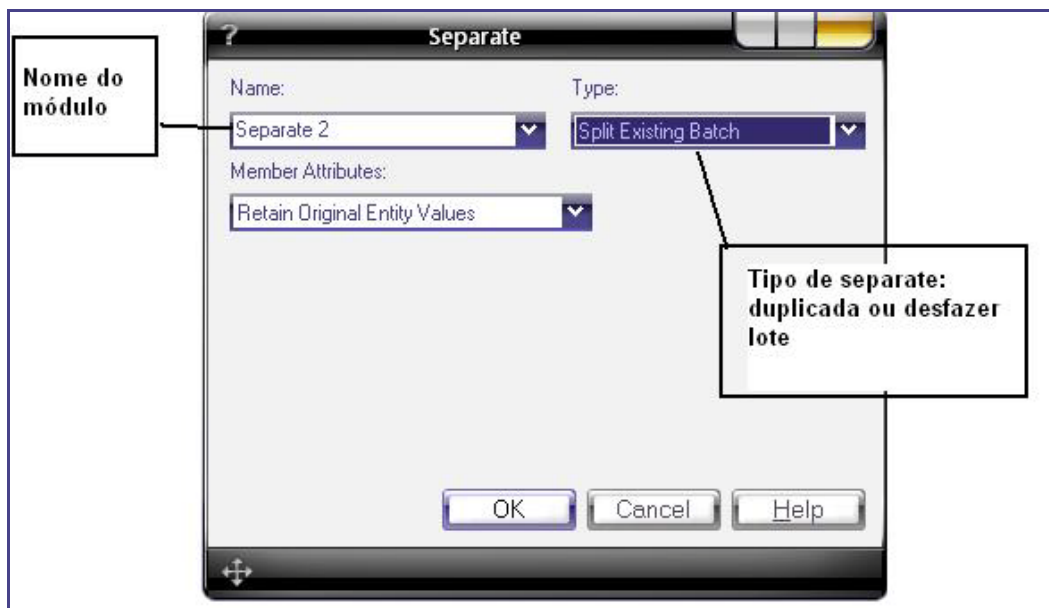


Figura 4 - Módulo Separate do Arena

O módulo *Station* (fig. 5) informa que a entidade entrou em uma nova estação de trabalho.

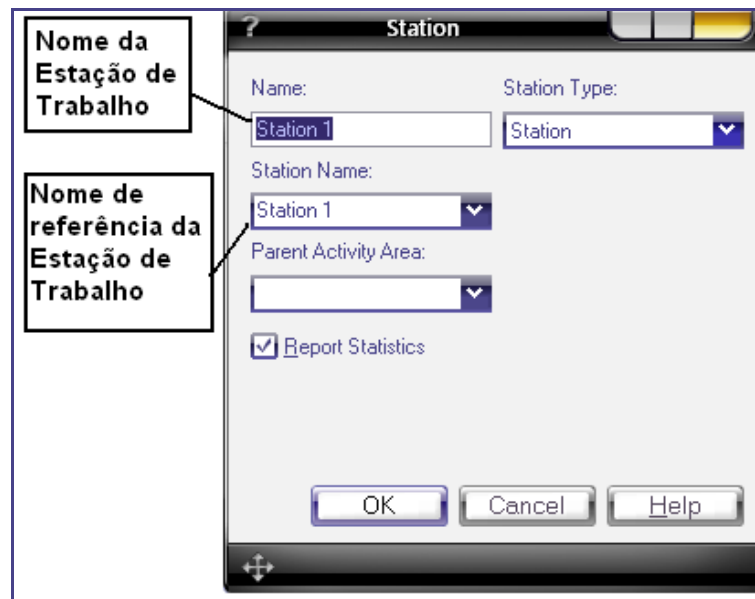


Figura 5 - Módulo Station do Arena

Nesse módulo são configurados o nome da estação de trabalho e também o nome de referência usado para fazer a ligação da estação com outras estações de trabalho.

O módulo *Leave* (fig. 6) informa que a entidade saiu de uma estação de trabalho em direção a outra estação. Nele são configurados o nome do *leave*, o intervalo de transporte entre o *leave* e a próxima estação e o tipo de transporte (*route*, *connect*, *convey* e *transpost*).

