

Modelo de Simulação no Auxílio ao Ensino de Circuitos Elétricos Simples para Aulas em Cursos Técnicos

Simulation Model to Aid the Teaching of Simple Electric Circuits in Technical Training Courses

Roberta Matta de Araujo*
João José de Assis Rangel**

O presente artigo tem por objetivo descrever a aplicação de um modelo de simulação a eventos discretos desenvolvido de forma a auxiliar o entendimento sobre o funcionamento de circuitos elétricos mistos. O modelo foi construído na versão livre do *software* de simulação Arena. O assunto simulado é tipicamente encontrado em aulas de cursos técnicos de nível médio onde a visualização do assunto pode facilitar a compreensão da explicação do professor. Os resultados mostraram as alternativas que um professor poderia utilizar para explicar sobre o assunto com estudantes.

This article aims to describe the application of a discrete event simulation model developed in order to aid the understanding of how mixed electric circuits function. The model was constructed in a free version of the Arena simulation software. The simulated event is commonly found in classes of vocational courses, where the visualization of the subject may facilitate the comprehension of the teacher explanation. Results show the alternatives that a teacher can use to make the subject clear to the students.

Palavras-chave: Simulação. Recurso didático. Ensino. Circuitos elétricos.

Key words: Simulation. Educational Resources. Education. Electric circuits.

1 Introdução

As dificuldades de aprendizagem apresentadas por alunos de ensino médio referentes aos conteúdos de Física inspiram desafios na prática didática. Segundo Fiolhais e Trindade (2003), uma característica que a torna particularmente difícil para os estudantes é o fato de lidar com conceitos muito abstratos. Os autores citam que são poucos os estudantes que apresentam capacidade de abstração que permita a visualização adequada dos conceitos que são tratados em aulas. Muitos alunos não conseguem compreender a ligação da Física com a vida real. Essa questão se torna ainda mais desafiadora em turmas de cursos técnicos, onde os alunos precisam visualizar

* Bacharel em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) - Campos dos Goytacazes (RJ) - Brasil. E-mail: betamatta@yahoo.com.br.

** Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) - Campos dos Goytacazes (RJ) - Brasil. E-mail: joao@ucam-campos.br.

não apenas o conceito mas também a aplicação real relacionada ao tópico ensinado (ANDAROLO; DONZELLI; SPERANDEO-MINEO, 1991).

Uma forma de melhorar a capacidade de aprendizagem dos estudantes é a utilização de modelos de simulação computacional para auxiliar na visualização dos conceitos tratados em uma aula. Esses modelos computacionais permitem uma melhor compreensão dos alunos, pois podem ilustrar aplicações reais dos sistemas tratados. A observação e interação dos alunos com o sistema dinâmico representado na tela do computador contribuem para ampliar a compreensão do conceito em uma atmosfera virtual de aprendizagem.

De acordo com Gaddis (2000), a simulação vai além de simples animações e englobam uma ampla tecnologia que vai do vídeo à realidade virtual. Segundo Medeiros e Medeiros (2002), uma boa simulação de fenômenos físicos pode expressar um assunto de um jeito melhor do que imagens estáticas ou uma sequência delas poderiam. Por outro lado, os referidos autores afirmam que se a modelagem não estiver clara para professores e alunos e, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes.

Nesse contexto, Araújo, Veit e Moreira (2004) afirmam que as simulações computacionais com objetivos pedagógicos dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos. A modelagem computacional aplicada ao ensino de Física ou em áreas correlatas é desenvolvida em atividades expressivas, caracterizadas pelo processo de construção do modelo desde sua estrutura matemática até a análise dos resultados gerados por ele. Por exemplo, Silva et al. (2014) apresentam modelos de simulação para auxiliar no ensino de telecomunicações. Já Rangel, Rangel e Nascimento (2014) apresentaram uma proposta metodológica com a finalidade de auxiliar professores a construir seus próprios modelos com versões livres de *software* de simulação, como o Arena, por exemplo, nos diversos campos do ensino.

