

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DO PROCESSO DE PALETIZAÇÃO DE TIJOLOS – UM ESTUDO DE CASO ¹

João José de Assis Rangel²
Leonardo das Dores Cardoso³
Poliana Henriques Messias⁴
Ana Lúcia Dieguez Skury⁵
Sérgio Neves Monteiro⁶

Resumo

O objetivo do presente trabalho é analisar por simulação computacional o processo de paletização dos tijolos e o embarque mecanizado em caminhões, avaliando o número de operadores, empilhadeiras, área de estocagem, fluxo de produção dos fornos, dentre outros parâmetros. Este objetivo se faz presente, tendo em vista que, atualmente, quase toda produção dos 100 milhões de tijolos por mês produzidos na cidade de Campos é embarcada manualmente em caminhões, acarretando muitas perdas com o manuseio excessivo das peças. O estudo foi realizado por meio de simulação estocástica de eventos discretos, utilizando o software Arena®12. As principais medidas de desempenho avaliadas no processo de paletização e embarque de tijolos foram: a taxa de utilização de operadores e máquinas, tempo dos processos e a quantidade de páletes.

Palavras-chave: Simulação; Paletização; Tijolos; Embarque.

COMPUTATIONAL SIMULATION FOR ANALYSIS OF THE PROCESS OF PALETIZAÇÃO OF BRICKS - A CASE STUDY

Abstract

The objective of the present work is to analyze the brick palletization process and the mechanized embarkment in trucks through computational simulation, evaluating the number of operators, pilers, stockage area, flow of production in the ovens, amongst other parameters. This objective makes itself present observing that, nowadays, almost all production of 100 millions of bricks per month produced in Campos city is much to embark manually in trucks, carrying many losses with the excessive handling of the parts. The research was developed by stochastic simulation of discrete-event, using the Arena®12 software. The main measures of performance evaluated in the palletization process and embarkment of bricks were: the rate of using of operators and machines, time of process and the quantity of pallet.

Key words: Simulation; Palletization; Bricks; Embarkment.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *DSc. Professor da Universidade Candido Mendes (UCAM-Campos). Rua Anita Pessanha, 100, Cep.: 28040-320, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil – joao@ucam-campos.br*

³ *Bolsista de Iniciação Científica do Instituto Federal Fluminense (IFF). Rua Dr. Siqueira, 273, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

⁴ *Bolsista de Iniciação Científica da Universidade Candido Mendes (UCAM-Campos).*

⁵ *DSc, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil.*

⁶ *PhD, Professor da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF - CCT - LAMAV)*

1 INTRODUÇÃO

O município de Campos dos Goytacazes, localizado no norte do estado do Rio de Janeiro é um grande produtor de cerâmica vermelha. Possui aproximadamente 100 unidades industriais, com uma produção média estimada em 100 milhões de peças por mês (principalmente tijolos), sendo, desta forma, um dos principais pólos cerâmicos do país. O setor cerâmico do município de Campos caracteriza-se por ser exportador para outras regiões, como o sul do próprio estado do Rio de Janeiro, o sul do Espírito Santo (até a cidade de Vitória) e o leste de Minas Gerais. No entanto, praticamente todo o escoamento da produção da indústria é ainda feito unicamente por modal rodoviário, em caminhões com capacidade média de 10 mil peças e com carregamento feito de forma unitária e manualmente.⁽¹⁾

Sendo o tijolo um produto de baixo valor agregado, o custo de transporte implica fortemente no valor do produto final comercializado.⁽²⁾ Levando este fato em consideração e com a perspectiva de aumento do custo do transporte local, devido à cobrança de pedágio no principal canal onde atualmente escoam a produção do município de Campos, a BR 101 (no trecho Rio-Vitória). Considerando também que muitas empresas de construção civil estão exigindo que os tijolos cheguem aos canteiros de obra em páletes, de modo a facilitar e baratear o seu manuseio e transporte. E ainda, considerando que os tijolos transportados em páletes proporcionam a redução de perdas com o manuseio, nas operações de embarque e desembarque em caminhões. O presente trabalho vem analisar os fatores que podem estar envolvidos com a introdução das operações de paletização e o posterior embarque em caminhões em cerâmicas de Campos dos Goytacazes, visando à redução das perdas no processo e a redução de custos.

