



IJIE

Iberoamerican Journal of Industrial Engineering
Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial
Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial

IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering
Periódico da área de Engenharia Industrial e áreas correlatas
Editor responsável: Nelson Casarotto Filho, Prof. Dr.
Organização responsável: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Processo de avaliação de artigos por pares
Periodicidade: Semestral
Florianópolis, SC, v. 3, n. 1, p. 153-168, MÊS. ANO
Artigo recebido em 25/04/2011 e aceito para publicação em 19/06/2011.

MODELO DE SIMULAÇÃO PARA ANÁLISE DO BENEFICIAMENTO DE BLOCOS DE GRANITO – UM ESTUDO DE CASO

SIMULATION MODEL FOR ANALYSIS OF BENEFICIATION OF BLOCKS OF GRANITE - A CASE STUDY

Jocimar Fernandes

Universidade Candido Mendes
Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional
Rua Anita Peçanha, 100, Parque Santo Amaro, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.
jocimarfernandes@gmail.com

João José de Assis Rangel

Universidade Candido Mendes
Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais
Rua Anita Peçanha, 100, Parque Santo Amaro, Campos dos Goytacazes - RJ, Brasil.
joao@ucam-campos.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é apresentar a análise de um processo de beneficiamento de blocos de granito por meio de simulação computacional. O Modelo de simulação abordou na íntegra o processo de produção da indústria São Joaquim Mármore e Granitos Ltda., com sede no Distrito de São Joaquim, Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo (ES). O modelo conceitual do sistema foi elaborado a partir dos elementos do IDEF-SIM e posteriormente traduzido para o software de simulação Arena. O modelo de simulação permitiu avaliar os processos de produção desde o produto bruto até o seu beneficiamento final. Com os resultados, puderam-se avaliar algumas questões de produção e principalmente os recursos utilizados pelo sistema, visando uma melhoria dos processos e a redução dos custos de produção da Empresa.

Palavras-chave: Simulação. Beneficiamento. Bloco de Mármore e Granito.

ABSTRACT: The aim of this paper is to present the analysis of a beneficiation process of granite blocks through computer simulation. The simulation model addressed the production process of the industry marble and granites São Joaquim Ltda., headquartered in São Joaquim County, Cachoeiro de Itapemirim – Espirito Santo (ES). The conceptual model of the system was drawn from elements of the IDEF-SIM and then translated into the simulation software Arena. The simulation model allowed evaluating the production processes from the raw product to its final processing. With the results, some issues of production were able to be evaluated and especially the resources used by the system, aiming at improving processes and reducing production costs of the Company.

Keywords: Simulation. Beneficiation. Blocks of Marble and Granite.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo elaborar um modelo de simulação para analisar o processo de beneficiamento de blocos de granito em uma empresa de processamento de pedras ornamentais. A análise foi conduzida por meio de simulação computacional devido à natureza dinâmica e estocástica dos sistemas envolvidos e a possibilidade de se avaliar possíveis cenários futuros dos processos. A simulação computacional possui muitos objetivos e definições.

Segundo Freitas Filho (2008), um estudo simulado pode economizar tempo e recursos financeiros no desenvolvimento de projetos, trazendo ganhos de produtividade e qualidade. Os custos de tais análises são, em geral, insignificantes se comparados aos seus benefícios.

Ainda, a possibilidade do emprego de animações permitindo que se visualize o comportamento dos sistemas durante as simulações (BANKS et al., 2010).

E também, a simulação pode ser definida como um processo de modelagem de um sistema real e a condução de experimentos com este modelo, com o propósito de entender o comportamento do sistema. A simulação implica na modelagem de um processo ou sistema de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo (PIDD, 2004).

Visando essas análises, a empresa São Joaquim Mármore e Granitos, com sede no Distrito de São Joaquim, Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo (ES), pretende-se avaliar, por meio de simulação computacional, a produção de blocos de granitos brancos em material beneficiado (recortados), ou seja: ladrilhos de 0,40 cm x 0,40 cm.

A empresa possui uma área total de 30.000 m², sendo a área construída da seguinte forma:

- Galpão Serraria → 4 Teares: 545 m²;
- Galpão Marmoraria → Poltrizes, Cortadeira e Ponte Rolante: 812 m²;
- Almoxarifado, área funcional e banheiros → 65 m²;
- Tanque de Decantação → 8 m³;
- Área de descarga → Estoque (Bloco): 252 m² e;
- Administração Geral → 80 m².