Assim, o presente artigo tem por objetivo descrever um modelo de simulação desenvolvido na versão livre do *software* Arena (versão 14). O modelo foi construído com animação visual de forma a auxiliar o entendimento sobre a passagem da corrente em circuitos elétricos mistos. Esse é um assunto tipicamente encontrado em aulas de cursos técnicos de nível médio em que a visualização do assunto pode facilitar a compreensão da explanação do professor.

De forma a apresentar o trabalho elaborado neste estudo, o presente artigo está organizado da seguinte forma: o próximo item descreve o sistema que é objeto deste trabalho; logo após, no terceiro item, é apresentado o modelo de simulação do sistema juntamente com o modelo lógico e a animação por meio da qual o estudante pode interagir para visualizar melhor o assunto tratado pelo professor. O quarto item apresenta os testes que podem ser realizados para a explanação do tópico de aula. E, por fim, as considerações finais do trabalho.

2 Descrição do sistema

Circuitos elétricos simbolizam um dos assuntos de base dentro da área de eletricidade e é também um conteúdo em que os alunos apresentam grande dificuldade de entendimento. Diante desse quadro, esse tema foi o adotado para a construção do exemplo através do recurso de simulação computacional com animação.

O modelo de simulação apresentado na Figura 1 é de um circuito elétrico composto por associações de resistores em série e em paralelo e um gerador de eletricidade.

No circuito apresentado, a corrente elétrica circula a partir da fonte de eletricidade, V , em direção ao nó, A, para atravessar o resistor elétrico, R_1 . Após o primeiro resistor, o fluxo de corrente elétrica vai de encontro ao nó, C, onde estão interligados outros dois resistores, R_2 e R_3 . Esses dois resistores estão em paralelo e, conseqüentemente, a corrente elétrica se divide proporcionalmente entre eles dois. Após percorrer esse arranjo, os fluxos de corrente elétrica, oriundos dos resistores, voltam a se reunir no nó, D, prosseguindo ao terminal negativo do gerador de eletricidade, V , passando, antes disso, por um quarto resistor, R_4 , entre os nós D e E. Ao atravessar cada resistor, desenvolve-se sobre eles uma diferença de potencial (ddp) e também é dissipada uma potência em forma de calor. O objetivo da simulação é mostrar visualmente a divisão do fluxo de corrente elétrica nos resistores em paralelo.

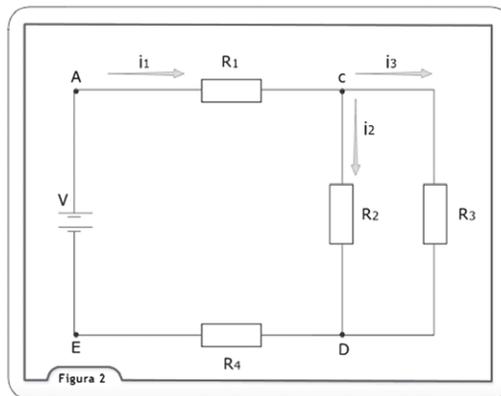


Figura 1: Circuito elétrico misto

3 Modelo de Simulação Didático

Segundo Leal, Almeida e Montevechi (2008), um projeto em fase inicial de simulação é analisado por um modelador e as informações coletadas por ele devem ser registradas na forma de um modelo denominado modelo conceitual. Para Sargent (2013), o modelo conceitual facilita a interpretação do problema e o auxilia na visualização do modelo computacional.