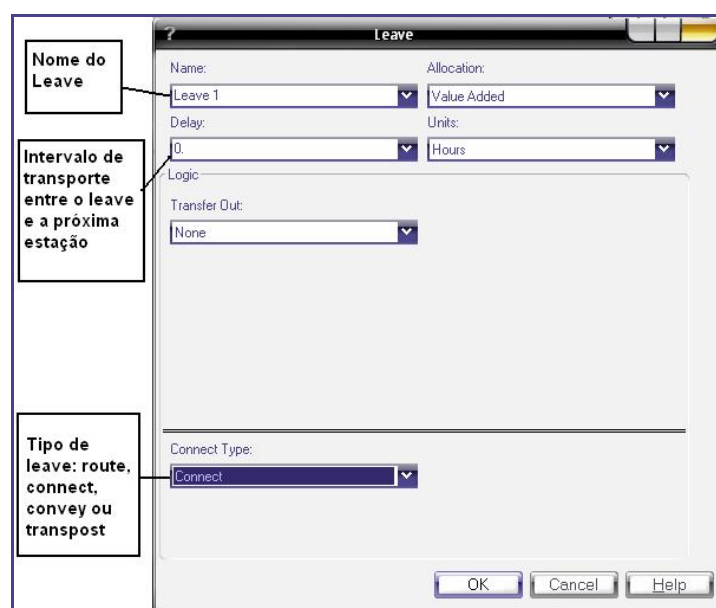


Figura 6 - Módulo Leave do Arena



A saída das entidades do modelo de simulação é representada pelo módulo *Dispose* (fig. 7).



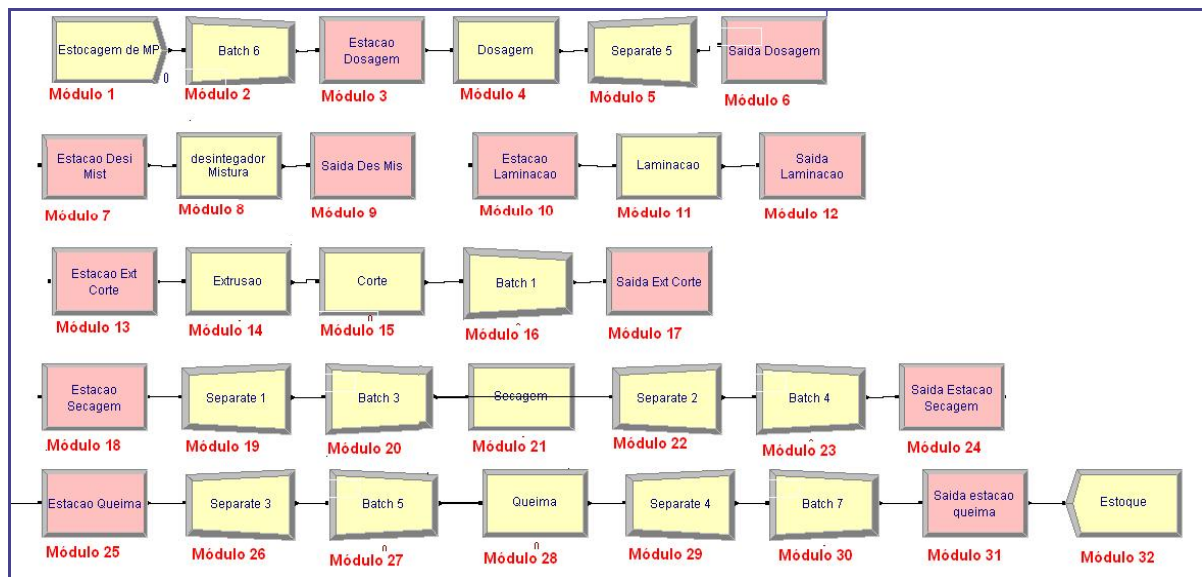
Figura 7 - Módulo *Dispose* do Arena

Para o desenvolvimento do protótipo modelo de simulação foram utilizados somente os módulos na fundamentação teórica, porém o Arena dispõe de outros módulos que podem ser usados para modelagem de diferentes processos dependendo das necessidades de quem estiver modelando.

