



UM MODELO DE CONTROLE PARA O PROCESSO DE MONTAGEM DE BENS DE PRODUÇÃO UTILIZANDO A MODELAGEM DE PROCESSOS

Jose Belo Torres

belo@ufc.br

Universidade Federal do Ceará –
UFC. Ceará, Fortaleza, Brasil.

RESUMO

As organizações cada vez mais necessitam de novas formas de agir, que permitam a elas se tornarem diferentes e, portanto, conseguirem uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes. Os modelos de processos são muito utilizados em sistemas automatizados em que dados de determinados equipamentos, como vazão e temperatura, por exemplo, são recuperados e tratados de forma automática. Assim, um modelo que possibilite o desenvolvimento de um ambiente de modelagem de processos para simular e controlar o processo operacional de uma organização é proposto. O modelo foi dividido em três camadas. Na primeira camada, encontram-se os modelos de processos e na terceira camada, os processos operacionais de uma organização. Já a segunda camada é responsável pela integração das camadas primeira e terceira por meio das tecnologias de comunicação e da informação. Para validação do modelo, foram desenvolvidos: um ambiente computacional para modelagem de processos para camada um; um modelo de processo de montagem com componentes de automação como Controlador Lógico Programável – CLP e sensores para terceira camada; e um programa de recuperação de dados de ocorrência de eventos, como entrada e saída de um item de produção em um recurso, utilizando o software SCADA Elipse desenvolvedor para segunda camada.

Palavras-chave: Modelagem de Processos; Automação; Simulação e Controle.



1. INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura mundial, as organizações precisam ser ágeis, flexíveis e competitivas. Diante dos avanços tecnológicos, existem as necessidades de rápidas adaptações às mudanças do ambiente de negócios e da utilização de novas tecnologias. Em razão dessas novas tecnologias, muitas vezes caras e complexas, as organizações necessitam ser inovadoras, buscando uma forma de agir diferente a um custo menor. Prajogo *et al.* (2007) afirmam que as empresas necessitam adotar estratégias de inovação, assegurando que a cultura organizacional seja adaptada corretamente, com o intuito de melhorar a qualidade, versatilidade, flexibilidade e competitividade das organizações.

Recker et Rosemann (2009) afirmam que empresas e academias têm iniciado o reconhecimento que o nível de educação precisa melhorar no futuro, e para isso, um grande número de universidades estão investindo no projeto de um currículo relacionado a processos como parte de um programa de Tecnologia da Informação - TI e Sistemas de Informação. Neste artigo, ele propõe um currículo para um curso de nível universitário chamado Modelagem de Processos de Negócios.

Normalmente, para um processo de negócio, são desenvolvidos sistemas de informação específicos para apoiar a tomada de decisão organizacional ou apoiar seus processos operacionais. Segundo Laudon et Laudon (2011), um sistema estratégico de informação transforma a organização e traz uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes. Eles citam, como exemplo, o sistema de caixa eletrônico bancário desenvolvido pelo CityGroup. Pode-se afirmar, assim, que um sistema de produção será tão mais eficiente, em relação a sua gestão da informação ou operacionalização de seus sistemas, quanto for capaz de recuperar dados do processo operacional automaticamente, como em uma transação de um sistema de informação.

Valliris et Glikas (1999) e Becker et Laue. (2012) afirmam que existem duas principais categorias de metodologias para BPM – Business Process Management (Gerenciamento de Processos de Negócios), a de gestão de valor e a que apoia o desenvolvimento de sistemas de informação. Para Valliris et Glikas (1999), na primeira categoria, o analista se esforça para reorganizar os processos de negócios e utiliza a TI para apoiar a sua execução de forma eficiente. Nessa metodologia, o foco é na minimização do tempo de ciclo e de custos. Nas metodologias de desenvolvimento de sistemas de informação, os analistas necessitam entender e possivelmente reorganizar os processos e assim introduzir a TI para armazenar e recuperar os dados para tomada de decisão. No mesmo sentido, Becker et Laue (2012) afirmam que o uso mais recente da modelagem de processos vai além da implantação do processamento transacional, ela é utilizada

para identificação de performance de custo e de qualidade dos processos.

Este trabalho, portanto, propõe o controle dos processos de montagem utilizando a modelagem de processos. O modelo de processo deve ser capaz de recuperar dados de forma automática e identificar a performance de seus processos de montagem. Além disso, ele pode ser utilizado na representação e simulação de seus processos. Para isso, o modelo concebido foi dividido em três camadas com o intuito de dar uma visão individual e ao mesmo tempo integrada de seus módulos. Na primeira camada, encontra-se o modelo de processo. O processo de montagem de produto ou sistema de produção faz parte da terceira camada. As tecnologias de comunicação e da informação compõem a segunda camada, com o objetivo de integrar as duas outras camadas.

