

SIMULAÇÃO DE ESTOQUE DE SEGURANÇA UTILIZANDO O SOFTWARE PROMODEL

EZEQUIEL LOPES PAULINO¹

LEVI HENRIQUE RIBEIRO¹

RODRIGO BERTOLACINI SILVA TEIXEIRA¹

ELENA ALBEIRA GUIRADO LUCINIO²

RODRIGO OTÁVIO ROCHA CARDOSO³

RESUMO

Este estudo consiste na análise do estoque de segurança de determinada matéria prima em uma empresa do ramo alimentício, situada no sul de Minas Gerais, Brasil, a partir do levantamento de dados reais, como o tempo de entrega do fornecedor e consumo da produção. Após esse levantamento, criou-se um modelo computacional no simulador para verificar o comportamento da matéria prima, do estoque e também da produção, conservando as interações lógicas do processo real. A simulação computacional é uma ferramenta muito importante para as empresas porque reduz custos, economiza tempo e pode também facilitar a compreensão de um determinado processo ou sistema. O *software* escolhido para a simulação foi o ProModel, por possuir uma interação clara e eficiente com o usuário. Utilizando-se de fundamentos teóricos como conceitos de estoque de segurança, eventos discretos e simulação e técnicas de programação. O trabalho provou a eficiência do modelo atual ao longo do tempo na simulação, bem como sua chegada partindo do fornecedor para a empresa, medindo como a capacidade do estoque reage e como o estoque sempre mantém o nível desejado.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação, Evento Discreto, ProModel, Estoque de Segurança.

¹ Estudantes do curso de Engenharia de Produção na Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema (FAEX).

² Formada em Engenharia de Produção Química (FEI), Matemática e Pedagogia (UNINOVE), mestre em Tecnologia Nuclear (USP/IPEN). Professora da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema (FAEX) e Universidade São Francisco (USF).

³ Formado Técnico em Eletrônica (ETE), Engenharia Elétrica / Eletrônica (Inatel), mestre em Sistemas de Comunicações (Inatel). Professor da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema (FAEX).

SIMULATION OF A SAFETY STOCK USING THE PROMODEL SOFTWARE

ABSTRACT

This study consists in analyzing the safety stock of certain raw material in a food company, located in southern Minas Gerais, Brazil, from a survey of actual data, such as the supplier delivery time and consumption of production. Following this survey, was created a computer model in the simulator to verify the behavior of raw materials, stock and also production, saving the logical interactions of the actual process. The computer simulation is a very important tool for businesses because it reduces costs, saves time and can also facilitate the understanding of a certain process or system. The software chosen for the simulation was the ProModel, because it has a clear and efficient user interaction. Using the theoretical foundations as safety stock concepts, discrete event and simulation and programming techniques. The work proved the efficiency of the current model over time in the simulation, as well as its arrival starting from the supplier to the company, measuring how the stock reacts and capacity as the stock always keeps the desired level.

KEY WORDS: Simulation, Discrete Event, ProModel, Safety Stock.

1. INTRODUÇÃO

A gestão de estoque está presente em quase todas as empresas e também na humanidade desde os tempos do homem pré-histórico, que armazenava comida para a época de frio intenso, passando pelos períodos de guerra em que havia escassez de produtos. Sendo assim, gerenciar os estoques para se obter o necessário para a produção se tornou essencial à vida humana, bem como para a vida empresarial.

Ballou (2001) define estoque como um acúmulo de matérias-primas, insumos, componentes e produtos. Entretanto, estoque bem gerenciado ou controlado não é aquele que armazena um grande volume de produtos. Deve-se ajustar o estoque à demanda e à produção da empresa.

Controlar o estoque de uma empresa é um processo rotineiro e por isso exige disciplina por parte de todos os envolvidos.

Dentro de controle de estoque existe um item importante que é o estoque de segurança, que se caracteriza em manter um acúmulo de matéria-prima para evitar eventuais faltas, causadas por diversos imprevistos. E exatamente esses imprevistos que devem ser evitados.

Sendo assim, este trabalho mostra através de simulações com o *software* ProModel, como os estoques de segurança interferem diretamente no processo produtivo de uma empresa, como ele é utilizado e quanto de sua capacidade é ocupada.

O ProModel, *software* simulador de eventos, possibilita fazer virtualmente o que acontece na realidade; e o que acontece caso algumas variáveis sejam alteradas no processo de estocagem.