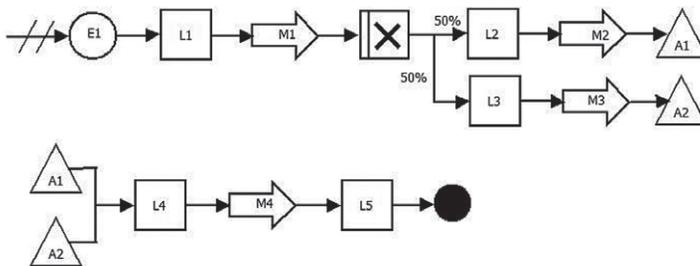
A técnica de modelagem conceitual escolhida para esse trabalho foi a *Integrated computer aided manufacturing DEFinition methodology* para SIMulações (IDEF-SIM),

proposta por Montevechi et al. (2010). Para Nunes e Rangel (2009), essa técnica apresenta-se eficiente na representação de sistemas simulados e tem como um dos principais benefícios a simplificação do modelo, em que a descrição documental pode ser desenvolvida sem ambiguidades. Já Souza e Rangel (2014) avaliaram de forma positiva a aplicação da linguagem IDEF-SIM para a construção de modelos conceituais a serem empregados na elaboração de modelos de simulação a eventos discretos.

A Figura 2 apresenta o modelo conceitual do sistema apresentado no item anterior.

A partir desse modelo conceitual, um modelo de simulação computacional pode ser desenvolvido em qualquer linguagem de programação compatível.

Silva et al. (2012) consideram que entre as possibilidades de *software* de modelagem e simulação, destaca-se o Arena, que pode ser utilizado como ferramenta de simulação computacional na representação dos sistemas de emissões de ordens. Isso devido à sua interface gráfica amigável, recursos de animação e facilidade de modelagem dos sistemas. Corroborando com a afirmativa anterior, Nascimento e Rangel (2012) atestam que a construção dos modelos didáticos nesse *software* não necessita de grandes recursos laboratoriais, uma vez que se utilizem os ambientes de simulação discreta. Sendo assim, um professor não precisa dominar amplamente as linguagens de programação para construir um modelo de simulação com propósito didático.



Legenda

	Descrição	Parâmetro
E ₁	Entidade elétrons	Função: Constante; 1 por vez; máximo infinito; primeira chegada 0 seg
L ₁	Local: Entrada no resistor R1	Capacidade: infinita
L ₂	Local: Entrada no resistor R2	Capacidade: infinita
L ₃	Local: Entrada no resistor R3	Capacidade: infinita
L ₄	Local: Entrada no resistor R4	Capacidade: infinita
L ₅	Local: saída	Capacidade: infinita
M ₁	Esteira: Ir para L2 e L3	Velocidade: 1m/h; distância: 45m
M ₂	Esteira: Ir para L4	Velocidade: 1m/h; distância: 45m
M ₃	Esteira: Ir para L4	Velocidade: 1m/h; distância: 45m
M ₄	Esteira: Ir para L6	Velocidade: 1m/h; distância: 45m

Figura 2: Modelo conceitual do sistema

A Tabela 1 apresenta os resultados de um trabalho apresentado por Rangel e Rangel (2013), no qual descrevem as características principais de um modelo computacional desenvolvido no Arena, elaborado pelo próprio professor da disciplina.

Tabela 1: Características do modelo de simulação.

Características	Simulador a eventos discretos utilizado
Software de simulação	Arena 14
Desenvolvedor	Professor da disciplina
Tipo de licença	Gratuita (versão estudante)
Interatividade	Permite
Alteração	Permite
Grau de dificuldade da programação	Baixo
Tempo de desenvolvimento	6 horas
Carga horária de treinamento	20 horas

Nota-se pela referida Tabela que o *software* Arena, além de permitir a interatividade entre o modelo computacional e o estudante, apresenta um baixo grau de dificuldade em sua elaboração.

A Figura 3 ilustra a lógica do modelo de simulação.