Atualmente o valor do patrimônio construído e de sua área industrial é aproximadamente de três milhões de reais. A empresa atua no mercado nacional há quinze anos, entretanto, nos últimos vinte e quatro meses houve necessidade de uma redução de 50%

na sua capacidade de produção, por causa dos impactos econômicos do mercado nacional e internacional.

A São Joaquim Mármore e Granitos que utilizava o sistema de produção “empurrada”, desde sua instalação, visa agora alterar esse procedimento para a forma de produção “puxada”. Esse ponto de vista tem como objetivo produzir somente o que está sendo vendido. De acordo com Gstettner e Kuhn (1996) os sistemas de controle de produção dividem em sistemas de genericamente “puxar” e “empurrar” a produção. Para os autores, em sistemas do tipo empurrar, a produção é iniciada a partir de uma instância central de planejamento que faz uso de previsões para demandas futuras.

A produção neste caso é iniciada antes da ocorrência da demanda (sem pedido de venda), pois de outra maneira os bens não poderiam ser entregues dentro do prazo. Portanto, os *lead times* de produção têm de ser conhecidos ou aproximados. Em um sistema de puxar ou puxada, a produção começa quando a demanda acontece de fato (pedido de venda confirmado). A produção é disparada por um sistema de controle descentralizado. Para evitar longos tempos de espera, peças e produtos acabados devem ser estocados nos chamados *buffers* ou pulmões. Logo, os sistemas de puxar são chamados de sistemas com nível mínimo.

O estoque de blocos (matéria prima) da São Joaquim para os produtos industrializados é zero, ou seja, compra e produz e seu estoque de produtos beneficiados gira aproximadamente em 1000 m². A empresa compra o bloco e o mesmo já entra em produção. Somente existe estoque do bloco no caso de os teares estarem ocupados (na produção) ou parados para economizar insumo de produção. Esse “esquema” de paralisação dos teares foi adotado por não estarem conseguindo vender seus produtos após industrialização e conseqüentemente trazendo falta de recursos econômicos para gerir a operação da produção e para estocagem dos produtos.

Também foi adotada pela empresa, mas sem utilização de simulação, a industrialização do bloco em chapas de 1,5 cm de espessura, considerando as demandas anteriores e o mercado de beneficiamento que necessitam de produtos mais leves na construção civil. Seus produtos beneficiados ladrilhos possuem o padrão de 0,40 cm x 0,40 cm ou ainda de 0,50 cm x 0,50 cm.

Seu objetivo principal é responder a algumas perguntas antes de fazer o investimento necessário na indústria ou na compra de insumos para aumento da produção. Haja vista que, todo o investimento em maquinário nesta área de produção é extremamente elevado.

A direção da indústria também pretende obter informação a respeito de quantos ladrilhos pode produzir em um período de 30 dias, nos tamanhos de 0,55 m x 0,55 m.

Pretende ainda saber qual será sua produção em m² desses produtos, a quantidade de blocos serrados neste período, o valor final dos produtos em estoque (preço de venda por m² do produto em função da quantidade total armazenada em estoque), a quantidade de produtos descartados por seu valor e a taxa média de utilização dos ajudantes.

Paralelamente à produção, também é necessária a simulação da redução da mão-de-obra, ou seja, reduzir o quadro atual de ajudantes da indústria nos processos de produção, sem prejudicar o tempo de produção alcançado regularmente pela empresa.

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O levantamento de dados foi realizado junto com a administração de produção da São Joaquim Mármores e Granitos, no Distrito de São Joaquim em Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo (ES). As Figuras 1 e 2 apresentam as imagens de dois dos principais processos de produção do granito na empresa, ou seja: serragem e movimentação, respectivamente.



Figura 1 – Processo P2 – *Tear* – Serragem do bloco

Fonte: Parque Industrial São Joaquim (2009)



Figura 2 – M4 – Movimentação – chapas brutas para o P3 (Polimento – Polideira)

Fonte: Parque Industrial São Joaquim (2009)

2.1 Diagrama das etapas do processo de industrialização do bloco de granito

A Figura 3 mostra o diagrama de todas as etapas do processo de industrialização dos blocos de granito da empresa.

