

**SIMULAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS EM UMA INDÚSTRIA
SUCROENERGÉTICO ALCOOLEIRA UTILIZANDO O SOFTWARE ARENA**

***SIMULATION OF INDUSTRIAL PROCESSES IN A SUGAR ALCOHOL ENERGY
INDUSTRY USING ARENA SOFTWARE***

Letícia Saiury Franco Ogoshi¹

Nathália Eloy da Silva²

Luiz Gustavo Sevieiro³

Vinicius Froes Merchan Ferraz⁴

Rhadler Herculani⁵

RESUMO

Com o apoio do software Arena, o objetivo do presente artigo é realizar simulações em quatro processos industriais em uma indústria sucroenergético alcooleira. A simulação computacional em sistemas é uma ferramenta fundamental para o planejamento gerencial e que pode fazer com que a empresa tenha grandes benefícios. A otimização é um processo de diferentes combinações de valores que prevê variáveis que podem ser controladas e que disponibiliza outras combinações de saídas de um modelo que mais se deseja. A empresa na qual a simulação foi realizada, é estimada como referência de gestão familiar eficaz, localize-se na cidade de Viradouro no norte do estado de São Paulo.

Palavras-chave: Cronometragem; simulação; arena.

¹ Graduação. Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro/SP. E-mail: lesaiury.engep@outlook.com.

² Graduação. Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro/SP. E-mail: nathaliaeloyengenharia@hotmail.com

³ Graduação. Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro/SP. E-mail: luizsevieiro@gmail.com

⁴ Graduação. Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro/SP. E-mail: viniciusfmerchanferraz@gmail.com

⁵ Docente. Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro/SP. E-mail: herculani@gmail.com

ABSTRACT

With the support of the Arena software, the objective of the present article is to carry out simulations in four industrial processes in an alcoholic ethanol industry. Computer simulation in systems is a fundamental tool for managerial planning and can make the company have great benefits. The optimization is a process of different combinations of values that provides variables that can be controlled and which makes available combinations of outputs of a model that is most desired. The company in which the simulation was performed is estimated as an effective family management reference located in the city of Viradouro in the northern of the state of São Paulo.

Keywords: Timing; simulation; arena.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a simulação tem sido observada como o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de amostras. Onde estas amostras permitem características que representam comportamento do sistema real, na qual pode ser interpretado como uma proporção de itens onde possa encontrar ou determinar alguma relação de funcionalidade. De modo geral, a simulação é recomendada em dois casos. Primeiro quando a solução de um problema tem custo muito alto ou impossível através de experimentos. E em segundo quando os problemas são grandes para tratamento crítico.

O programa Arena é um software originário da união de dois outros programas nomeados Siman e Cinema, onde foram melhorados continuamente e unificados em um único programa. O mesmo apresenta um cenário gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados e também utiliza a abordagem por processos para a elaboração da simulação. Tem sido utilizado para representar os mais diversos

ambientes, como por exemplo, linhas de produção, minas, tráfego nas ruas de uma cidade e diversos ambientes logísticos.

Testando novos projetos em um simulador, pode-se deduzir o que realmente acontecerá sem ter que alterar qualquer coisa no ambiente físico. Uma das vantagens do software Arena é beneficiar desde as tomadas de decisão sobre o chão-de-fábrica, ou até mesmo no mercado financeiro da empresa, podendo assim a simulação ser usada em qualquer tipo de ambiente.

Dentre diversas possibilidades, o software Arena pode ser aplicado com esse fim à medida que suprima as dificuldades existentes na compreensão de certos conceitos, tais como a influência dos gargalos e do tamanho do lote de fabricação no lead-time.

Os problemas citados acima são considerados relevantes na Engenharia de Produção, no entanto o software de simulação pode proporcionar interação educativa, operando como facilitadores didáticos, ou seja é uma ferramenta essencial para o ensino.

Com o apoio do software Arena, o objetivo do presente artigo é realizar simulações em quatro processos industriais em uma indústria sucroenergética alcooleira, a fim de poder analisar os resultados dos processos.