Para validação do modelo proposto, foi desenvolvido, na primeira camada, um ambiente computacional para a modelagem dos processos. Na terceira camada, um modelo de processo de montagem de produto foi desenvolvido para representar um sistema de produção utilizando como base os componentes de um sistema de automação. Na segunda camada, foi desenvolvido um módulo de integração das camadas um e três e utilizou-se o software SCADA Elipse Desenvolvedor. Nesta camada, foi desenvolvido um sistema supervisor para recuperar os eventos do modelo de processos de montagem de forma automática e disponibilizá-los para camada um.

Este trabalho foi organizado do seguinte modo; No referencial teórico, seção 2, são apresentados os trabalhos sobre processos de negócios. A seção 3 mostra o modelo proposto. Na seção 4, são apresentadas a estrutura desenvolvida e a aplicação para o modelo proposto. As análises e as conclusões são apresentadas na seção 5.

Processos de negócios

Os processos de negócios podem sofrer pequenas melhorias contínuas ou melhorias radicais, essas chamadas de BPR – Reengenharia de Processos de Negócios. Hammer et Champy (1994) e Davenport (1994) deram uma contribuição significativa para essas áreas, com objetivo de apoiar as organizações a melhorarem continuamente e radicalmente o seu modo de realizar seus negócios. Hammer et Champy (1994) estruturaram um conjunto de princípios de orientação para BPR, enquanto Davenport (1994) propôs a utilização de TIs para melhoria organizacional. As abordagens de BPR defendem que os negócios das empresas sejam descritos a partir das técnicas de modelagem de processos.

Os modelos são representações simplificadas do mundo real que apoiam a análise e as soluções de problemas. Se-



gundo Boothrovd (Appud, Pidd 1998), os modelos são mundos artificiais que têm sido criados para ajudar no entendimento das possíveis consequências de ações particulares. Para Beuren (1998), os modelos de processos de negócios fornecem o modo como as organizações realizam seus negócios. Na abordagem de BPR, Fowler (1998), Greasley (1998) e Soliman (1998), identificam que os processos necessitam ser simulados. Para realização de melhoria contínua, Valiris et Glikas (1999) afirmam que os processos são utilizados para observar se agregam valor. Os trabalhos sobre processos de negócios, normalmente, são relacionados ao BPM – Gerenciamento de Processos de Negócios, modelagem de processos de negócios e técnicas de modelagem de processos de negócios.

Gerenciamento de Processos de Negócios - BPM

Existem diversas definições sobre BPM e a maioria delas designa uma sequência de atividades para realização de algum trabalho, com determinados recursos, com o objetivo de obter melhorias organizacionais. Lee et Dale (1998) definem BPM como uma série de ferramentas e técnicas para o aperfeiçoamento contínuo do desempenho de processos de negócios. BPM, para Baldam et al. (2007), envolve a descoberta, o projeto e a entrega de processos de negócios. Para Röglinger et al. (2012), os processos de BPM têm um ciclo de vida de desenvolvimento que pode ser definido, gerenciado, medido e controlado por meio do tempo. Calazans et al. (2016) afirmam que o BPM possibilita a identificação das informações necessárias para apoiar a operacionalização ou a automatização do processo de negócio e que muitas organizações têm utilizado o BPM como um facilitador para a compreensão dos processos da área negocial e para a construção de um software. Para o sucesso em empresas orientadas a processos, Weil et al. (2008) sugerem às empresas que criem uma base estável – digitalizem seus processos centrais e que embutem em um alicerce para a execução. Este alicerce é definido por meio da infraestrutura de TI.

Um aspecto importante em qualquer área de estudo é identificar o nível de maturidade de uma organização. McCormack et al. (2009) afirmam que um alto nível de maturidade em processos de negócios resulta em melhoras da previsão das metas, dos custos e da performance. Neste artigo, o autor propõe uma pontuação para medir a maturidade por meio de um conjunto de fatores como documentação e estrutura dos processos, suporte para os sistemas de informação e foco em processos “CORE”. Nesta mesma linha, Röglinger et al. (2012) afirmam que os modelos de maturidade são usados para avaliar a situação atual e que existem dois tipos de níveis de maturidade, os modelos de maturidade de processos e os modelos de maturidade em BPM. O autor, então, apresenta uma estrutura de análise de maturidade de projeto em BPM dividido em três grupos: 1.