A paletização é um procedimento conhecido e também muito utilizado para melhorar a movimentação e armazenagem de cargas. Diversos fatores são levados em consideração na elaboração de projetos de cargas paletizadas, destacando alguns requisitos para implementação e vantagens e desvantagens desta técnica, que são:⁽³⁾

- melhoria na utilização dos espaços nos depósitos;
- redução de acidentes pessoais;
- economia de 40% a 45% no custo da movimentação;
- redução do tempo de movimentação, embarque e desembarque;
- simplificação do controle de inventário;
- eliminação quase total de danos aos produtos;
- uniformização do local de estocagem;
- aumento do custo de embalagem; e
- necessidade de movimentação de páletes vazios entre o destino e a fábrica.

Desta forma, mais especificamente, o presente trabalho vem analisar, através de simulação computacional, as operações envolvidas no processo de paletização e embarque de tijolos em caminhões nas cerâmicas do município de Campos dos Goytacazes. A análise considerou as principais medidas de desempenho associadas com: a taxa de utilização de operadores e máquinas, a área para operações com os páletes, a quantidade e tamanho dos páletes (considerando como restrições: as dimensões do tijolo e caminhão e o peso total da carga).

Este trabalho não considerou questões econômicas relacionadas ao processo de paletização em uma cerâmica. Tendo em vista o baixo custo geral e a simplicidade inerente às operações relacionadas ao processo de paletização, optou-

se em analisar através de simulação computacional o fluxo das operações dos processos envolvidos e avaliar a dinâmica do sistema como um todo. Desta forma espera-se que os resultados aqui encontrados possam contribuir futuramente com a implantação deste processo em cerâmicas da região e se tenha uma primeira avaliação para ser utilizada como base para um estudo completo, onde o custo final do sistema possa ser determinado com precisão.^(4,5)

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O levantamento dos dados foi realizado na Cerâmica Siqueira Cardoso, localizada no distrito do Espinho, no município de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, no primeiro semestre de 2008.

A Figura 1 mostra a vista panorâmica da referida unidade industrial utilizada neste estudo. Em uma primeira avaliação do ambiente fabril, nota-se a simplicidade das instalações e a forma rudimentar com que a produção é realizada. No entanto, esta é uma cerâmica típica da região, semelhante à maioria das outras 100 unidades locais.



Figura 1: Vista panorâmica da Cerâmica Siqueira Cardoso (1- Terreiro de Secagem, 2- Fornos, 3- Maquinaria, 4- Administração).

O terreiro de secagem, item 1 da Figura 1, é o local onde ocorre a desumidificação do produto, através da exposição natural ao sol e ao vento; o forno, item 2 da Figura 1, é do tipo contínuo, sendo compartimentado em unidades independentes (cada compartimento possui uma porta própria), este é o local onde ocorre a sinterização das peças; a maquinaria, item 3 da Figura 1, é o local onde a argila é processada para a conformação das peças; e a administração, mostrada no item 4 da Figura 1.

A Figura 2 mostra esquematicamente a seqüência do processo de moldagem das peças a partir da argila bruta no interior da área de maquinaria da cerâmica em estudo.