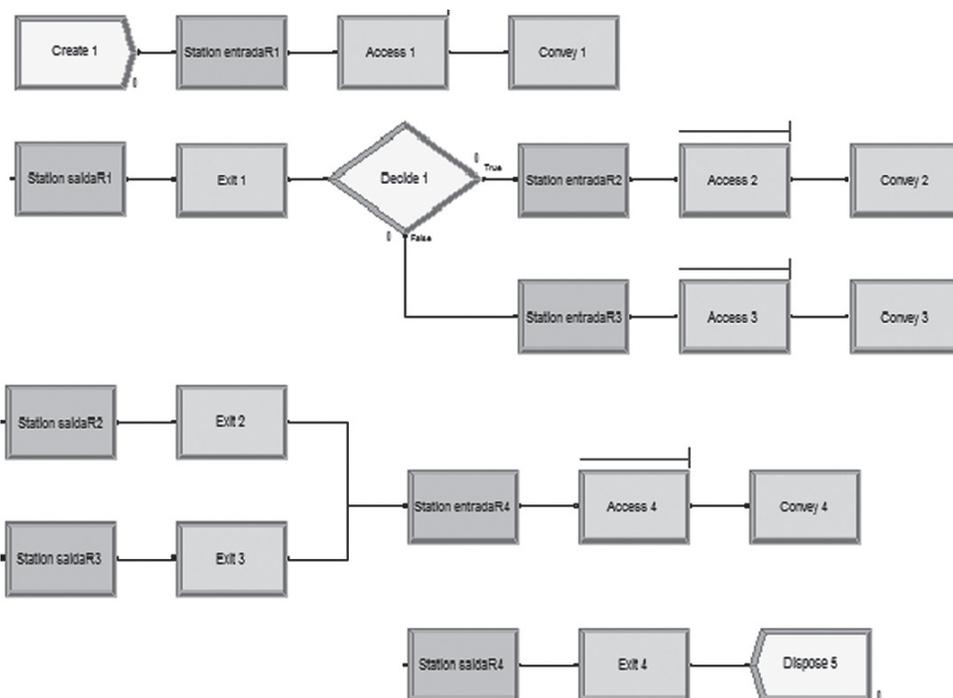


Figura 3: Modelo lógico desenvolvido no *software* Arena

4 Testes do Modelo para aula

O modelo de simulação pode ser apresentado aos alunos em forma de animação visual. O modelo é interativo e pode ser modificado de acordo com as necessidades do professor. O intuito dessa simulação é mostrar visualmente ao aluno que a corrente elétrica que percorre um circuito, ao encontrar um nó, se divide de forma inversamente proporcional à resistência elétrica de cada condutor.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram instantes da sequência de simulação do modelo de simulação elaborado pelo professor da disciplina no *software* Arena.

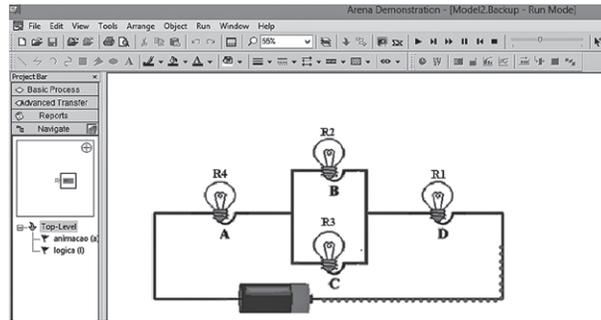


Figura 4: Imagem de um instante da simulação (primeiro momento)

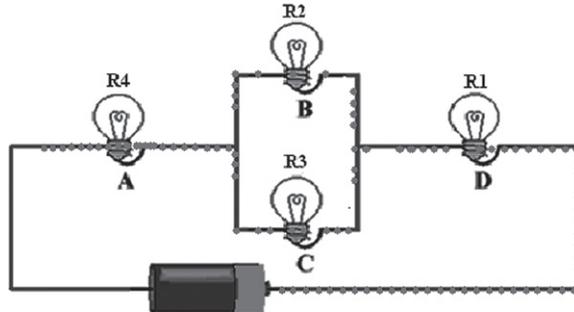


Figura 5: Imagem de um instante da simulação (segundo momento)