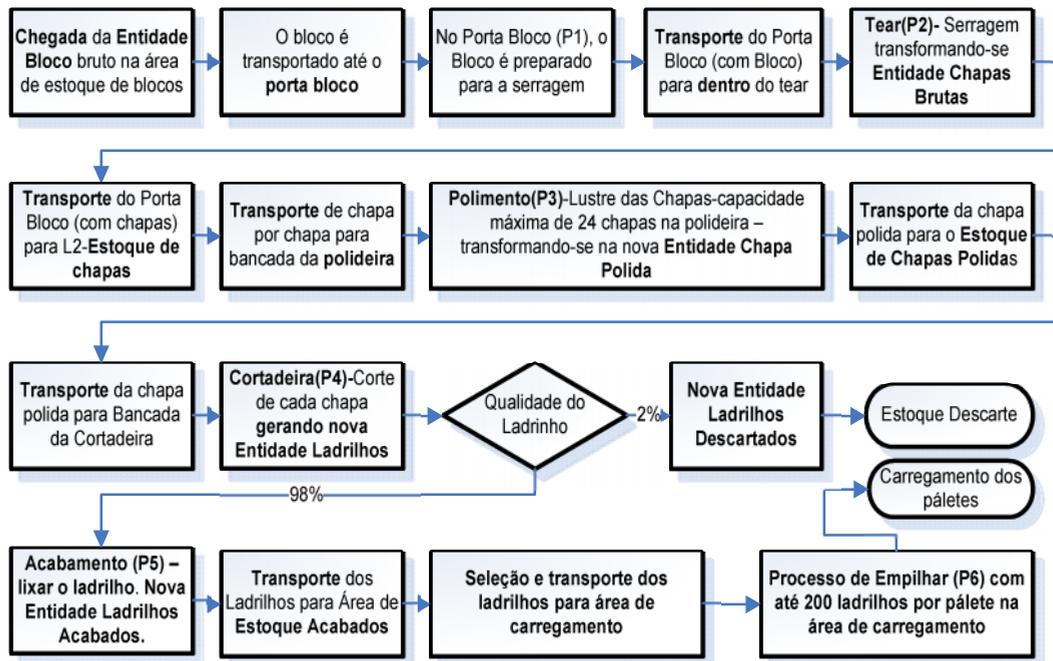


Figura 3 – Diagrama das etapas do processo.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

2.2 Etapas do processo da industrialização do bloco de granito

O processo de industrialização do bloco de granito se dá por meio das seguintes etapas:

- i. O processo inicia após a compra do bloco de granito que chega carregado em caminhão e é estacionado ao lado da área identificada como L1 – área de Estoque de Blocos;
- ii. Na área de L1 existe o recurso do guincho que descarrega o bloco até o P1 – Porta bloco;
- iii. No Porta Bloco, o bloco é preparado pelo ajudante e o operador;
- iv. O Porta Bloco é puxado pelo transportador para dentro do P2 - Tear;
- v. O Tear é preparado pelo Operador e o Ajudante e inicia a serrada (entrada de 1 bloco no tear);
- vi. Após o tempo da serrada, considerando as paradas obrigatórias, apresenta-se uma nova entidade: chapas brutas;
- vii. O Porta Bloco é puxado pelo transportador para L2 – Área de estoque de chapas brutas;
- viii. Após estocado em cavaletes, movimenta-se as chapas necessárias para a P3 – Polideira – pode trabalhar com 24 chapas;
- ix. Após polimento das 24 chapas, surge então outra Entidade: chapa Lustrada ou polida que é transportado uma a uma para L3;

- x. Após armazenamento, cada chapa é transportada para P4 – Cortadeira, onde entra na cortadeira uma a uma para corte;
- xi. Após corte, aparece outra entidade: E4 – Ladrilhos;
- xii. No próprio corte é feito uma seleção dos produtos: 98% dos ladrilhos são selecionados para o acabamento final, 2% são produtos descartados;
- xiii. Neste momento aparece uma nova entidade E5 – Ladrilhos descartados, onde são depositados em L4;
- xiv. E o restante dos ladrilhos se transforma em outra entidade E6 – Ladrilhos Acabados – P5;
- xv. A entidade E6 é transportada para L5, onde aguardam o transporte para o P6 – empilhar no pálete e carregar os produtos no caminhão para entrega ao cliente.