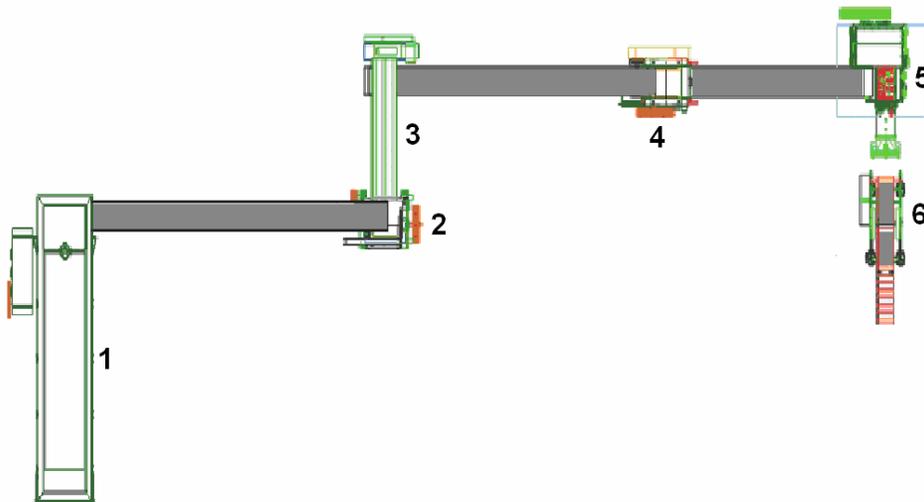


Figura 2: Esquemática do processo de moldagem das peças cerâmicas (1:Alimentador Dosador, 2: Desintegrador, 3- Misturador, 4: Laminador, 5: Extrusora e 6: Cortador).

As peças são preparadas da seguinte forma: A argila chega diretamente ao **Alimentador Dosador**, transportada por caminhões. Nesta etapa a argila é triturada e quebrada em partes menores, de modo a se retirar raízes e outros materiais orgânicos que possam estar incorporados à sua estrutura. Ao sair do Alimentador Dosador, a argila é transportada por uma esteira até o **Desintegrador**. Nesta parte do processo a argila é prensada e quebrada em partes ainda menores.

Acoplado a parte inferior do Desintegrador existe um **Misturador**, equipamento com princípio de funcionamento semelhante ao Alimentador Dosador, onde um eixo com paletas, mistura a argila, além de quebrá-la em partes ainda menores e retirar também raízes e outras impurezas. Ao sair do Misturador a argila é transportada por uma esteira para o **Laminador**. Este equipamento tem a função de dar a argila uma forma de massa homogênea.

Saindo do laminador a argila é transportada por outra esteira para a **Extrusora**. Este equipamento proporciona a forma final do tijolo, conformado em uma massa contínua. Por fim a massa segue para o **Cortador** onde se faz o corte final das peças nas medidas que são normalmente comercializadas: 19cmx9cmx19cm ou 29cmx9cmx19cm.

Os tijolos, ainda na forma de massa de argila, são conduzidos para o Terreiro de Secagem onde são expostos ao ambiente. A exposição ambiental ao sol e ao vento proporciona a desumidificação da massa de argila conformada em tijolos. Por fim, os tijolos então são conduzidos ao forno para o processo final de sinterização.

Após a sinterização dos tijolos, o produto já está pronto para ser comercializado pela indústria. Na maioria das vezes o tijolo não chega a ser dirigido para um sistema de estocagem e sim, é embarcado ainda quente em caminhões, saindo diretamente dos fornos (com a temperatura em torno de 50°C). Nestes casos, os caminhões são estacionados próximos aos fornos e os operários retiram os tijolos de dentro dos fornos em carrinhos de mão e os levam próximos aos caminhões para o embarque. Atualmente, todas estas operações para o embarque dos tijolos em caminhões são ainda realizadas na forma manual.

A Figura 3 ilustra então uma área idealizada para a realização da simulação computacional dos processos de paletização e o posterior embarque mecanizado destes tijolos em caminhões.



Figura 3: Esquemática da área de paletização e embarque.

O sistema hipotético para paletização e embarque mecanizado simulado computacionalmente compreendeu uma área que normalmente é localizada entre o forno e o ponto de embarque dos caminhões, como ilustrado na Figura 3. Esta é uma área normalmente existente nas indústrias cerâmicas da região, podendo ter dimensões entre: 150 m² e 300 m². Nela normalmente há espaço suficiente para a movimentação de operadores com carrinhos de tijolos e empilhadeira, necessários para a realização dos processos de paletização e embarque dos tijolos.