2. REFERENCIA TEÓRICO

2.1. Simulação computacional

A simulação computacional em sistemas é uma ferramenta fundamental para o planejamento gerencial e que pode fazer com que a empresa tenha grandes benefícios, como por exemplo: controle sobre o estoque em processo, planejamento, programação da produção, previsão de gastos, avaliação de planos metodológicos, mudanças tecnológicas, avaliação de impacto entre outros (HARRELL, 2000).

Ainda para Harrell (2000) a otimização é um processo de diferentes combinações de valores que prevê variáveis que podem ser controladas e que

disponibiliza outras combinações de saídas de um modelo que mais se deseja. Atualmente também existem vários outros softwares que pode realizar uma otimização a partir da simulação, tais como: Arena, SimRunner®, AutoStat, e WITNESS Optimizier entre outros. A figura 1 apresenta uma esquematização do conceito de uma simulação.

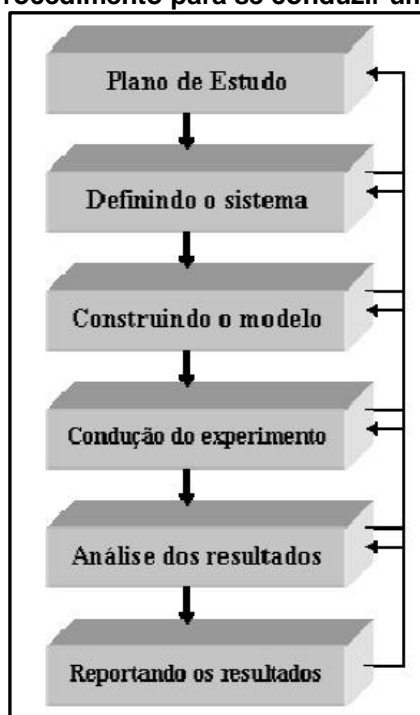


Fonte: Brighenti (2006)

A simulação de sistemas é uma ferramenta poderosa que minimiza os riscos que possam vir existir em tomadas de decisões. Porém, para usar essa ferramenta em uma avaliação de melhoria de desempenho de processos, precisa-se primeiramente diferenciar as configurações para cada tipo de processo para então, executar a simulação para cada uma delas e analisar os resultados encontrados decisões (BANKS, 2000; PEREIRA, 2000).

Segundo Law e Kelton (2000) simulação computacional é uma imitação de um sistema realista, porém modelado em um computador, para executar experimentos para avaliação e melhoria de desempenho. Simulação, de modo geral, é a transição da realidade para um ambiente que pode ser controlado e estudado, visando acompanhar e estudar o comportamento e diversas condições, como riscos e custos

A figura 2 mostra de forma esquemática um modelo de simulação. Pode-se notar, que caso não haja sucesso em alguma etapa, é preciso voltar à etapa anterior, para que se possa alcançar um resultado satisfatório na simulação.

Figura 2 - Procedimento para se conduzir uma simulação

Fonte: Brighenti (2006)

2.2. Metodologia da simulação

Lobão e Porto (1997) apresentam uma metodologia de simulação em dez passos e afirma que os resultados obtidos só terão qualidade e consistência se tiver primeiramente um estudo completo sobre simulação, para isso o estudo precisa ser bem fundamentado e planejado, conduzido de uma forma lógica e metódica. A seguir é mostrado cada um dos passos da proposta:

- i) Definição do problema e dos objetivos do estudo: Nesta etapa, o modelador e o usuário deverão ter um diálogo preciso sobre as causas e quais são os resultados esperados ao final do estudo. O modelador deve aplicar um questionário com uma série de perguntas, visando entender como funciona o sistema na prática.