Princípios de projetos básico; 2. Princípios de projeto para descrição de uma proposta de uso; e 3. Princípios de projeto para prescrição de uma proposta de uso.

O BPM é utilizado na análise de valor de seus processos, para em seguida, propor melhorias. Kohlbacher (2010), Houy et al. (2010) e Zellner (2011) fizeram levantamentos bibliográficos com o objetivo de quantificar os trabalhos sobre BPM em diferentes perspectivas. Kohlbacher (2010), por exemplo, identificou a ausência de investigação sobre análise quantitativa de trabalhos sobre performance em empresas orientadas a processos. Neste trabalho, ele realizou uma pesquisa em 26 estudos de casos e quantificou os efeitos nos custos, no valor da empresa e na satisfação do cliente devido às aplicações de BPM.

Já Houy et al. (2010) levantaram 136 artigos sobre BPM publicados em revistas e utilizaram uma estrutura para realização da análise quantitativa. A estrutura possui três perspectivas: 1. Meta perspectiva, em que levanta os números de contribuições por ano, por revista, por país e por pesquisador; 2. Perspectivas de conteúdos, em que levanta os números relacionados aos aspectos organizacionais, intraorganizacionais e tecnológicos; e 3. Perspectivas metódicas, em que quantifica informações de trabalho sobre estudo de caso, survey e experimentos.

Zellner (2011) afirma, também, que ninguém investigou quantitativamente sobre como os procedimentos em processos de negócios podem ser suportados ou executados metodologicamente para reduzir incertezas da forma de ir da situação atual, as-is, para situação futura, to-be. Zellner (2011) levantou um conjunto de trabalhos acadêmicos sobre a forma como acontece a melhoria dos processos com o foco em BPI – Business Process Improvement. Neste artigo, o autor propõe uma análise quantitativa da utilização de elementos que chamou de MEM – Mandatory Elements of a Method que são: 1. Procedimentos ou sequência de atividades; 2. Técnicas utilizadas; 3. Resultados ou artefatos gerados; 4. Função, quem realiza a atividade; e 5. Modelos de informação sobre os elementos descritos acima.

Sobre aplicações de BPM, Gonçalo (2017) propõe um modelo de automação para centros integrados de mobilidade urbana utilizando a modelagem de processos. Para isso, o autor utiliza os conceitos de Internet das Coisas, de cidades inteligentes, de Big Data e de Data mining. O modelo utiliza RFID e sensores para coleta de dados e controle da mobilidade urbana. Gonçalo (2017) afirma que a automação dos processos permite o acompanhamento das variáveis em função da aquisição e acompanhamento dos dados. Back (2016) propõe um trabalho sobre BPMN com o objetivo de facilitar a sua aprendizagem por meio de estudos de caso. Este trabalho tem o propósito de gerar uma documentação para facilitar o entendimento e a comunicação entre os colaboradores.



Em Back (2016), o trabalho, portanto, não se preocupou em apoiar as metodologias de desenvolvimento de sistemas de informação e de gestão de valor, enquanto em Gonçalo (2017), o modelo proposto foi utilizado para o desenvolvimento de sistemas de informação, identificando as TIs para realização de suas funções. O modelo, portanto, não emite dados de performance de seus processos como na metodologia de gestão de valor.

Modelagem de processos de negócios

Becker et Laue (2012) definem modelo de processos de negócio como um meio para analisar os processos de negócios existentes, criar um processo de forma estruturada e utilizá-lo como suporte de comunicação em projetos e treinamentos de empregados. O autor afirma, ainda, que uma grande variedade de modelos é desenvolvida por diferentes pessoas e um problema é gerenciar grandes repositórios de processos, devido as suas similaridades. Propõe, então, um método de comparação de dois modelos de processos com uso das mesmas técnicas de modelagem.

O uso de técnicas diferentes para modelagem de um mesmo negócio é um outro problema. Existem técnicas diferentes que modelam um mesmo processo de negócio para uma mesma visão, como a RA – Rede de Atividades (Torres, 2002) e a Rede de Petri. Existem outras técnicas diferentes que mostram visões diferentes para o mesmo modelo de processos, como a RA e o IDEF0.

Assim, vários autores, como Recker et al. (2009), Torres (2002), Presley et Liles (2001), Yu et David (1997), e Luo et Tung (1999), por exemplo, corroboram que, na modelagem de processos, o negócio deve ser visto de várias perspectivas, por meio de várias técnicas. Dessa forma, um projeto de processos de negócios deve ser representado de forma completa e compreensiva. Na modelagem, cada perspectiva apresenta parte das informações dos negócios. Assim, ao se utilizar um conjunto de perspectivas, os projetistas podem implementar melhorias em um processo, seja desenvolvendo um sistema de informação ou incorporando tecnologias da informação para melhorar a performance ou custo do processo. Um aspecto importante é que técnicas diferentes tendem a enfatizar diferentes capacidades de representação dos processos do mundo real e exemplificam que a Rede de Petri tem uma visão diferente de um DFD – Diagrama de Fluxo de Dados ou de uma BPMN – Notação de Modelagem de Processos de Negócios para um mesmo domínio (Recker et al., 2009).