O sistema simulado computacionalmente compreendeu então as seguintes operações:

1- Transporte dos tijolos de dentro do forno pelos operários, feito com carrinho de mão, para a área externa onde deverá ser realizada a paletização;

2- cintamento do pálete. O cintamento é uma operação onde os operários passam fitas de forma a manter unidos os tijolos ao pálete e proporcionar um único conjunto monolítico; e

3- por último o embarque dos páletes nos caminhões com empilhadeira.

3 DESCRIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

A simulação é definida, segundo Carson⁽⁶⁾ como um processo de experimentação sobre um modelo simplificado de um sistema real ou hipotético tendo como objetivo determinar como o sistema responderá às mudanças em sua estrutura,

ambientes ou condições de contorno. Para o desenvolvimento do modelo para simulação computacional do sistema aqui proposto, foi seguida a metodologia proposta por Freitas Filho,⁽⁷⁾ seguindo os seguintes passos: formulação e análise do problema; planejamento do projeto; formulação do modelo conceitual; coleta de macro-informações e dados; tradução do modelo; verificação e validação; projeto experimental; experimentação; interpretação e análise estatística dos resultados; comparação de sistemas e identificação da melhor solução; documentação e apresentação dos resultados e implementação.

A Figura 4 mostra o modelo conceitual do sistema simulado computacionalmente. Utilizaram-se os elementos do IDEF-SIM⁽⁸⁾ para elaboração do referido modelo conceitual e descrição da dinâmica do sistema. O modelo englobou uma parcela do processo referente à produção de duas unidades de um forno típico da região com 5.000 tijolos em cada unidade.

Este valor foi então otimizado a partir das dimensões do tijolo, pálete e caminhão. Foi feita a seguinte configuração: considerando um pálete com dimensões de 115 cm x 110 cm, onde desta forma seja possível agrupar um total de 360 tijolos. E que um total de 28 destes páletes possam ser carregados sobre a carroceria de um caminhão, proporcionaria então um total de 10.080 tijolos. Esta é a quantidade que normalmente é carregada em um caminhão utilizado pelas cerâmicas da região. Assim, será admitido então que a produção de uma unidade do forno será de 5.040 tijolos.

A dinâmica do sistema para a simulação computacional do processo de paletização e embarque mecanizado ocorre da seguinte forma: os 5.040 tijolos são gerados no momento inicial da simulação a partir dos elementos E1, que representa cada uma das unidades do forno. Posteriormente é realizado o carregamento (F1) dos tijolos por operadores (R1A e R1B) nos carrinhos de mão (R4A e R4B) proporcionando um total de 72 (setenta e dois) tijolos. Os mesmos operadores transportam (M1) os tijolos conduzindo o carrinho de mão para a área externa, onde realizam o descarregamento (F2) dos tijolos sobre o pálete. Esta operação se repete por cinco vezes até o pálete atingir a quantidade de 360 tijolos. Terminada a operação de montagem do pálete, é feito o cintamento (F3) do mesmo pelo operador (R2). Neste momento o pálete está pronto para ser embarcado (F4) em caminhões pelo operador (R3) com a empilhadeira (R5).

O modelo conceitual foi construído com as duas unidades do forno (E1) em paralelo. Isto permite que se façam simulações com as operações acontecendo simultaneamente e, conseqüentemente, em um tempo menor. No entanto, nada impede que se realizem hipóteses de simulação em que estas operações sejam realizadas em série.

Após a modelagem foi realizada a tradução do modelo conceitual para o modelo computacional utilizando o software Arena@12 e realizadas as simulações computacionais do sistema.

O objetivo da simulação foi avaliar a dinâmica das operações envolvidas no processo de paletização dos tijolos e o embarque dos mesmos em caminhões. Foi considerado o tempo de cada etapa necessária para a realização dos processos, de: embarque, transporte e cintamento, além da taxa de utilização dos operadores e empilhadeira.