Nesse protótipo de modelo de simulação foi definida a entidade como sendo a quantidade, em massa, necessária para a produção de uma unidade de tijolo maciço. Porém outras definições podem ser criadas, por exemplo, o volume em m<sup>3</sup> de matéria-prima processada em determinado tempo, entre outras.

- **Proposta de Protótipo para futuras simulações**

A base para o desenvolvimento do protótipo de modelo de simulação foram o modelo de mapeamento e a matriz atividade x recursos usados no item anterior. A partir do levantamento das etapas do processo produtivo, foi construído um protótipo que poderia ser usado em futuras simulações (fig. 8).



**Figura 8 - Protótipo do modelo de simulação**

O módulo 1 é do tipo *Create* e representa a entrada de matéria-prima no processo produtivo. Nesse trabalho não foi considerado a extração da argila nas jazidas, por ser um serviço terceirizado, e a entrada de matéria-prima foi considerada de acordo com quantidade em massa de matéria-prima levada para os caixões dosadores por dia de produção.

Os módulos 2, 16, 20, 23, 27 e 30 são do tipo *Batch*, ele está sendo usado para agrupar as entidades em lotes antes que elas passem para outros módulos do protótipo de modelo. Isso necessita ser feito quando no processamento ou no transporte as entidades são processadas em lotes.

Os módulos 3, 7, 10, 13, 18 e 25 são do tipo *Station*, ele define que as entidades estão entrando em estações de trabalho.

Os módulos 4, 8, 11, 14, 15, 21, 28, são do tipo *Process* e eles representam os diversos processamentos que as entidades sofrem durante o processo produtivo da empresa. Devem ser configurados as distribuições estatísticas encontrada através da coleta dos tempos de processamento de cada entidade pelo processo, além dos recursos que serão utilizados para esse processo. Também é definido como a entidade utiliza o recurso, por exemplo, do tipo *Seize Delay Release* onde a entidade ocupa o recurso, e passado um certo tempo e depois há a liberação do recurso pela entidade.

O módulo 5, 19, 22, 26 e 29 são do tipo *Separate*, servem para desagrupar os lotes temporários, oriundos de módulos *Batch* localizados anteriormente aos *Separate*, quando as entidades necessitam ser tratadas individualmente.

O módulo 6, 9, 12, 17, 24 e 31 são do tipo *Leave*, e representa a saída das entidades de uma estação de trabalho é sua passagem para outra estação. As configurações desses transportes de entidades podem ser feitas, por rota definida, esteira, conexão direta entre os módulos ou através de transporte.

Para esse protótipo em específico os seguintes recursos (fig. 9) foram utilizados.

O recurso “funcionário da produção” é usado nas etapas do transporte dos tijolos para secagem e também pelos transportes realizados antes e depois do processo de queima. A esteira 1 faz o transporte da matéria-prima dos caixões dosadores, a esteira 2 e transporta do desintegrador misturador para a laminação e a esteira 3 leva a matéria-prima até a extrusora.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Desintegrador Misturador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Laminador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Extrusor	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Cortador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Funcionarios producao	Fixed Capacity	13	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Funcionario dosador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Forneiros	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Fornos	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Dosador	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Esteira1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Esteira2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Esteira3	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		2 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

**Figura 9 - Lista de recursos utilizados no protótipo de modelo de simulação**

No caso específico desse protótipo, houve a necessidade de serem criadas duas falhas no processo produtivo (fig. 10). Uma relacionada à quebra da linha de corte quando há uma parada de produção até a substituição da linha e outra relacionada aos dias em que a empresa se concentra especificamente nas atividades de carregamento e descarregamento dos fornos, por problemas climáticos, por falta de área para estoque de tijolos na etapa de secagem entre outros fatores que fazem com que a empresa não produza.

Failure - Advanced Process							
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only
1	quebra linha corte	Time	EXPO( 2.5 )	Hours	EXPO( 1 )	Minutes	
2	Parada Producao	Time	3	Days	3	Days	

**Figura 10 - Falhas do protótipo de modelo de simulação**