3 MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo de simulação do sistema proposto foi desenvolvido pela metodologia proposta por FREITAS FILHO (2008), com 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 estatísticas dos resultados. O modelo foi construído considerando um período de tempo pré-estabelecido para o início e término das operações, definindo assim, o modelo como um sistema terminal (CARSON, 2004).

O modelo conceitual do sistema foi desenvolvido pelo software Arena®12 para realização das simulações computacionais (KELTON; SADOWSKI; STURROCK, 2007).

Durante a verificação e validação do modelo foi seguida a orientação metodológica proposta por Sargent (2007). Destacando, neste caso, a consistência dos dados com a gerência de produção da São Joaquim Mármore e Granitos.

O modelo de simulação somente foi gerado, após aceitação, verificação e validação do modelo, garantindo validade dos processos e as hipóteses onde estariam conforme o sistema de produção, que seriam modelados computacionalmente.

O Apêndice I mostra o modelo conceitual do sistema com as informações referentes às regras operacionais e aos tempos dos processos, obtidos a partir de levantamentos de dados realizados junto à empresa São Joaquim Mármore e Granitos nos meses de novembro e dezembro do ano de 2009. Utilizaram-se os elementos do IDEF-SIM (LEAL; ALMEIDA; MONTEVECHI, 2008) para implementação das etapas do processo citado no item 2.2.

Foram utilizadas funções de distribuição de probabilidades do tipo Normal para os tempos dos processos e operações dos processos. Esta premissa foi adotada considerando que os dados do presente modelo foram estimados a partir das amostras coletadas dos tempos de cada processo de produção onde os mesmos foram analisados e gerados pelo *Input Analyzer* do Arena® 12.

A função Normal pode ser utilizada, segundo Freitas Filho (2008), em processos onde se tem aleatoriedade causada por várias fontes agindo de forma aditiva, conseqüentemente, possuindo um ponto médio com desvio simétrico para mais e para menos. Assim, o modelo de simulação construído para o presente trabalho possui um conjunto de regras e aleatoriedades que se interagem com muitas variáveis dependentes caracteriza-se como um típico modelo de simulação de eventos discretos.

O parâmetro inicial do modelo depende diretamente da chegada de um bloco de granito. Todos os outros processos dependem diretamente do processo de serragem do bloco, ou seja, o desdobramento de uma entidade em várias chapas de granito bruto.

Um bloco de granito utilizado no processo pesa aproximadamente 36 toneladas com as dimensões aproximadas de: 2,90m de comprimento, 2,40m de largura e 1,80m de altura. Onde será transformada em 92 chapas de granitos. Onde cada uma delas será polida e posteriormente recortada ou beneficiada de acordo com o pedido de venda. Após recortadas, são selecionadas e lixadas para assim serem paletizadas e transportadas para o cliente. De acordo com os dados da São Joaquim Mármore e Granitos, 98% do granito recortado é selecionado para venda e apenas 2% para estoque de produtos descartados.

As amostras foram coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2009, totalizando 50 dias de observação e apontamentos de dados. Foram gastos aproximadamente 100 horas de projeto, sendo 60 horas para a produção do modelo de simulação. Além dos Autores, três colaboradores da empresa São Joaquim participaram diretamente do projeto de simulação.

No modelo foram computadas todas as paradas previstas no sistema de produção. A quantidade de: teares, polideiras, cortadeiras e ajudantes foram alteradas para os diferentes cenários simulados, enquanto a quantidade de bloco processado foi mantida fixa durante as simulações, sendo estabelecida a partir do total de horas efetivas de duas jornadas de trabalho de produção da indústria, ou seja, turnos de 8 horas, neste estudo particular em um período de 30 dias de produção.

O tempo de duração de cada replicação foi aproximadamente de oito minutos para o modelo final do sistema, foram feitas um total de três replicações, totalizando 480 horas de

processo. Durante o projeto foram desenvolvidas quatro versões para a validação e verificação do modelo considerando as amostras de produção da empresa.