Para verificação e validação do modelo foram seguida a metodologia proposta por Sargent,⁽⁹⁾ destacando a aplicação de testes de continuidade com dados de campo sobre os valores relativos aos tempos de carregamento, transporte, cintamento e embarque em caminhão. As simulações apenas foram iniciadas após o modelo ter

sido verificado e validado por completo e realizadas para o carregamento completo de um caminhão. Foram utilizadas dez replicações para simulação de cada cenário do modelo. Os resultados foram ainda apresentados a especialistas das cerâmicas para avaliação do comportamento do sistema de simulação como um todo.⁽¹⁰⁾

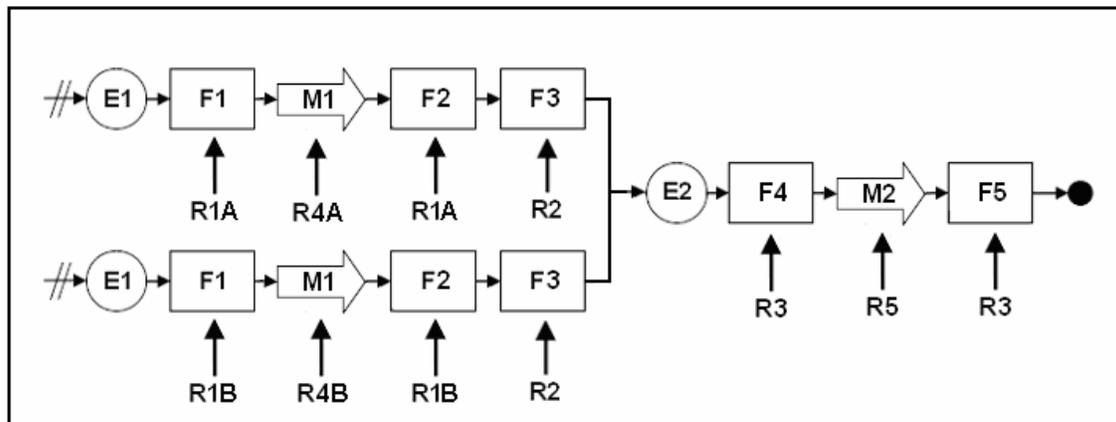


Figura 4: Modelo conceitual do sistema de paletização utilizando a nomenclatura padronizada pelo IDEF-SIM. Os parâmetros explicativos dos elementos da figura estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos elementos e parâmetros utilizados no sistema.

	DESCRIÇÃO	PÂRAMETRO
E1	Tijolo	5040 Tijolos
E2	Pálete	360 tijolos cada
F1	Carregamento	55 segundos e desvio padrão de 5 segundos [Normal (55,5)]
F2	Descarregamento	53 segundos e desvio padrão de 5 segundos [Normal (53,5)]
F3	Cintamento	180 segundos e desvio padrão de 18 seg. [Normal (180,18)]
F4	Embarque	30 segundos e desvio padrão de 3 segundos [Normal (30,3)]
F5	Desembarque	30 segundos e desvio padrão de 3 segundos [Normal (30,3)]
M1	Transporte Carrinho	10 segundos
M2	Transporte Empilhadeira	12 segundos
R1A	Operador 1A (Unidade A)	1 operador para: carregar, transportar e descarregar
R1B	Operador 1B (Unidade B)	1 operador para: carregar, transportar e descarregar
R2	Operador 2	1 operador para o cintamento
R3	Operador 3	1 operador da empilhadeira
R4A	Carrinho de Mão (Unidade A)	1 carrinho de mão
R4B	Carrinho de Mão (Unidade B)	1 carrinho de mão
R5	Empilhadeira	1 empilhadeira

* Optou-se por não utilizar uma distribuição de probabilidades por ser esta uma tarefa de menor duração.

Para uma primeira análise do sistema foi utilizada a distribuição contínua Normal. Ressalta-se que a distribuição Normal é utilizada sempre que a aleatoriedade for causada por fontes independentes agindo de forma aditiva⁽⁷⁾. Isto é típico de tarefas repetitivas e de grande frequência realizadas por seres humanos. Apesar de ser adequada, a distribuição Normal pode não ser a melhor distribuição que se adere a um conjunto de dados a serem colhidos futuramente. Outros trabalhos poderão ser ainda realizados para avaliar melhor este comportamento, levando em consideração um conjunto de dados coletados.