Presley et Liles (2001) apresentam, por exemplo, um método de modelagem de processos para análise de projeto de negócios. Para isso, utilizaram as técnicas de modelagem de processos que permitissem o desenvolvimento de uma visão integrada por meio das seguintes perspectivas:

- a) Atividade: Define as funções realizadas pelo negócio;
- b) Processo: Identifica o conjunto de etapas sequenciadas no tempo para realizar os objetivos dos processos de negócios;
- c) Organização: Detalha como o negócio é realizado por meio de planos, métodos e objetivos;
- d) Regras: Define as entidades, como estas são gerenciadas e tratadas pelo negócio;
- e) Recurso: Modela os recursos gerenciados pelo negócio.

Luo et Tung (1999) sugerem uma estrutura de seleção de técnicas de modelagem de processos de negócios por meio da definição da visão dos negócios a partir de suas diversas perspectivas. As técnicas de modelagem de processos de negócios não têm somente características diferentes, mas também proporcionam perspectivas diferentes da visão dos negócios (Luo et Tung, 1999).

Na mesma linha, Torres et al. (2014) propõem um modelo para desenvolvimento de projeto de modelagem de processos de negócios em função dos seus objetivos. O trabalho inicia-se com o levantamento de um conjunto de técnicas, perspectivas e características desejáveis do modelo de processos. Em seguida, propõe um conjunto de etapas estruturadas para selecionar as técnicas de modelagem de processos mais adequadas ao desenvolvimento do projeto de processo.

Ainda sobre a modelagem de processos e as técnicas de modelagem, Pavlovski et Zou (2008) propõem a incorporação de dois artefatos para a técnica de modelagem de processos BPMN, condição de funcionamento e controle para os requisitos não funcionais dos processos. Assim, enquanto as metodologias voltadas para o desenvolvimento de sistemas de informação estão mais preocupadas com a elicitação dos requisitos funcionais, as metodologias voltadas para análise e agregação de valor dos processos estão mais preocupadas com os requisitos não funcionais de controle como, por exemplo, custo, qualidade e performance.

Técnicas de modelagem de negócios

Existem várias técnicas de modelagem de processos como IDEF0, RA, BPMN e Rede de Petri, por exemplo. Para este trabalho, foram selecionadas as técnicas de modelagem IDEF0 para representar as características estáticas e a Rede Atividades – RA para representar as características dinâmicas. Para dar uma característica autônoma aos modelos de processos, foram utilizados os componentes de softwares que podem ser definidos como objetos que possuem inter-



face. Para essa seleção, foi utilizado o modelo proposto por Torres et al. (2014). Os elementos da RA são mostrados na figura 1.

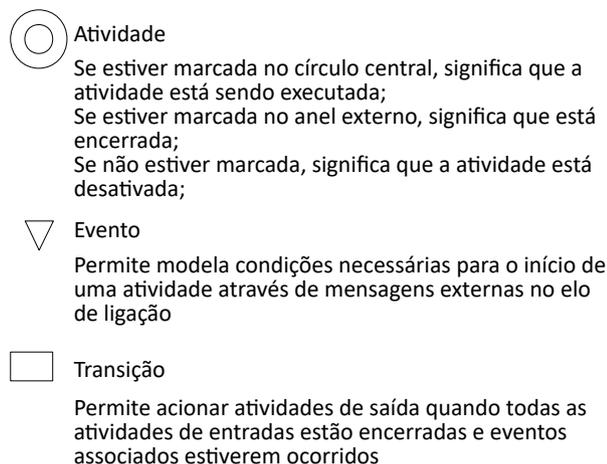


Figura 1. Elementos da RA.

Fonte: Torres (2002)

A RA foi desenvolvida com o objetivo de descrever e controlar os processos, artefatos e equipes de desenvolvimento de um projeto de software. A RA foi inspirada em três modelos básicos: rede de Petri, os modelos orientados a objetos e o modelo de regras ECA (Evento-Condição-Ação). Ela permite modelar as múltiplas atividades que são (in)dependentes e sob quais condições novas atividades são iniciadas.