Para este trabalho foi utilizada a simulação de eventos discretos, onde sistemas mudam de acordo com o passar do tempo e eventos diferentes acontecem.

OBJETIVO

O grande propósito deste trabalho é desenvolver técnicas do *software* ProModel, para definição do estoque de segurança de determinada matéria prima de uma unidade fabril.

2. SIMULAÇÃO

Simulação pode ser compreendida como uma maneira de imitar a realidade. “Simulação é um processo de experimentação com um modelo detalhado de um sistema real para determinar como o sistema responderá às mudanças em sua estrutura.” (BATEMAN et al., 2013, p. 2).

Considera-se que a simulação surgiu em 1777, com o caso da Agulha de Buffon, quando o matemático francês, Georges Louis Leclerc, ou simplesmente Conde de Buffon, se interessou por um caso aparentemente simples: Leclerc lançava ao chão uma haste pequena que utilizava para limpar seu cachimbo; a cada vez que a haste tocava o chão de madeira, ele observava que ora ela caía sobre a fresta que havia entre as tábuas, ora não. O matemático percebeu que o quociente entre o número de lançamentos e o número de vezes em que a agulha cruzava a fresta era aproximadamente $2/\pi$. Através disso, ele desenvolveu uma fórmula para calcular a probabilidade com que esse evento ocorre. (HACHMANN et al.).

O problema da agulha de Buffon é uma integração de Monte Carlo, um dos tipos de simulação. Há de se ressaltar também que a simulação de Monte Carlo evoluiu muito ao logo da Segunda Guerra Mundial. (PENNA, 2009).

Apesar da contribuição do Conde, a formação concreta da simulação, e mais precisamente da simulação computacional, se deu séculos depois, no pós Segunda Guerra com a criação dos primeiros computadores. Ulam e Neumann desenvolveram um trabalho para utilizar o modelo de Monte Carlo nos ENIACs¹

¹ ENIAC: *Eletronic Numerical Integrator Analyzer and Computer* – Computador e Analisador Integrador Numérico Eletrônico. Considerado o primeiro computador, foi anunciado em 14 de fevereiro de 1946 sendo uma máquina revolucionária para sua época. Foi desenvolvido no fim da Segunda Guerra Mundial na Escola de Engenharia Elétrica da Universidade da Pensilvânia. (UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA, 2014).

Em 1960, Keith Douglas Tocher fez um programa para simular a produção de uma fábrica, onde o estado das máquinas mudava (ocupado, esperando, indisponível e falha). E com esse trabalho foi produzido o livro *The Art of Simulation* (1963), o primeiro da categoria. (LANDER SIMULATION & TRAINING SOLUTIONS, 2014).

3. APLICAÇÕES DA SIMULAÇÃO

A simulação computacional em geral pode-se dividir em três grandes campos: serviços, militar e manufatura. Sendo que em serviços ela se aplica, por exemplo, em um sistema de um aeroporto, para determinar o número de postos de atendimentos ou o sistema de transporte de bagagens. Em um banco, a simulação pode ajudar a determinar o número de caixas eletrônicos ou exemplificar o andamento de uma fila qualquer.

Simulação é uma matéria tão ampla no setor de serviços e benéfica à sociedade que pode ser aplicada no comportamento da UTI de um hospital, no tempo de espera de uma rede de *fast-food*, na configuração de uma ilha de atendimento em um *call center* e até mesmo no tamanho ideal de um estacionamento de supermercado.

No setor militar (setor que mais utiliza simulação), desenvolvem-se técnicas de pilotagem utilizando simuladores. Um ataque militar pode ser feito num *software* simulador antes de ser realizado na prática, assim como o estoque de um acampamento durante uma guerra pode ser primeiramente calculado num modelo de simulação.

Na área de manufatura ou produção industrial, a simulação pode ser aplicada em praticamente tudo: logística, controle de estoque, linha de montagem, funcionamento robótico, produção, programação etc. (MEDINA E CHWIF, 2010).

E por que se utiliza a simulação?

Simular reduz custo, já que é possível se testar antes de colocar um sistema qualquer para funcionar na realidade, seja uma ação militar ou uma operação de manufatura, por exemplo. Ou ainda, em um sistema já existente é possível realizar uma determinada alteração, verificar como o sistema reagirá a ela e então aplicar essa mudança no sistema real.