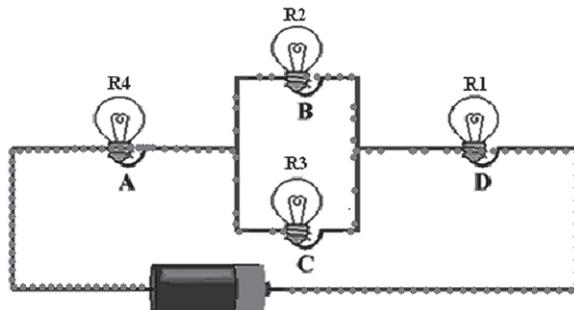


Figura 6: Imagem de um instante da simulação (terceiro momento)

As imagens representam uma sequência da simulação. A Figura 4 mostra o início da movimentação, onde as bolinhas vermelhas representam o fluxo de corrente elétrica, saindo do polo positivo em direção ao polo negativo do gerador. Nas Figuras 5 e 6 pode-se observar a divisão da corrente elétrica ao encontrar o nó e posteriormente a sua junção novamente. O objetivo dessa primeira simulação é salientar a corrente elétrica se dividindo igualmente, chegando à conclusão de que os resistores R2 e R3 têm o mesmo valor.

Na Figura 7 foi realizada uma modificação no modelo. O propósito da mudança é mostrar ao estudante que a corrente elétrica deixa de se dividir igualmente quando se adotam valores diferentes para os resistores em paralelo. Essa ilustração pode fazer com que o aluno perceba que quanto maior o valor da resistência elétrica, menor será o valor do fluxo de corrente elétrica. O Quadro 1 relaciona as figuras obtidas da simulação do Arena com o conceito a ser ensinado.

Quadro 1: Relação conceito ensinado com figuras

Item	Conceito Explicado
Figura 4	Fluxo ordenado de elétrons (corrente elétrica convencional) que sai do polo positivo em direção ao polo negativo do gerador de eletricidade.
Figura 5	Divisão da corrente elétrica numa associação em paralelo com resistores iguais. Totalidade da corrente que passa pelos resistores associados em série.
Figura 7	Divisão da corrente elétrica numa associação em paralelo com resistores diferentes.

Observe que o estudante pode interagir com o modelo de simulação, a partir da interface gráfica na tela do computador de forma semelhante a se estivesse lidando com o sistema equivalente de forma real. Entretanto, o ambiente virtual criado no computador permite a realização de muitos outros testes e experimentos, ali podem ser criados inúmeros outros exemplos importantes para a prática de aprendizagem. Outra questão que pode ser levantada aqui diz respeito à segurança que pode ser obtida com o modelo de simulação. Nesse caso, com o modelo de simulação, a possibilidade de acidentes com eletricidade, que poderiam causar algum dano ao aluno ou ao equipamento, simplesmente não existe. A experimentação do aluno com o computador é ilimitada e segura de acidentes.

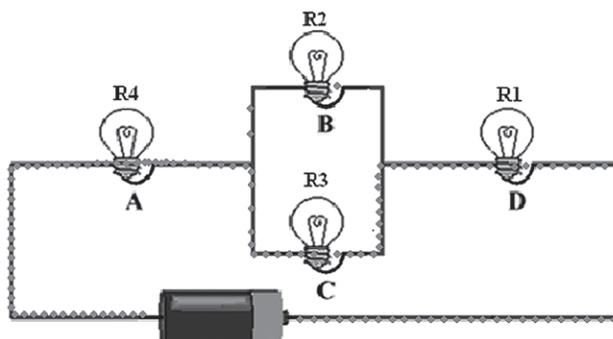


Figura 7: Imagem retirada da simulação feita no *software* Arena.