O conceito básico da técnica de modelagem gráfica no IDEF0 pode ser facilmente entendido. O modelo consiste de diagramas, textos e um glossário. Os diagramas são modelos bidimensionais. Cada um desses diagramas é simples e pode ser visto em uma única página. O texto é uma descrição dos elementos funcionais mostrados no diagrama. O glossário atua como uma definição para as palavras usadas ou textos dentro do contexto específico do modelo. As funções nos boxes são restritas para operar as entradas recebidas, utilizando de controles por meio dos mecanismos indicados. A saída da “caixa” é restrita para ir para uma outra função ou acabar.

O IDEF0 é importante na modelagem dos aspectos estáticos das organizações. O IDEF0 possibilita uma visão de todos os recursos que estão sendo utilizados no negócio. A partir dessa técnica, identificam-se o material de entrada que são processados, as regras ou controles que fazem com que as funções funcionem e os recursos utilizados. Juntar as técnicas RA e IDEF0 para um mesmo domínio pode dar uma visão em mais de uma perspectiva de um processo de negócios.

Em função dos aspectos levantados acima, é fundamental que os modelos, além de representar, coordenar e simular

os processos, sejam capazes de controlar os sistemas de forma automática.

O modelo proposto

Neste trabalho, será dada ênfase no controle, embora a simulação possa ser implementada por meio da interação com a modelagem de processos projetada. Assim, o modelo proposto tem como objetivo apoiar o desenvolvimento de projetos de controle para um sistema de produção de uma organização, utilizando como base a modelagem de processos. O controle é realizado por meio da recuperação de forma automática dos dados da produção. É de fundamental importância que a recuperação dos dados da produção seja realizada no mesmo instante que o processo de montagem de um produto. Diante disso, pode-se identificar de forma on-line a performance do processo de montagem.

O modelo proposto está organizado em camadas. Na camada um, encontra-se o modelo de processos que será o responsável pela recuperação e armazenamento dos dados do sistema de produção. A camada dois é formada pelas tecnologias da informação e de comunicação, para que o modelo de processos possa interagir com o modelo de sistema de produção. O modelo do sistema de produção ou de montagem faz parte da terceira camada, responsável pela montagem dos itens de produção. A estrutura do modelo definido em camadas e uma aplicação para o controle de um processo de montagem são detalhadas nas seções seguintes.

O ambiente computacional

O ambiente computacional tem como objetivo modelar os processos responsáveis pela recuperação dos dados do processo de montagem de um sistema de produção. Para isso, diversos elementos do modelo de processo, desde uma ordem de produção até o sistema de produção, foram desenvolvidos como componentes de software. No ambiente, portanto, os recursos operacionais, as filas, os clientes, os pedidos e os itens, entre outros, são componentes de softwares. A partir desses componentes, novos componentes estruturados são desenvolvidos e disponibilizados no ambiente, como, por exemplo, o componente Máquina de Costura, que herda as propriedades do componente primitivo Recurso Operacional.

Para relacionar esses diversos elementos, foram utilizados os conceitos da técnica de Modelagem Entidade e Relacionamento – MER como em um projeto de Banco de Dados. Assim, para um Recurso Operacional existe uma fila relacionada, enquanto para uma Fila, existem vários itens. Um Item é de um Pedido, enquanto para um Pedido, existem vários



Itens. E, ainda, um Pedido é de um Cliente, enquanto para um Cliente, existem vários Pedidos. As cardinalidades desses relacionamentos são sempre de 1:N. O modelo é baseado em uma estrutura de filas, como em uma linha de montagem onde os itens de produção são enfileirados para serem montados nos recursos operacionais ou bancadas.

Os componentes do ambiente computacional com suas propriedades e métodos foram desenvolvidos no Delphi. O componente Recurso Operacional possui as propriedades Número e Descrição do Recurso e números das filas de entrada e de saída, enquanto o componente Item possui as propriedades Número e a Descrição do Item, como também, o Número do Pedido e o Número da Fila. É como em um projeto de banco de dados, o componente é uma entidade e as propriedades são os atributos.

Além das propriedades citadas acima, os componentes possuem métodos. Os principais métodos pertencem ao componente Recurso Operacional. Os métodos foram implementados com o objetivo de atualizar a tabela de dados de produção quando da ocorrência dos eventos de início e fim de um processamento de um item de produção. Na tabela de dados da produção, encontram-se os dados da movimentação dos itens que estarão em processo de produção. O quadro 1 mostra os atributos da tabela de dados de produção e suas descrições.