- ii) Esboço: O modelador devera criar o esboço do modelo do sistema, para realizar os primeiros passos para o estudo sobre as informações, como: equipamentos, como os dados são coletados e trabalhados.
- iii) Coleta dos dados: A coleta dos dados deverá ser realizada de acordo com o esboço do sistema. Para obtenção desses dados, devem-se entrevistar fabricantes, seus catálogos, operadores e especialistas do processo.
- iv) Verificação dos dados: O modelador deve verificar os dados cuidadosamente para que não ocorram erros nas etapas seguintes.
- v) Construção do modelo: Nesta etapa, é escolhido o software que será utilizado. O modelador deve levar em consideração o modelo do sistema para que escolha o software correto.
- vi) Validação: A validação poderá ser realizada de várias formas: a forma mais comum é comparar os resultados de saída com os dados reais do sistema, também usar técnicas estatísticas. O sistema estudado deve receber dois relatórios, um com os dados reais e outro com os dados simulados.
- vii) Planejamento dos experimentos: No planejamento deverá ser levado em consideração alguns itens como: quantidade de reaplicações para cada cenário, qual será a duração da simulação e sob quais condições a simulação será aplicada.
- viii) Realização dos experimentos: Deverá ser aplicado cuidadosamente o planejamento feito na etapa anterior e os resultados devem ser documentados.
- ix) Refinamento: Caso o resultado for satisfatório, deverá seguir a próxima etapa. Caso não tenha sido alcançado deverá voltar a etapa sete, para um replanejamento do experimento.
- x) Encerramento: O fechamento do projeto deve ser feito conforme os dados analisados do relatório, e escolher a melhor alternativa para a implementação. Nessa etapa deverá ser entregue pelo moderador o relatório gerado para o usuário.

2.3. O software Arena e sua origem

De acordo com Silva et al. (2007), Arena é originário da união de dois outros programas denominados Siman e Cinema. O Siman é uma linguagem de simulação e foi em 1983 onde surgiu o primeiro programa de simulação para computadores. O Cinema surgiu em 1984 e foi o primeiro programa para animação de simulação em Pc's. A partir de 1993 com a união dos dois programas foram unificados em um único software, o Arena.

O atual programa apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém todos os recursos para modelagem, animação, análise estatística e análise de resultados e utiliza a abordagem por processos para execução da simulação. Essa técnica de simulação pode ser considerada uma situação onde elementos estáticos, formando um ambiente bem definido com suas regras e propriedades, interagem com elementos dinâmicos, que fluem dentro desse ambiente.

Bernardes e Paula (2012) citam que o Arena é composto de uma família de softwares, alguns com finalidades genéricas e outros com finalidades específicas:

- Arena Standard: Simulador genérico permite ao usuário utilizar inúmeros templates, porém sem a possibilidade de criação de templates próprios;
- Arena Professional: Simulador genérico além dos recursos Standards, é possível ao usuário criar objetos e agrupá-los em templates, distribuindo-os de maneira livre;
- Arena Contact Center: Simulador especial para simulação de centrais de atendimento;
- Arena Factory Analyzer: Simulador específico para estudos de manufatura. Segue padrão para projetos na área e possui interligação com ferramentas de MRP e Scheduling;
- Arena Packaging: Simulador destinado a linhas de alta velocidade e grande quantidade de elementos, como engarrafadoras e empacotadoras;
- Arena Realtime: Capacitado a trocar informações em tempo real com sensores e controladores externos, para simular e monitorar o sistema.

2.4. Módulos básicos

2.4.1. Decide

O componente Decide introduz um desvio na sequência do fluxograma, caso seja usado, o fluxo segue ou é separado para outra parte do processo (BERNARDES; PAULA, 2012). Prado (2014) cita que tal módulo é utilizado quando a diversas opções de continuação. As opções para o Type do Decide são: duas opções de desvio probabilístico (*2-way by chances*); diversas opções de desvio probabilístico (*n-wayby chances*) duas opções de desvio com base em condições (*2-way bycondition*) e diversas opções de desvio com base em condições (*n-waybycondition*).

De acordo com Araujo (2006) o bloco Decide permite modelagem de processo de tomada de decisão no sistema. Permite decisões como binária (se a resposta ou é verdadeira ou é falsa) ou múltipla. A apuração pode ser feita através de probabilidades, atributos, expressões ou variáveis do processo (figura 3).

Figura 3 - Módulo Decide



Fonte: Autoria própria

2.4.2. Create

Bernardes e Paula (2012) citam que o componente Create se localizará sempre no começo do fluxograma, pois simboliza início de processo. Segundo Araujo (2006) é desse ponto que surgem as informações como clientes,

documentos, peças, equipamentos. Essas informações é tudo aquilo que causará mudanças a ação das operações logísticas do fluxo e também são consideradas o gatilho do processo. De acordo com Pereira (2009) depois de definidas, as mesmas caminham pelo sistematomando recursos e executando outros procedimentos lógicos (fig. 4).