Simular economiza tempo, visto que se pode fazer uma simulação computacional e testá-la quantas vezes for necessária antes da implantação na realidade. Já a realização de vários testes reais até que se encontre um modelo ideal gastaria bem mais tempo.

Simular pode ilustrar algo que não se tem compreensão. Alguém que não conheça muito sobre uma manufatura industrial, por exemplo, pode se familiarizar através de um modelo simulado.

4. ESTOQUE DE SEGURANÇA

Primeiramente o estoque de segurança depende do consumo da matéria prima. Se o consumo é estável, não precisamos nos proteger muito contra sua variação. Isto tudo é medido matematicamente através do desvio padrão do consumo. Um bom sistema de previsões é capaz de oferecer este número ou ele pode ser estimado de maneiras mais simples, porém menos precisas.

Outro fator que deve ser considerado para o levantamento do estoque de segurança é o lead time (tempo de entrega) do produto, pois é preciso ter uma segurança frente ao tempo de entrega da matéria prima.

O último fator a ser considerado é o nível de serviço desejado, que é a confiabilidade que se deseja ter conforme a relevância da matéria prima. Matematicamente, isto é modelado através do nível de serviço desejado: quanto maior o nível de serviço (um número percentual de 0 a 100), maior será o estoque de segurança, pois queremos mais garantias que o produto estará sempre disponível. O nível de serviço indica o quanto queremos estar seguros frente às variabilidades que ocorrem, em outras palavras, frente aos desvios padrões da demanda e do lead time.

Será demonstrado a seguir onde a matemática e estatística são utilizadas. Usa-se a distribuição de probabilidades normal para aproximar o comportamento da demanda da matéria prima, para tornar mais simples e direto o cálculo do estoque de segurança. Assim, o nível de serviço avalia qual a porcentagem da curva normal queremos cobrir. Dois desvios padrões ao redor da média cobre aproximadamente 98% da curva, conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 - Nível de Serviço

| Nível de Serviço | Fator de Serviço |
|------------------|------------------|
| 95% | 1,6 |
| 96% | 1,8 |
| 97% | 1,9 |
| 98% | 2,1 |
| 99% | 2,3 |
| 99,90% | 3,1 |
| 99,99% | 3,6 |

Fonte: Marcos Rieper

Com todos os componentes conhecidos, ilustra-se a seguir, a fórmula do estoque de segurança.

O cálculo para definição do estoque necessário para ter segurança durante a produção em relação à falta da matéria prima está descrito na equação:

Equação 1 - Fórmula do Estoque de Segurança

$$ES = z \sqrt{\sigma_d^2 t + \sigma_t^2 d^2}$$

Fonte: Leandro Callegari Coelho

Onde,

- **ES:** Estoque segurança;
- **Z:** o valor tabelado que indica quantos desvios padrão ao redor da média temos que tomar para cobrirmos a proporção da área sob a curva normal que queremos (o nível de serviço, por exemplo, podemos usar 95% para gerar um valor de $z = 1,6$);
- **d:** a demanda média;
- **σ_d :** O desvio padrão da demanda;
- **t:** o *lead time* médio;
- **σ_t :** o desvio padrão do *lead time*.

EVENTO DISCRETO

Para a definição de eventos discretos deve-se entender o conceito de sistemas como uma parte limitada do universo que influencia e recebe influências externas às fronteiras que o limita. Os sistemas percebem as ocorrências no mundo externo através da recepção de estímulos, em geral exercendo alguma alteração no sistema, denominados eventos, que se exemplificam com a chegada de uma matéria prima a um sistema de armazenamento, ou a entrada de um pedido de um cliente em uma empresa de manufatura. Estes eventos podem até ocorrer de fatores externos em que não se pode prever ou controlar.

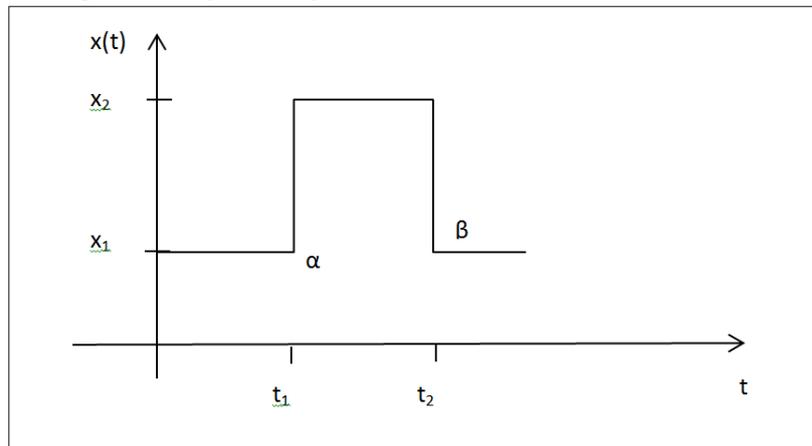
Os eventos podem ser também de origem interna, decorrente a uma operação, por exemplo.