A modelagem de processos é baseada em dois eventos, o primeiro quando o item pega um recurso para ser transformado e o segundo quando o mesmo recurso termina o processamento de um item. As figuras 2 e 3 mostram a modelagem desenvolvida na RA para esses dois eventos respectivamente. Essa modelagem tem como objetivo dar uma visão de uma

perspectiva dinâmica para os sistemas de montagem de produção e mostrar os eventos que disparam os métodos `SeRecursoPegouItem` e `SeRecursoTerminouProcessamento`.

A figura 2 mostra a transição da situação inicial para a situação após o acontecimento do evento 1, `SePegaRecurso(1)`. Na situação inicial, existem somente itens na fila inicial na Atividade Espera (1). Na atividade-espera, diversos itens estão enfileirados em ordem para serem processados. Ao ocorrer o evento `SePegarRecurso1`, a Atividade-Fim (1) é iniciada. Na prática, este evento acontece pela identificação de passagem de um item por um sensor de presença.

A figura 3 mostra a transição de uma situação após acontecer evento 2, `SeFimProcessamento`, para uma nova situação ou estado. Esse evento identifica que a atividade-fim foi encerrada e o item passa para Atividade-Espera (2) em uma nova fila. Além disso, ocorre a transição de um item da Atividade-Espera (2) para Atividade-Fim (2), pois não existe nenhuma marcação na Atividade-Fim (2) e o evento `SePegouRecurso(2)` acontece automaticamente. Na prática, esses eventos acontecem em função das identificações de passagens de itens por sensores de presenças na saída e entrada de recursos respectivamente. Observa-se, assim, que agora existem dois itens sendo processados simultaneamente. Essa dinâmica acontece todo o tempo, conforme os eventos vão acontecendo.

A modelagem no IDEF0, figura 4, mostra os itens em processamento, entradas, os recursos que são utilizados na realização de uma atividade e as regras que são os eventos da RA.

É importante observar que as atividades da RA são realizadas por um Recurso que pode ser uma máquina ou uma

Quadro 1. Atributos da tabela de dados da produção

Atributos	Descrição
1. Data do processamento	Identifica a data da ocorrência do evento no processo de montagem do sistema de produção.
2. Número da fila	Identifica o número da fila de um item em processo em um recurso operacional.
3. Sequência da fila	Identifica a posição ou sequência do item na fila.
4. Número do pedido	Identifica o número do pedido de um cliente.
5. Item do pedido	Identifica o item do pedido que se encontra em uma sequência na fila.
6. Número do cliente	Identifica o número do cliente referente ao pedido.
7. Recurso operacional em transação	Identifica o recurso em que o item será processado ou está sendo processado ou foi processado.
8. Hora do início do processo	Identifica a hora em que teve início o processo.
9. Hora do fim do processo	Identifica a hora em que terminou o processo.
10. Hora da chegada do item	Identifica a hora da chegada do item na fila.
11. Status do item	Identifica a situação do item. Se 0, indica que o item se encontra na fila aguardando processamento. Caso seja 1, indica que o item se encontra em processamento e 2, o item já foi processado em um determinado recurso.
12. Hora da chegada do item no sistema	Hora da chegada do item no sistema