O modelo foi processado com a seguinte configuração de *hardware*: Computadores DELL, Processador: *Intel Core 2 Duo* E4500, com 1 GB de memória RAM, Monitores de 19” LCD, HD Samsung 160 GB SATA, DVD, placa de rede sem fio DLink DWL-G520.

4 PROJETO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A estratégia de experimentação utilizada na simulação computacional foi do tipo Projeto Fatorial 2^k , alterando apenas um dos dois níveis de um fator (k) por vez, e mantendo os demais fixos. Essa estratégia, descrita e documentada em detalhes em Montgomery (2009).

O modelo computacional foi criado em Arena® 12 na versão com o número de três replicações para a convergência das variáveis escolhidas conforme descritos na Tabela 3. Este número de replicações foi definido com nível de confiança de 90% utilizando a ferramenta *Output Analyzer* do Arena®.

O critério de convergência utilizado para as variáveis de saída foi de tal forma que cada semi-intervalo de confiança ficasse igual ou menor do que 10% da média de cada variável analisada correspondente proposto por Freitas Filho (2008).

Um fator pode assumir diferentes níveis em um modelo de simulação. A Tabela 1 descreve a relação de fatores e níveis que foram atribuídos aos cenários simulados com o modelo. A utilização de dois níveis neste trabalho se justificou pela simplicidade obtida no modelo experimental e a possibilidade de se observar a continuidade unidirecional no comportamento das variáveis.

Tabela 1 – Relação de fatores e níveis atribuídos ao modelo

Fatores	Nível 1	Nível 2
Quantidade de Teares	1	2
Quantidade de Polideiras	1	2
Quantidade de Cortadeiras	1	2
Quantidade de Ajudantes	5	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

Foi adotada a configuração padrão de acordo com os processos atuais da São Joaquim Mármore e depois foram alterados os níveis de um fator a cada vez nos experimentos seguintes. A Tabela 2 descreve os cenários que foram utilizados nas simulações computacionais com quatro fatores e dois níveis em cada um deles, tendo como resultado o total de dezesseis cenários diferentes.

Tabela 2 – Descrição dos cenários simulados

Cenários	Fatores			
	Quantidade de Teares	Quantidade de Polideiras	Quantidade de Cortadeiras	Quantidade de Ajudantes
1	1	1	1	5
2	1	1	1	4
3	1	1	2	5
4	1	1	2	4
5	1	2	1	5
6	1	2	1	4
7	1	2	2	5
8	1	2	2	4
9	2	1	1	5
10	2	1	1	4
11	2	1	2	5
12	2	1	2	4
13	2	2	1	5
14	2	2	1	4
15	2	2	2	5
16	2	2	2	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos com as simulações computacionais apresentadas: Quantidade de Blocos Processados, Total de m² Produzidos de Recortados, Valor Total dos Produtos em Estoque, Total de m² Descartados e Valor Total de Produtos Descartados.

A Equação (1) é utilizada para calcular o valor total dos produtos em estoque (Tabela 3 Coluna 4).

$$\text{Valor Total Produtos em Estoque} = \text{Total m}^2 \text{ Produzidos de Recortados} * \text{R\$ } 65,00 \quad (1)$$

De maneira semelhante, a Equação (2) é utilizada para calcular o valor total de produtos descartados (Tabela 3 Coluna 6).

$$\text{Valor Total Produtos Descartados} = \text{Total de m}^2 \text{ Descartados} * \text{R\$ } 65,00 \quad (2)$$

Na Tabela 3 a quantidade de blocos processados para todos os cenários foram iguais a seis. O cenário 1 (Tabela 3) representa o modelo em regime normal (padrão) da empresa. Considerando apenas o beneficiamento de 6 blocos de mármore como matéria prima durante 480 h de produção.