Os eventos são instantâneos, após sua ocorrência o sistema se acomoda em uma nova situação até que outro evento aconteça.

Pode-se, então, definir um sistema a evento discreto como um “sistema dinâmico que evolui de acordo com a ocorrência abrupta de eventos físicos em intervalos de tempo” (CURY, 2001, p. 9). É um evento discreto quando o estado do sistema muda somente no instante que ocorre um evento, para todos os demais instantes de tempo, nada muda no sistema.

O gráfico a seguir ilustra uma ocorrência simples de um evento discreto em um sistema em um determinado espaço de tempo, em que o sistema está no estado x_1 no instante de tempo t_0 , e após ocorrência do evento α no instante t_1 , o sistema assume o estado x_2 , posteriormente no instante t_2 , ocorre o evento β no estado x_2 e o sistema retorna para estado x_1 .

Figura 1- Trajetória típica de um sistema a eventos discretos



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

5. PROMODEL

O ProModel é uma ferramenta de simulação dos mais diversos eventos que variam desde uma fila de banco, até um complexo processo de manufatura. Por ser um *software* com interface gráfica intuitiva orientada por objetos, o ProModel se torna uma poderosa ferramenta com programação simplificada que não exige linhas de linguagem específicas para desenvolvimento do modelo da simulação desejada. Além disso, possibilita o desenvolvimento do modelo com os ícones já disponíveis no *software* em cima do layout real do setor simulado, que pode ser inserido pelo programador, possibilitando uma visão mais real da simulação.

Outra relevante característica do ProModel é permitir o trabalho em grupos, que possibilita que diferentes partes do modelo sejam agrupadas em diferentes grupos e posteriormente serem agrupados em um imenso modelo final (BATEMAN, 2013).

O processo de modelagem no ProModel se inicia com a definição dos denominados pelo *software* como elementos de modelagem, que é constituído por locais, entidades, atributos, recursos, rotas, processos, chegadas, horários de trabalho, variáveis, vetores/matrizes, macros, sub-rotinas e distribuição do usuário (SANTOS FILHO et al., 2014).

Depois de realizada a simulação, o ProModel apresenta um relatório estatístico de forma gráfica e descritiva que pode ser selecionado o tipo específico

antes do início da simulação. O *software* também apresenta a opção de salvá-lo para análises posteriores, como tempo de operação dos recursos, tempo ocioso, paradas não planejadas, entre outros.

6. METODOLOGIA

O trabalho iniciou-se com o estudo da situação da empresa com relação àquilo que se deseja analisar, ou seja, a atual gestão de estoques de segurança de uma determinada matéria prima. A partir de então foi feita a revisão bibliográfica, buscando o que há de melhor em relação a fontes de pesquisa que melhor se adequem ao estudo de caso em questão. Baseada em livros, revistas e sites relacionados com o tema, o texto foi elaborado com as conclusões tiradas a partir dessas leituras e da simulação.

A metodologia adotada foi uma pesquisa experimental. O método possibilita a demonstração dos dados coletados e tempos, e esta é uma característica fundamental na validade da pesquisa realizada.

O *software* utilizado é o ProModel, que tem capacidade de animação, criação de macros e geração de relatórios, desenvolvimento e análise de cenários. A partir da modelagem do processo real de trabalho é possível identificar restrições de capacidade em sistemas produtivos, e aprimorá-los à situação ideal.

7. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DO MODELO

O processo em questão possui um silo com capacidade de 95 toneladas para armazenamento da matéria prima a ser analisada. Essa matéria prima tem um consumo médio na produção de 480 kg por dia com um desvio padrão de 7,38. A empresa produz em média 24 dias por mês, de acordo com sua distribuição de trabalho entre três turnos, de segunda a sexta-feira, e sábados alternando entre produzindo ou não, a cada semana.