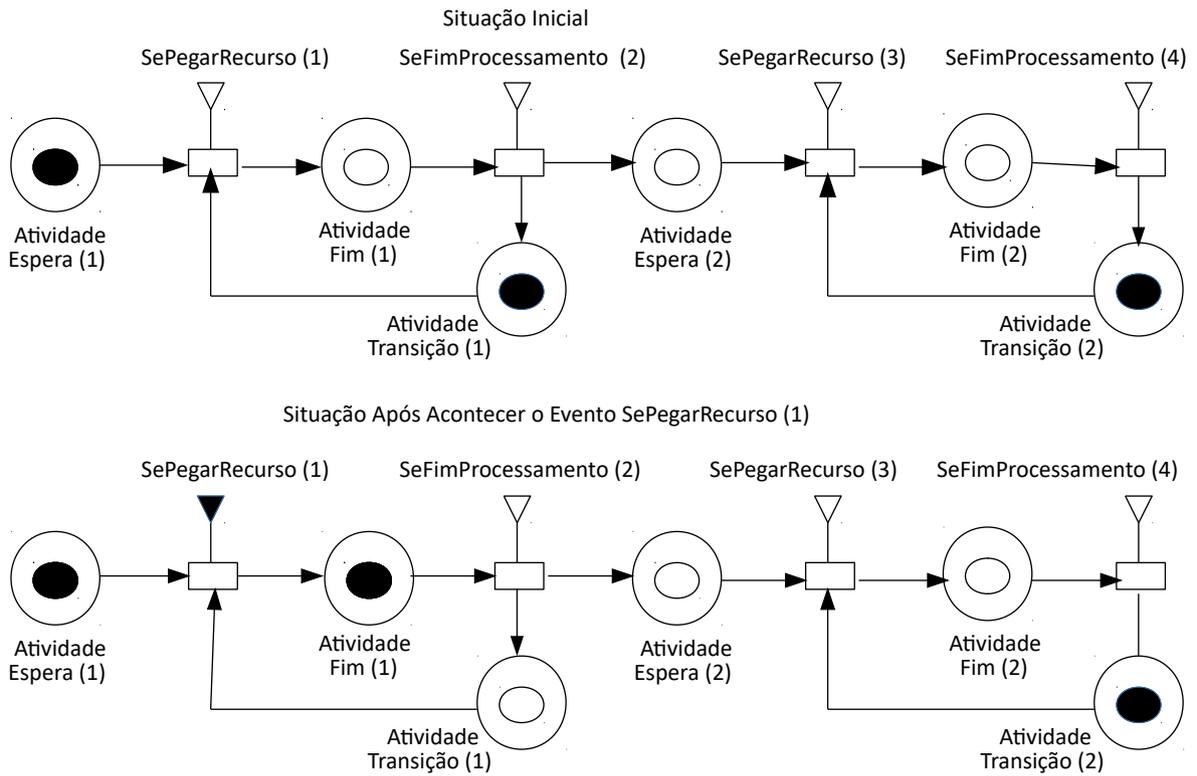


Figura 2. O modelo RA para situação inicial
 Fonte: O próprio autor

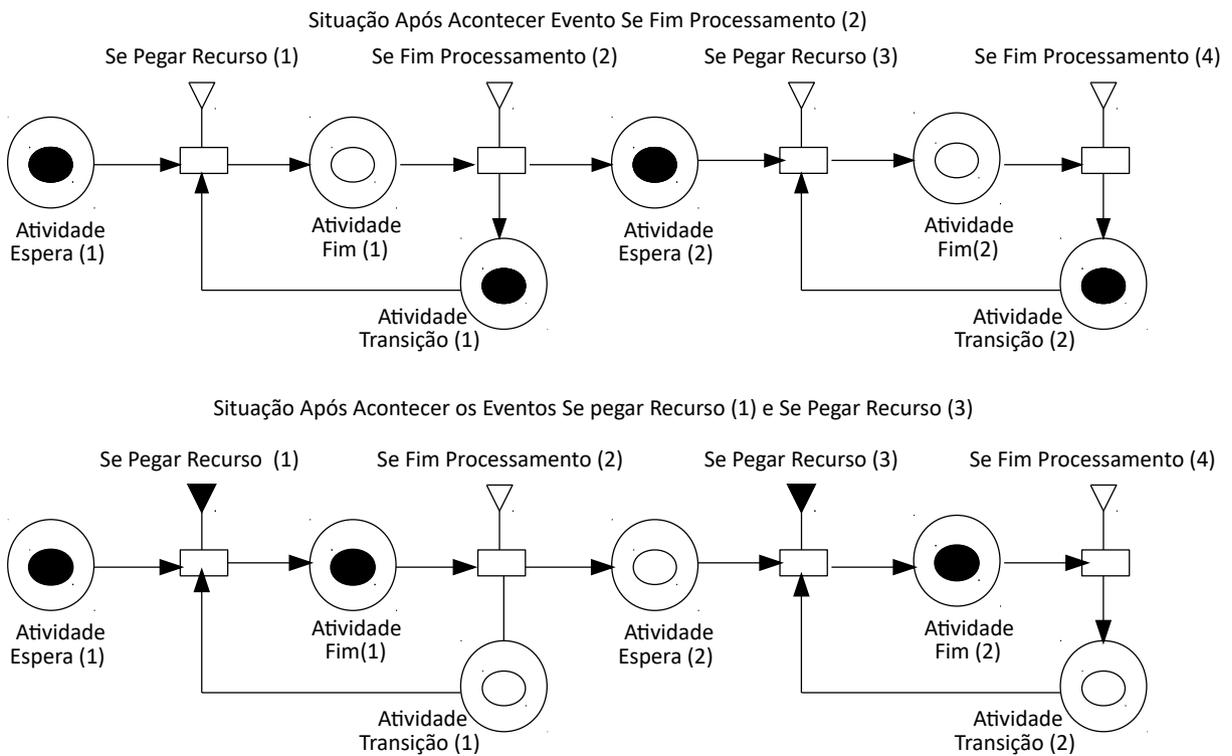


Figura 3. O modelo RA para situação 2
 Fonte: O próprio autor

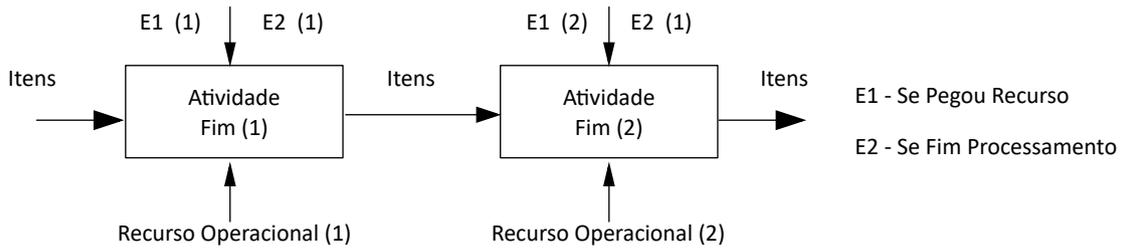


Figura 4. O modelo IDEFO
 Fonte: O próprio autor

pessoa montando parte de um produto. Ao acontecer o evento SePegarRecurso, ocorre a transição de um item da atividade-espera para atividade-fim e para registrar este evento e atualizar a tabela de dados da produção, foi desenvolvido o método SeltemPegouRecurso. O texto abaixo mostra o seu algoritmo em um português estruturado (Algoritmo 1).

Este método atualiza a tabela de dados de produção quando um item pega um recurso operacional, Atividade-Fim. Este método, primeiramente, identifica o registro na tabela de dados da produção que deve ser atualizado, ou seja, o registro referente a este item. Para isso, o método pesquisa o registro com o valor de Status igual a zero e com o valor do número da fila igual ao valor da propriedade do componente RopFilaE. Esta é uma propriedade do componente RecursoOperacional que identifica a fila de entrada associada ao recurso operacional. Após a identificação, o registro da tabela de dados de produção é atualizado com a data e hora de início de processamento, com o número do recurso operacional e com valor de status igual a um.