Tabela 3 – Resultados das simulações

Cenários	Total de m ² produzidos de recortados	Valor total dos produtos em estoque (R\$)	Total de m ² descartados	Valor total de produtos descartados (R\$)	Taxa de utilização dos ajudantes
1	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60

Cenários	Total de m ² produzidos de recortados	Valor total dos produtos em estoque (R\$)	Total de m ² descartados	Valor total de produtos descartados (R\$)	Taxa de utilização dos ajudantes
2	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
3	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
4	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
5	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
6	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
7	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
8	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
9	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
10	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
11	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
12	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
13	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
14	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75
15	8857,20	575718,00	36,60	2379,00	0,60
16	6915,15	449484,75	28,57	1857,38	0,75

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

Observa-se que no cenário de números pares, com redução do recurso de um ajudante, implicou os seguintes resultados:

- a) Redução do Total de M² Produzidos de Recortados em 22%, bem como teve a mesma redução nos valores de produtos em estoque. Considerando que este valor obtido pela expressão 1 que é relação linear.
- b) Observou que a redução de 22% dos produtos descartados.
- c) Redução do valor total dos produtos em estoque. Pois, foi demonstrado que chapas lustradas não foram cortadas, resultando uma baixa no valor total do estoque da empresa.
- d) Foi observado que é possível, a redução de um ajudante considerando a taxa média de utilização dos ajudantes que não foi superior a 80%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de simulação proposto neste trabalho abordou a produção de granito (bloco bruto) que é transformado em material beneficiado (recortados na dimensão 0,50m x 0,50m) na empresa São Joaquim Mármore e Granitos Ltda.

Por meio da análise por simulação computacional foi possível avaliar os resultados a partir do nível 1 onde os mesmos convergem para o resultado operacional da produção atual.

Pelos resultados da simulação, a partir do nível 2, foi possível reduzir um ajudante do quadro atual de funcionários da empresa, sendo que essa decisão implica no valor do estoque total produzido.

A aplicação dos resultados apresentados pode proporcionar uma melhor produtividade para a empresa.

Espera-se que com a adoção de um período maior de análise e a utilização de um número maior de blocos de granito possa ser alcançada uma avaliação mais detalhada do sistema simulado.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ pelo suporte financeiro para esta pesquisa. Gostariam de agradecer ainda à Administração da Empresa São Joaquim Mármore e Granitos em Cachoeiro de Itapemirim, no Espírito Santo pelo fornecimento de todos os dados.

REFERÊNCIAS

BANKS, J., CARSON, J. S., NELSON, B. L., NICOL, D. M. **Discrete-event system simulation**. 5nd ed., New Jersey: Prentice Hall, 2010.

CARSON II, J.S. **Introduction to Modeling and Simulation**. Proc. Of the Winter Simulation Conferente, Marietta, USA, 9-16, 2004. Disponível em: <<http://www.wintersim.org>>.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. 2. ed. Florianópolis: Visual Book, 2008, 372p.

GSTETTNER, S.; KUHN, H. Analysis of production control systems kanban and CONWIP. **International Journal of Production Research**, v. 34, n. 11, p. 3253-3273, 1996. Disponível em: <<http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2009/MANAGEMENT/ROTARU%20Ana2.pdf>> Acesso em: 09 dez./2009.

KELTON, W. D., SADOWSKI, R. P., STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**. Forth Edition, New York; McGraw-Hill, 2007.