O fornecedor está situado a uma distância de 100 km da fábrica em que a matéria prima será consumida e o prazo para entrega da mesma é de apenas dois dias. A capacidade do caminhão que realiza a entrega da matéria prima é de 27 toneladas.

Para a modelagem do sistema, os dados de consumo, capacidade do silo e do caminhão foram divididos por dez, para melhor eficiência da simulação em si, devido ao travamento do ProModel durante execução.

Portanto, colocando os dados na equação 1 apresentada anteriormente, o estoque de segurança retornado é de 17 kg.

Para o cálculo do ponto de ressuprimento da matéria-prima utiliza-se a fórmula:

Equação 2 - Ponto de Ressuprimento

$$Pr = (d \cdot t) + ES$$

Fonte: Leandro Callegari Coelho

Onde,

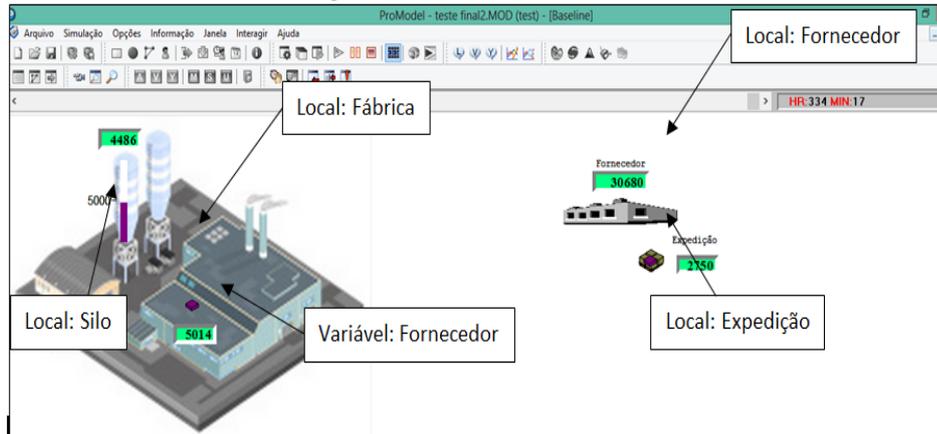
- **ES:** Estoque segurança;
- **d:** a demanda media;
- **t:** o *lead time* médio.

O valor retornado pela equação 2 foi de 975, ou seja, sempre que o estoque da matéria prima em questão for de 975 kg, deve-se realizar o pedido para ressuprimento.

No modelo construído foram inseridos quatro locais: fábrica com capacidade de consumir 2 kg de matéria prima por minuto, silo com capacidade máxima de 9500 kg, fornecedor com capacidade infinita, pois a produção do fornecedor é irrelevante, e juntamente com fornecedor a expedição com capacidade de 2750 que seria a capacidade de transporte. Também foi criada uma variável denominada “Var1” para controlar a lógica de transporte. A variável pode ser entendida como o *range* entre a quantidade de matéria prima no silo e a sua capacidade.

Foram colocados contadores nos locais silos, fornecedor e expedição para melhor acompanhamento da simulação.

Figura 2 - Modelo Construído



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Figura 3 - Lógica de Movimento Expedição/Silos

```
Wait until Var1 > 9403
MOVE for 60 min
Dec var1
```

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

A lógica de movimento usada para a movimentação da matéria prima da expedição do fornecedor para o silo está apresentada na figura 3, onde a movimentação irá esperar enquanto a expressão “Wait until Var1 > 9403” for falsa. Após esta expressão ser verdadeira, a matéria prima será transportada por 60 minutos e, após o transporte, será decrementado da variável o valor do transporte. Esta lógica irá ser repetida sucessivamente durante a simulação.

Figura 4 - Lógica de Operação

```
Accum 2750
Wait 2820 min
SEND 2750 Matéria_prima TO Silo
```

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

A figura 4 descreve a lógica da operação do transporte da expedição do fornecedor para o silo, onde, acumula-se 2750 kg de matéria prima, que seria a quantidade do transporte, espera-se 2820 minutos (que é o lead time do fornecedor) e após isto a mesma quantidade acumulada é enviada para o silo.

Figura 5 - Lógica de Movimento Silo/Fábrica

```

move for 0.1
Inc Var1
    
```

Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Está descrito na figura 5, a lógica do movimento do silo para a fábrica, onde a matéria prima irá se movimentar por 0,1 minuto e incrementar a quantidade enviada na variável “Var1”.