4 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS DE SIMULAÇÃO

Foram simulados quatro cenários, estruturados de tal forma a se poder avaliar a influência da ação dos operadores na dinâmica geral do sistema de paletização e embarque, o tempo total dos processos e a taxa de utilização dos operadores e equipamentos (carrinho de mão e empilhadeira).

Na montagem dos cenários para simulação, manteve-se constante a quantidade de tijolos a serem embarcados em um caminhão, considerando-se o espaço necessário para o carregamento e a área de movimentação dos carrinhos e empilhadeira.⁽¹¹⁾

Descrição dos cenários (relativos à Tabela 2):

Cenário 1: Produção em paralelo das duas unidades do forno. Cada operador executa tarefas específicas: OP1A carrega, transporta e descarrega na unidade A, OP1B carrega, transporta e descarrega na unidade B, OP2 cinta nas duas unidades, OP3 opera a empilhadeira.

Cenário 2: Produção em série das unidades do forno. O OP1A carrega, transporta e descarrega das duas unidades, OP2 cinta e OP3 opera a empilhadeira.

Cenário 3: Produção em paralelo das duas unidades do forno. O OP1A carrega, transporta, descarrega e também realiza o cintamento na unidade A, OP1B carrega, transporta, descarrega e, por sua vez, também realiza o cintamento na unidade B e OP3 opera a empilhadeira.

Cenário 4: Produção em paralelo das duas unidades do forno. O OP1A carrega, transporta e descarrega na unidade A, OP1B carrega, transporta e descarrega na unidade B, OP2 realiza o cintamento nas duas unidades e também opera na ação final a empilhadeira.

Tabela 2: Distribuição do operadores nos cenários simulados.

Cenário	Operador 1A	Operador 1B	Operador 2	Operador 3
1	SIM	SIM	SIM	SIM
2	SIM	NÃO	SIM	SIM
3	SIM	SIM	NÃO	SIM
4	SIM	SIM	SIM	NÃO

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra os principais resultados obtidos nos experimentos simulados com o modelo de paletização e embarque dos tijolos. Pode ser avaliado, em um primeiro momento, que o tempo total do processo de paletização e embarque mecanizado é coerente com o tempo total de embarque dos tijolos na forma manual. Este primeiro resultado foi importante para confirmar a validação do modelo.

Os resultados mostram ainda que a taxa de utilização dos operadores OP1A e OP1B estão próximos de 80% com uma variação máxima de 10% no caso do OP1A no cenário 3. Estes valores estão bem adequados para a taxa de ocupação de seres humanos em tarefas repetitivas. No caso do OP2, quando este realiza apenas a função de cintamento, os resultados de 44% (cenário 1) e 25% (cenário 2) estão baixos, mostrando que este operário fica ocioso durante a realização dos processos. Apenas no cenário 4 o OP2 tem uma taxa de ocupação mais admissível,

com 63% de taxa de utilização. Neste caso ele realiza as ações de cintamento e opera a empilhadeira.

Em relação ao processo de paletização poder ser realizado em paralelo ou em série nas duas unidades do forno, chegou-se ao resultado de um tempo maior para a operação em série, como podia ser esperado. No entanto, a operação em série não chega a ser o dobro do tempo (cenário 1: 3,19h e cenário 2: 5,68h) e possibilita um custo menor, a partir do momento que não necessita da utilização do OP1B.

Com exceção do recurso empilhadeira que apresentou uma baixa taxa de utilização (entre 11% e 20%), os carrinhos de mão apresentaram taxas de utilização entre 64% e 88%, sendo valores aceitáveis para equipamentos.

Tabela 3: Resultados das simulações.