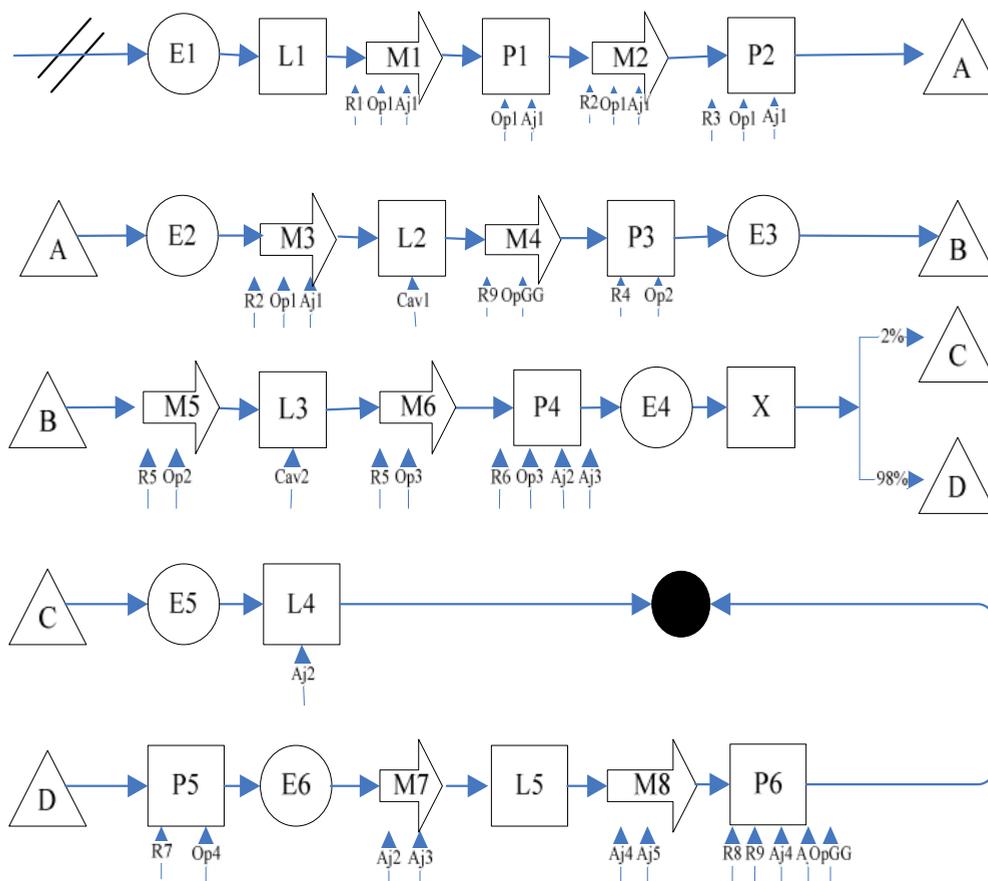
LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação por meio de Elementos do IDEF. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – XL-SBPO, **Anais...**, João Pessoa – PB, 1-12, 2008.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 7th edition. John Wiley & Sons, Inc, 2009.

PIDD, M. **Computer Simulation in Management Science**. Editora John Wiley Prof, 2004.

SARGENT, R. G. **Verifications and Validation of Simulations models**. Proc. of Winter Simulation Conference, Miami, USA. p. 124-137, 2007.

APÊNDICE I – MODELO CONCEITUAL DO SISTEMA DE BENEFICIAMENTO DE BLOCOS DE GRANITO E DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DO MODELO CONCEITUAL



Descrição dos Elementos do Modelo Conceitual.

Id	Descrição	Parâmetro
E1	Entidade: Bloco Bruto	Quantidade de chegada: 1 bloco de cada vez Início da Simulação: 0.0 Função: T= NORM (70.8, 1.56)
E2	Entidade: Chapas Brutas do Bloco	92 Chapas de 0,15cm ou 73 chapas de 0,2 cm
E3	Entidade: Chapas Polidas do Bloco	Polidas 1 a 1
E4	Entidade: Ladrilhos	1 chapa (2,90 x1,90)33 ladrilhos recortados
E5	Entidade: Ladrilhos descarte	2% dos ladrilhos
E6	Entidade: Ladrilhos Acabados	98% dos ladrilhos é acabado
L1	Área de Estoque de Blocos	Capacidade = 6 blocos
L2	Área de Estoque de Chapas Brutas	Capacidade = 10 cavaletes com 15 chapas Brutas
L3	Área de Estoque de Chapas polidas	Capacidade = 5 cavaletes com 15 chapas Polidas
L4	Área de Estoque de descarte	Capacidade = 1000 peças
L5	Área de Estoque de Acabados	Capacidade = 4000 peças
M1	Movimentação: L1 (Estoque de	R1 – Guincho de Bloco