Figura 4 - Módulo Create



Fonte: Autoria própria

2.4.3. Process

O componente Process simboliza uma atividade ou operação dentro do processo (BERNARDES; PAULA, 2012).

Paragon cita que tal módulo tem a função de simbolizar qualquer ação dentro do sistema que leve um tempo para ser cumprida. De acordo com Araújo (2006) o bloco Process é o mais simples de se usar quando uma informação passa por alguma ação incluindo um intervalo de tempo e/ou recursos, como por exemplo, um cliente sendo atendido pelo funcionário ou outra coisa do tipo (figura 5).

Figura 5 - Módulo Process



Fonte: Autoria própria

2.4.4. Dispose

O Dispose é utilizado sempre no final do fluxograma, pois simboliza termino de processo (BERNARDES; PAULA, 2012). É por ele que as informações desaparecem do sistema, sendo assim tão obrigatório quanto o componente Create. Caso ocorra aglomeração na fila de um processo, pode ter ocorrido algum erro de modelagem em que uma informação entrou no componente Dispose sem antes te liberado o processo que havia reservado (ARAUJO, 2006). Paragon cita que esse módulo tem a função de retirar as informações do sistema (figura 6).

Figura 6 - Módulo Dispose



Fonte: Autoria própria

2.5. Relatórios

2.5.1. Overview

Este relatório é estruturado nas decorrentes seções sendo eles: indicadores de desempenho, área de atividade, transportador, entidade, processo de fila e de um recurso, estação, tanque e usuário especificado. As estatísticas exibidas são resumidas em todas as replicações. As informações apresentadas variam de acordo com o número de repetições executadas e do tipo de estatística (PEREIRA, 2009).

2.5.2. Queues

Pereira (2009) cita que este relatório aponta todas as estatísticas para uma determinada fila em um domínio, onde cada seção é dividida em três grupos, sendo eles tempo, custo e outros.

2.5.3. Resources

Este relatório aponta todas as estatísticas de um determinado recurso em um domínio, onde cada seção de relatórios de estatísticas de recursos é dividida em dois grupos, sendo eles ocusto e uso (PEREIRA, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da empresa

A empresa na qual a simulação foi realizada, é estimada como referência de gestão familiar eficaz. Ao passar do tempo conquistou vários setores, multiplicou oportunidades e também fortaleceu a economia regional. Atualmente ela atua nos principais mercados mundiais, atendendo a severos padrões de comercialização de açúcar em diversos continentes e localize-se na cidade de Viradouro-SP.

A fabricação de açúcar, etanol, energia e levedura extraídos da cana-de-açúcar, está dividida em três unidades, sendo elas todas no estado de São Paulo. Assim para chegar ao melhor produto, plantar bem é o início do processo, assim como a seleção da diversidade de muda ideal para cada tipo de solo e época do ano. Tudo é rigorosamente monitorado desde a colheita mecanizada ao transporte e recepção da cana até destino final.

3.1.1. Fermentação

A fermentação é um processo anaeróbio de síntese de ATP (trifosfato de adenosina) sem o envolvimento da cadeia respiratória, etapa característica do processo de respiração celular:

É o processo na qual alimenta o fermento com soluções de açúcares chamadas art para fazer a turbinagem de dornas, onde separa o vinho do fermento, e por fim o vinho se desloca para a destilação tornando-se álcool (Tab. 01).

Tabela 01 – Tempos cronometrados do processo de fermentação

Tempos									
10	9	8	9	9	10	10	9	9	9
9	10	9	8	9	8	8	8	9	10
10	8	10	9	9	8	10	10	10	10

Fonte: Autoria própria

3.1.2. Autólise (preparação de levedura)

Os fermentos extras da fermentação são lavados (returbinados) para tanques de autólise, onde é feita análises e feito a dosagem de sal, e assim circulado a temperatura de até 70 graus para a quebra de paredes celulares (enzimas) até o líquido ficar aquoso, e com as proteínas derrubadas em seus parâmetros para que estejam prontas para secagem (Tab. 02).