Cenário	Tempo de Paletização e Embarque (Horas)	Taxa de utilização (%)						
		OP1A	OP1B	OP2	OP3	Carrinho A	Carrinho B	Empilhadeira
1	3,19	78	79	44	20	78	79	20
2	5,68	88	-	25	11	88	-	11
3	3,85	83	83	-	17	65	64	17
4	3,23	77	78	63	-	77	78	20

Na avaliação geral das simulações, constatou-se que o cenário que apresentou a melhor dinâmica foi o cenário 4, enquanto o cenário 1 apresentou a menos satisfatória entre elas. Note que o cenário 4 possui um tempo reduzido em relação aos cenários 2 e 3 (que também possuem 3 operadores) e possui uma taxa de utilização para operadores e máquinas bem adequado (OP1A, OP1B e OP2 com 77%, 78% e 63%, respectivamente). Já o cenário 1 possui um total de quatro operadores, implicando maior custo e ocasionando maior ociosidade para os operadores: OP2 e OP3, com 44% e 20%, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

Após a validação e testes do modelo elaborado para avaliar o processo de paletização e embarque de tijolos em caminhões, pode-se constatar que o mesmo atendeu às expectativas da sua construção, possibilitando entender a dinâmica dos processos envolvidos visando à sua implantação futura em cerâmicas da região.

Ressalta-se aqui a importância deste tipo de pesquisa em empresas ceramistas da região norte do estado do Rio de Janeiro. Dado o porte destas empresas, dificilmente elas poderiam realizar este tipo de investigação com recursos próprios.

Espera-se que os resultados das simulações computacionais aqui apresentados, sobre a dinâmica das operações dos processos de paletização e embarque de tijolos em caminhões, possam ser utilizados em trabalhos futuros a serem desenvolvidos para implantação deste sistema.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Fundação Estadual do Norte Fluminense - FENORTE, Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro - FAPERJ e Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, pelo suporte financeiro para

esta pesquisa. Bem como à Metalúrgica Cardoso e à Cerâmica Siqueira Cardoso pelos dados e avaliações do modelo.

REFERÊNCIAS

- 1 PANORAMA do Pólo Cerâmico e do Município de Campos dos Goytacazes - RJ Campos Dos Goytacazes: Faperj - UENF, 2007.
- 2 SANTOS, C.C.M., LEAL Jr, I.C., FILHO, V.J.M.F. A Utilização da Simulação para Análise e Escolha de Modal de Transporte. Anais do XI Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, Bauru/SP, 12p., 2004. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br>
- 3 SALIBY, E. Tecnologia de Informação: Uso da Simulação para Obtenção de Melhorias em Operações Logísticas. Artigos CEL, Centros de estudos em Logística, 1999. Disponível em : www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm, consulta feita em março de 2008.
- 4 CAPOZZIELLO L. J., CAPOZZIELLO D. J. Package and Method for Transporting Loose Brick, U.S. Patent, Mar. 10, 1981.
- 5 FERREIRA, J.C.E., MOURA, E.B., RIBEIRO, L.P.G. O Uso da Simulação para Aumentar a Competência da Indústria Junto ao Mercado Externo. Disponível em: <http://www.grima.ufsc.br/papers/PapEnegep2001LuizPaulo.pdf>, consulta feita em março de 2008.
- 6 CARSON II, J.S. Introduction to Modeling and Simulation. Proc. of the Winter Simulation Conference, Marietta, USA, 9-16, 2004. Available: <http://www.wintersim.org>
- 7 FREITAS FILHO, Paulo José de. *Introdução a modelagem e simulação de sistemas*. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Visual, 2008. 372 p.
- 8 LEAL, F.; ALMEIDA, D.A. e MONTEVECHI, J.A.B. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de Elementos do IDEF. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XL-SBPO, João Pessoa - Pb, 1-12, 2008.
- 9 SARGENT, R.G. Verification and Validation of Simulation models. Proc. of the Winter Simulation Conference, Syracuse/NY, USA, 124-137, 2004. Available: <http://www.wintersim.org>
- 10 VIEIRA, G.E. Uma Revisão Sobre Aplicação de Simulação Computacional em Processos Industriais. Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, Bauru/SP, 10p., 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br>
- 11 KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P., STURROCK, D.T. Simulation with Arena, Forth Edition, New York; McGraw- Hill, 2007.