	Bloco) para Porta Bloco	Op1 – 1 operador do Guincho Ajd1 – 1 ajudante Distancia: 10 mts Tempo: Normal: 8 min, desvio padrão 2 min.
M2	Movimentação: Porta Bloco para dentro do Tear (P2)	R2 – Guincho do Porta Bloco Op1 – 1 operador Ajd1 – 1 ajudante Distancia: 5 mts Tempo: Normal: 5 min, desvio padrão 2 min.
M3	Movimentação: Saída Bloco serrado Tear (P2) com chapas brutas para L2 – Área de estoque de Chapas Brutas	R2 – Guincho do Porta Bloco Op1 – 1 operador Ajd1 – ajudante Distancia: 30 mts Tempo: Normal: 15 min, desvio padrão 3 min.
M4	Movimentação: L2 - Área de estoque de Chapas Brutas p/ o P3 (Polimento)	R9 – Guincho Geral OpGG – 1 operador Distancia: 10 mts Tempo: Normal: 7 min, desvio padrão 2 min.
M5	Movimentação: P3 – Processo de Polimento (politriz) para Área de Estoque de Chapas Polidas - L3	R5 – Guincho tipo bandeira 1 chapa de cada vez; Op2 – 1 operador Distancia: 5 mts Tempo: Normal: 4 min, desvio padrão 1 min.
M6	Movimentação: L3 - Área de Estoque de Chapas Polidas - p/ P4 (Cortadeira)	R5 – Guincho tipo bandeira 1 chapa de cada vez; Op3 – 1 operador Distancia: 5 mts Tempo: Normal: 4 min, desvio padrão 1 min
M7	Movimentação: P4 (Cortadeira) p/ MA (Mesa Acabamento)	Aj2 – 1 ajudante Aj3 – 1 ajudante Cada ajudante carrega de 2 em 2 pçs com Distancia: 5 mts Tempo: Normal: 1 min, desvio padrão 0 min.
M8	Movimentação: MA p/ L5 (Estoque Acabado)	Aj4 – 1 ajudante Aj5 – 1 ajudante Cada ajudante carrega de 2 em 2 pçs com Distancia: 5 mts Tempo: Normal: 1 min, desvio padrão 0 min.
P1	Processo: Preparar Bloco no Porta Bloco	Função: TRIA (12.5, 15, 18.5) Op1 – 1 operador Ajd1 – 1 ajudante
P2	Processo: Tear – Serrar Bloco	Função: 69.5 + LOGN (4.37, 3.15) R3 – 1 Tear Mecanizado Op1 – 1 operador Ajd1 – 1 ajudante
P3	Processo: Polideira – Polir Chapas Brutas	Polimento de 24 chapas: Função: UNIF (9.23, 10) R4 – 1 Polideria Op2 – 1 operador da polideira
P4	Processo: Cortadeira – Cortar as Chapas Polidas	1 chapa de cada vez Função: 6.5 + LOGN (0.662, 0.539) R6 – 1 Cortadeira

		Op3 – 1 operador Aj2 – 1 ajudante Aj3 – 1 ajudante
P5	Processo: Acabamento – Lixar os contornos laterais do piso	1 ladrilho de cada vez Função: 14.7 + LOGN (0.662, 0.539) R7 – 1 Lixadeira Op4 – 1 operador
P6	Processo: Empilhar peças nos paletes	Função: 27.5 + 4 * BETA (2.16, 1.83) R8 – Pálete – Capacidade para 200 pçs R9 – Guincho Geral OpGG – 1 operador Aj4 – 1 ajudante Aj5 – 1 ajudante
Op1	Operador	1 Operador
Op2	Operador	1 Operador
Op3	Operador	1 Operador
Op4	Operador	1 Operador
OpGG	Operador do Guindaste Geral	1 Operador Guindaste Geral da Marmoraria
Aj1	Ajudante	1 Ajudante
Aj2	Ajudante	1 Ajudante
Aj3	Ajudante	1 Ajudante
Aj4	Ajudante	1 Ajudante
Aj5	Ajudante	1 Ajudante
R1	Recurso: Guincho de Bloco	1 Guincho de Bloco Mecanizada
R2	Recurso: Porta Bloco	1 Porta Bloco Mecanizado
R3	Recurso: Tear Industrial	1 Tear de Bloco Mecanizado
R4	Recurso: Politriz	1 Politriz com satélites semi automática
R5	Recurso: Guincho tipo Bandeira	1 Guincho tipo Bandeira semi automática
R6	Recurso: Cortadeira	1 Cortadeira a disco semi automática
R7	Recurso: Lixadeira	1 Lixadeira a disco manual
R8	Recurso: Pálete	1 paleteira para empilhar os recortados
R9	Recurso: Guincho Geral	1 Guincho Geral para atender a toda marmoraria
Cav1	Recurso: Cavalete (Área de Chapas Brutas)	6 Cavaletes com capacidade individual de 15 chapas cada.
Cav2	Recurso: Cavalete (Área de Chapas Polidas)	6 Cavaletes com capacidade individual de 15 chapas cada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)