Tabela 02 – Tempos cronometrados do processo de autólise

Tempos									
11	10	11	11	10	11	11	10	10	10
11	11	11	10	11	11	11	10	10	11
11	11	11	11	10	10	11	10	10	10

Fonte: Autoria própria

3.1.3. Secagem de levedura (ração)

Assim como dito, a preparação do fermento autolisado ocorre para que possa ser feita a ração, cujo quais os tanques autolisados são turbinados para o pulmão da ração (o tanque onde fica a levedura líquida com enzimas quebradas) e logo após entra em um processo de secagem, de acordo com parâmetros de temperaturas (Tab. 03).

Tabela 03 – Tempos cronometrados do processo de secagem de levedura

Tempos									
2	1	1	3	1	3	3	3	1	2
3	1	1	3	2	3	2	2	3	3
2	2	2	2	1	2	2	2	3	3

Fonte: Autoria própria

3.1.4. Destilação

Os aparelhos são separados hidratados e desidratados. O vinho com teor alcoólico que sai do processo de fermentação e é depositado em um volante (dorna de vinho de levedura) o qual tem bombas que fazem o transporte deste fluido para o aparelho de hidratado, onde produz o álcool de grau de 90,6 que é chamado hidratado (etanol combustível). Esse hidratado é conduzido a um tanque separado sendo guiado a um novo processo cujo o nome é chamado de desidratação do álcool, onde será produzido o chamado anidro. O processo é baseado sempre em temperaturas e tempo de retenções (Tab. 04).

Tabela 04 – Tempos cronometrados do processo de destilação

Tempos									
4	4	5	4	5	5	4	3	4	3
3	4	4	3	5	4	5	3	4	3
4	4	5	5	3	4	4	5	4	4

Fonte: Autoria própria

3.2. Coleta dos dados

Para a coleta dos dados, definimos primeiramente a identificação das condições iniciais, como por exemplo: Nome do operador, setor, data, descrição da operação, implantação do posto de trabalho, equipamentos/acessórios e materiais. Os tempos foram cronometrados no processo no seu estágio inicial até a sua saída. No processo de fermentação, foi utilizado um cronometro de relógio de pulso, medindo o tempo total da turbinação de dorna. Na autólise, foi cronometrado o tempo de aquecimento e análise do BRIX no laboratório, finalizando assim o processo. No processo de secagem de levedura onde é feito a ração, utilizou-se a cronometragem de acordo com o tempo de entrada de fermento sem paredes celulares, até a rotatividade de secagem. Por fim, no processo de destilação foi utilizado um cronometro, cronometrando o tempo de entrada de vinho e saída de álcool e marcando a quantidade de litros produzido por horas. Os dados foram coletados entre 15/05/2017 a 26/05/2017.

3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes materiais para a coleta dos dados:

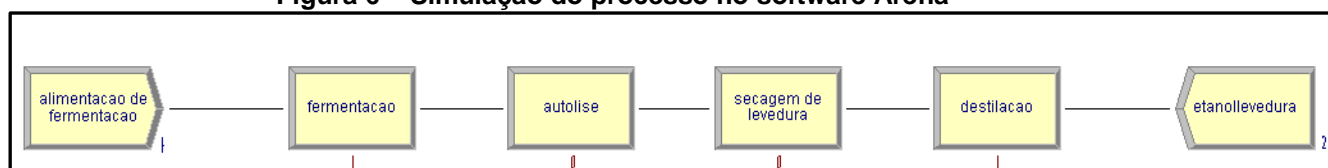
- Cronometro
- Relógio de pulso
- Proveta 500ml
- Prancheta
- Calculadora
- Lápis/Caneta
- Folha de estudos de tempo

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Simulação

Para a realização da análise do processo em estudo, são propostos observar quatro processos com o objetivo de observar a resposta do sistema a partir da simulação no software Arena v15.000 utilizando principalmente a ferramenta Output Analyzer (analisador de dados de entrada). Os indicadores de desempenho utilizados para a análise foram os quatro processos escolhidos pelos autores da pesquisa, assim sendo cronometrados 30 vezes cada um deles, para se obter um melhor resultado e porcentagem da operação.