5 Considerações finais

Nesse trabalho foi abordada a importância do modelo de simulação computacional como uma ferramenta didática, apresentado em forma de animação e desenvolvido na versão livre do *software* Arena. Esse tipo de configuração pode contribuir positivamente no processo de ensino-aprendizagem. Nesse caso em particular, foi proposto abordar um circuito elétrico simples, composto por resistores associados em série e paralelo e um gerador ideal, o qual é percorrido por um fluxo de corrente elétrica.

O *software* Arena 14 foi escolhido para a modelagem por apresentar baixo grau de dificuldade, podendo o próprio professor da disciplina, com poucas horas de treinamento, desenvolver o seu próprio modelo de simulação e fazer alterações conforme as necessidades apresentadas em sala de aula. Outro aspecto relevante é por possuir uma versão livre que, apesar de limitada, é suficiente para modelos com fins didáticos como o proposto neste artigo.

Para trabalhos futuros pode ser proposta uma análise estatística da aprendizagem dos alunos com o uso dessa ferramenta em sala de aula, ou seja, daquilo que poderá ser alcançado por eles com a utilização desse recurso. Para finalizar, vale destacar que os ganhos que podem ser alcançados com os modelos de simulação podem ser muitos. No entanto, após a compreensão do aluno em relação ao conceito tratado, é bom que o aluno também possa interagir com um sistema real do mesmo assunto para, assim, poder criar a habilidade manual de interação com o conceito aprendido.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro para esta pesquisa.

Referências

- ANDALORO, G.; DONZELLI, V.; SPERANDEO-MINEO, R. M. Modelling in physics teaching: the role of computer simulation. *International Journal of Science Education*, v. 13, n. 3, p. 243-254, 1991.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.
- FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, 2003.
- GADDIS, B. *Learning in a virtual lab: distance education and computer simulations*. Dissertation (Doctoral) - University of Colorado, 2000.
- LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.; MONTEVECHI, J.A.B. Uma proposta de técnica de modelagem conceitual para a simulação através de elementos do IDEF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 15., 2008, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB, 2008.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, 2002.
- MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted idef: an application in a Brazilian tech company. In: PROCEEDINGS OF WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010. p. 1624 -1635
- NASCIMENTO, J. R; RANGEL, J. J. A. Modelos de simulação a eventos discretos como recursos didáticos no ensino médio. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, 2012. p. 3895-3904.
- NUNES, A. F.; RANGEL, J. J. A. Aspectos da aplicação do IDEF-SIM na construção de modelos de simulação com Arena. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 41., 2009. Porto Seguro, BA. *Anais...* Porto Seguro, 2009,.p. 2271-2282.
- RANGEL, C. L.; RANGEL, J. J. A. Simulação a eventos discretos como ferramenta pedagógica nas áreas de telecomunicações e informática. In: ENCONTRO MINEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 2013. Juiz de Fora, MG. *Anais...* Juiz de Fora, 2013.
- RANGEL, C.L.; RANGEL, J.J.A.; NASCIMENTO, J.R. Discrete event simulation for didactic support resource. In: PROCEEDINGS OF WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2014. p. 3596-3607.
- SARGENT RG. Verification and validation of simulations models. *Journal of Simulation*, v. 7, n. 1, p. 12–24, 2013.

SILVA, T. M. P.; RANGEL, J. J. A.; SHIMODA, E.; NASCIMENTO, J. R. Discrete event simulation to build simulators for teaching. *Journal of Simulation*, v. 8, p. 325-334, 2014.

SILVA, A. E.; SANTOS, A. G.; LIMA, M. L. S.; BACHEGA, S. J. Simulação computacional como técnica de auxílio no processo de ensino e aprendizagem do sistema de emissão de ordens two-boundary control (tbc). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012. Bento Gonçalves, RS. *Anais...* Bento Gonçalves, 2012.

SOUZA, A. A.; RANGEL, J. J. A. Unified modeling of discrete event and control systems applied in manufacturing. *Vértices*, v. 16, p. 57-74, 2014.

Artigo recebido em: 29 set. 2015

Aceito para publicação em: 29 fev. 2016