As lógicas descritas nas figuras 3, 4 e 5 são basicamente as lógicas principais do modelo em questão. São estas lógicas que comandam toda a operação do modelo, as outras são apenas tempos de operação e transporte.

Para análise dos dados gerados na simulação é necessário determinar o número de replicações feitas para se obter uma amostragem estatística confiável. Bateman et al (2013) exemplifica bem a necessidade de ter o tempo de simulação bem definido,

Simular um dia numa fábrica de aviões, quando se requer vários meses para construir um avião irá gerar resultados não significativos. Por outro lado, a simulação de uma semana de uma fábrica de componentes eletrônicos que tem o tempo de ciclo na faixa de segundos seria um desperdício de recursos humanos e computacionais. (BATEMAN, 2013, p. 39).

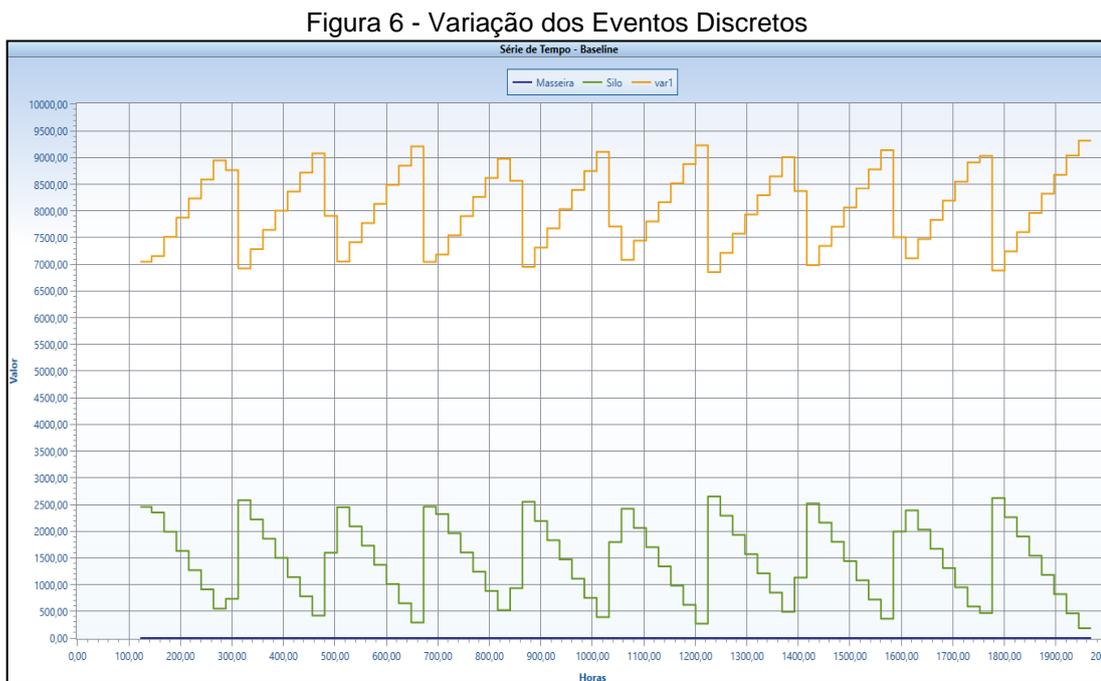
Outro ponto importante a ser levantado é o tempo de aquecimento, definido também por Bateman et al. (2013) como a quantidade de tempo que o modelo necessita rodar para que sejam removidos os vestígios decorrentes da inicialização, antes que a coleta de dados estatísticos seja iniciada.

No modelo apresentado é necessário um tempo de aquecimento de 27 dias, que é o tempo de consumo da matéria prima até que a quantidade no silo chegue até o ponto de ressuprimento pela primeira vez.

Já que nesta simulação um ciclo marcado pelo envio de matéria prima do fornecedor para a fábrica é de 8 dias, para termos dados confiáveis gerados, não é necessário realizar uma simulação muito longa, basta uma simulação de três meses de trabalho.