Figura 6 – Simulação do processo no software Arena



Fonte: Autoria própria

4.2 Resultados

O parecer deste relatório foi fundamental para a assimilação e entendimento sobre o estudo de caso em uma usina sucroenergética no interior norte do estado de São Paulo. Depois de uma aplicação do simulador Arena na linha de produção continua da mesma, concluímos que o processo não possui fila, e também os resultados obtidos na simulação nos informa a operação do processo sobre o desempenho de cada operador (Quad. 1).

Quadro 1 – Resultados das operações

Operação	Resultado em %
Fermentador	400%
Operador de preparação de levedura	300%
Operador de secagem	300%
Destilador	300%

Fonte: Autoria própria

Figura 7 – Resultados dos processos no simulador Arena



Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados proporcionados pela simulação no *software* Arena, foi possível concluir que o mesmo pode ser aplicado para simular qualquer processo que tenha a intenção de obter resultados, incluindo processos contínuos como o mesmo feito nesta pesquisa realizada em uma usina sucroenergética alcooleira.

Através das análises realizadas nos cenários simulados, foi possível verificar que o processo não possui filas – por ser um processo de líquidos contínuos – e também que a operação com maior desempenho foi o processo de fermentação.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, S. M. S.; et al. **Avaliação dos Benefícios da Aplicação da Simulação Através do Software Arena 10.0 em uma Empresa de Transporte Ferroviário.**

Disponível em:

<www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_stp_091_615_12726.pdf> Acesso em: 25 maio 2017.

ARAUJO, L.C. **Manual do Arena 9.0.** Disponível em: <mz.pro.br/simulacao/32-APOSTILA_ARENA_9.pdf> Acesso em: 25 maio 2017.

BANKS, J. **Introduction to simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference.** Atlanta, 2000.

BERNARDES, M. A. **Modelagem e Simulação de uma Linha de Produção em Bancos Automotivos no Brasil Utilizando o Software Arena.** Disponível em:

<<http://hdl.handle.net/123456789/20>> Acesso em: 25 maio 2017.

BRIGHENT, José Renato Nunes. **Simulação e Otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto.** Mestre em Engenharia de Produção. Itajubá, 2006.

FERNANDES, Alexandra Cristina Moreira. **Simulação de Linha de Produção usando a Plataforma ARENA.** Relatório da UC de Projeto Licenciatura em

Engenharia Informática Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, 2012.

Disponível em: <<http://projinf.estig.ipb.pt/~a21274/relatoriooo.pdf>> Acesso em: 04 jun. 2017.

FRAYTAG, Gabriel. **Análise do Comportamento de uma Solução de Integração Desenvolvida para a Área de Venda Hospitalar Utilizando o Simulador Arena.**

Santa Rosas, 2015. Disponível em:

<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3296/TCC_Final-GabrielFreytag.pdf?sequence=1> Acesso em: 04 jun. 2017.

HARREL, Charles R.; GHOSH, Biman K.; BOWDEN, Royce. **Simulation Using ProModel®.** McGraw-Hill, 2000

HARREL, C. R.; BATEMAN, R. E.; GOGG, T. J.; MOTT, J. R. A. **System Improvement Using Simulation.** Orem, Utah: PROMODEL® Corporation. 1996.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; SADOWSKI, D. A. **Simulation with ARENA.**

[S.I.]: McGraw-Hill New York, 2002. Citado 6 vezes nas páginas 29, 30, 31, 32, 33 e 34.

LAW, A.; KELTON, D. **Simulation modeling and analysis.** New York, McGraw-Hill, 2000.

LOBÃO, Elídio C.; PORTO, Arthur José V. **Proposta para sistematização de estudos de simulação**. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Gramado, RS, 1997.

PEREIRA, C. R. **Apostila Arena 11.0**. Disponível em: <mz.pro.br/simulacao/33-APOSTILA_ARENA_11.pdf> Acesso em: 25 maio 2017

SILVA, L. M. F. E.; et al. **Utilizando o Software Arena como Ferramenta de Apoio ao Ensino em Engenharia de Produção**. Disponível em: <https://xa.yimg.com/kq/groups/22929725/.../ENEGEP2007_TR660482_9236.pdf> Acesso em: 25 maio 2017

Recebido em 24/07/2017

Aprovado em 16/10/2017