8. RESULTADOS

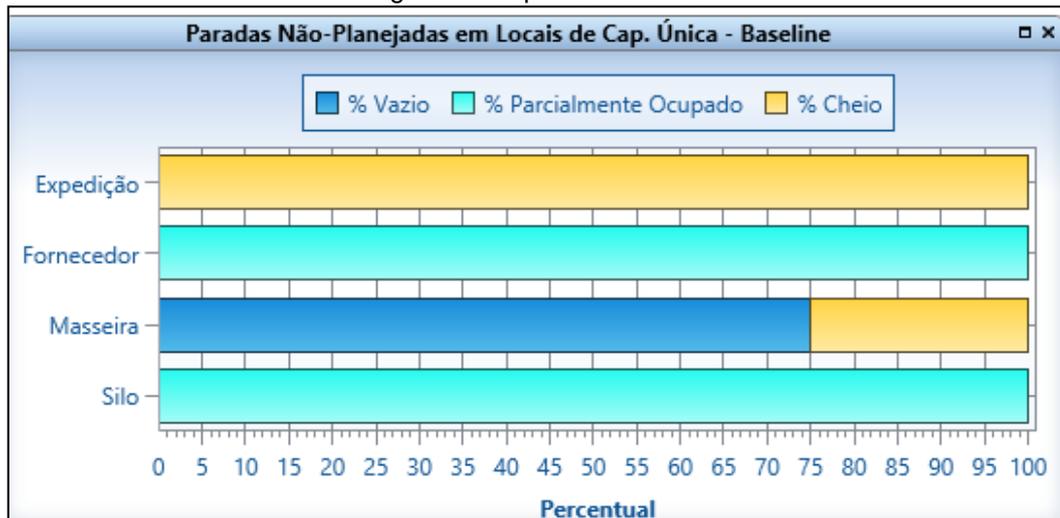
O ProModel apresenta no final da simulação um gráfico com a variação dos eventos ao longo do tempo em relação aos locais e às variáveis. O gráfico da figura 6 apresenta as ocorrências dos eventos em relação ao silo, à masseira e à variável criada.



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Para verificação dos dados foram analisados os gráficos de capacidade única dos locais apresentado na figura 7 e de utilização dos locais apresentado na figura 9. Foram desconsiderados os valores do fornecedor e de sua expedição, pois a intenção não é analisar suas eficiências e, sim, as do silo e da masseira.

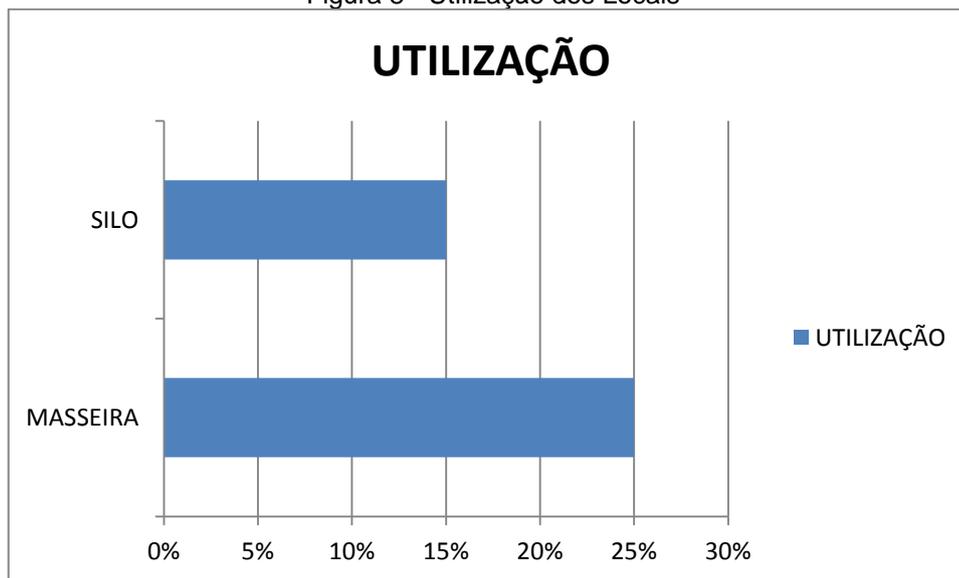
Figura 7 - Capacidade Única



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

Verificando o gráfico da figura 7, em 100% da simulação o local estava com sua capacidade parcialmente ocupada, que demonstra uma capacidade ociosa do silo quando alinhado com a capacidade da maseira.

Figura 8 - Utilização dos Locais



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

A figura 8, demonstra que em média a utilização do silo é de 15% de sua capacidade, e a maseira trabalha com 25% de sua capacidade total.

9. CONCLUSÕES

Este estudo tem como principal propósito analisar a eficiência do modelo de estoque de segurança de determinada matéria prima de uma unidade fabril, através do desenvolvimento de técnicas do *software* ProModel.

Analisando os resultados gerados na simulação, foi possível visualizar um ponto importante no sistema de estocagem da matéria prima, que seria o excesso de capacidade do silo, podendo-se até levar em consideração a ampliação do limite físico da unidade fabril. A utilização de simulações no desenvolvimento de projetos ajuda a prever falhas como esta.

A figura 7 ilustra que os locais silo e fornecedor estiveram 100% do tempo com suas respectivas capacidades parcialmente ocupadas, ou seja, o fornecedor em nenhum momento deixou de produzir e principalmente que o estoque nunca esteve vazio. Em outras palavras, o estoque de segurança funcionou adequadamente, estando sempre abastecido.

Pode-se observar que durante toda a simulação o sistema de ressuprimento manteve a operação contínua da fábrica e com a margem de estoque de segurança para eventuais ocorrências, sendo assim, conclui-se que o sistema de estoque de segurança para a matéria prima da empresa em estudo é eficiente e cumpre com o objetivo, mantendo o estoque mínimo para a operação com uma margem de segurança para dois dias de produção. A figura 8 ilustra bem a eficiência do estoque de segurança, visto que o ponto mínimo do silo chegou a aproximadamente 15%, o que representa mais de 14 toneladas de matéria prima.

Já que a simulação abrange o evento discreto, deve-se destacar que a figura 6 ilustra a ocorrência desses eventos. Nota-se que a linha amarela, que representa a variável, e a linha verde, representando o local silo, são proporcionalmente opostas; isso mostra que o que acontece em um influencia o outro, o que já era esperado, pois a variável está vinculada à matéria prima que chega ao silo.

A simulação realizada neste trabalho provou que o estoque tem um tamanho suficiente, maior até do que a produção necessita. Além dos benefícios empresariais já citados, que a simulação computacional proporciona, pode-se também acrescentar o grande auxílio no processo de tomada de decisão, ou seja, se a empresa cogitasse aumentar a produção, poderia ser feito antes uma simulação de

como o estoque reagiria a essa mudança; ou ainda como o estoque de segurança se comportaria caso se alterasse outros fatores logísticos ou produtivos, por exemplo.

10. REFERÊNCIAS

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BATEMAN, Robert E.; BOWDEN, Royce O.; GOGG, Thomas J.; HARRELL, Charles R.; MOTT, Jack R. A.; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

COELHO, Leandro Callegari. **Conceitos e cálculo de estoque de segurança**. Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/o-que-e-e-comocalcular-o-estoque-de-seguranca/>>. Acesso em: 01 set. 2014.

CURY, José Eduardo Ribeiro; **Teoria de controle supervísório de sistemas a eventos discretos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE. 5. 2001, Canela, Rio Grande do Sul.

HACHMANN, Diego Rodrigo. BRACARENSE, João Candido. SCHEIDT, Alexandre. SOUZA, Odair Moreira de. **Agulha de Buffon: uma aplicação computacional**. In: CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ. Cascavel. Disponível em: <<http://rbras.org.br/lib/exe/fetch.php/pessoais:14.pdf>>

PENNA, Thadeu Josino Pereira. **Aplicações multidisciplinares de física estatística**. 2009. 203 f. Tese apresentada em Concurso Público para Professor Titular (Departamento de Física). Universidade Federal Fluminense, 2009.

LANDER SIMULATION & TRAINING SOLUTIONS, S.A. **História da simulação**. Disponível em: <<http://www.landersistimulation.com/por/formacao-atraves-da-simulacao/o-mundo-em-movimento/historia-da-simulacao/>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

MEDINA, A; CHWIF, L. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Bravarte, 2010.

RIEPEER, Marcos. **Planilha para cálculo de estoque de segurança**. Disponível em: <<http://guiadoexcel.com.br/ponto-de-ressuprimento-estoque-de-seguranca-e-estoque-maximo-em-planilha-excel>>. Acesso em: 01 set. 2014.

SANTOS FILHO, Diolino José; MIYAGI, Paulo Eigi; MARUYAMA, Newton. **Curso de ProModel**. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cecilia/disciplinas/ProModel%20Apostila.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2014.

UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA, **ENIAC**: celebrating Penn engineering history. Disponível em: <www.seas.upenn.edu/about-seas/eniac/>. Acesso em: 05 nov. 2014.