O método SeRecursoTerminouProcessamento atualiza os dados da produção quando um recurso operacional termina um processamento de um item, como também, cria um novo registro para esse item em uma nova fila de um novo recurso operacional.

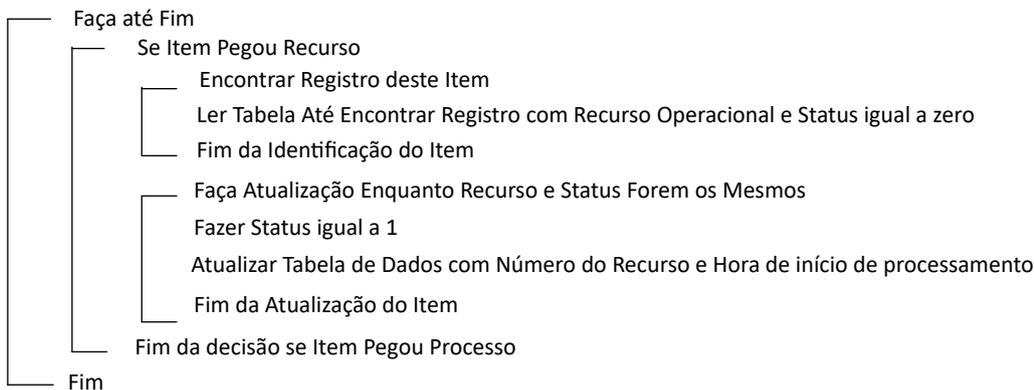
Na atualização da tabela de dados da produção, da mesma forma que o método anterior, o método identifica o registro que deve ser atualizado, ou seja, o registro referente ao item,

em que o valor de Status seja igual a um e o valor do número da fila igual ao valor da propriedade RopFilaE do componente RecursoOperacional. Em seguida, a data e hora do fim de processamento são armazenadas com a data e hora do sistema e o status é armazenado com valor igual a dois. O método, além disso, cria um novo registro em uma nova fila. No novo registro, são gravados o número do item, o número do pedido e o número do cliente com valores iguais aos valores do registro do item processado. O número da fila gravado tem valor igual à da propriedade RopFilaS do componente Recurso Operacional. Ainda é gravado o valor de status igual a zero e a sequência da fila com valor da última sequência da fila acrescido de um. Assim, ao término de um processamento de um Item, este é colocado no final da fila posterior e um novo Item, primeiro da fila anterior, pega o Recurso Operacional que ficou livre. O texto abaixo mostra o método Se RecursoTerminouProcessamento em português estruturado (Algoritmo 2).

O modelo de processo de montagem do produto

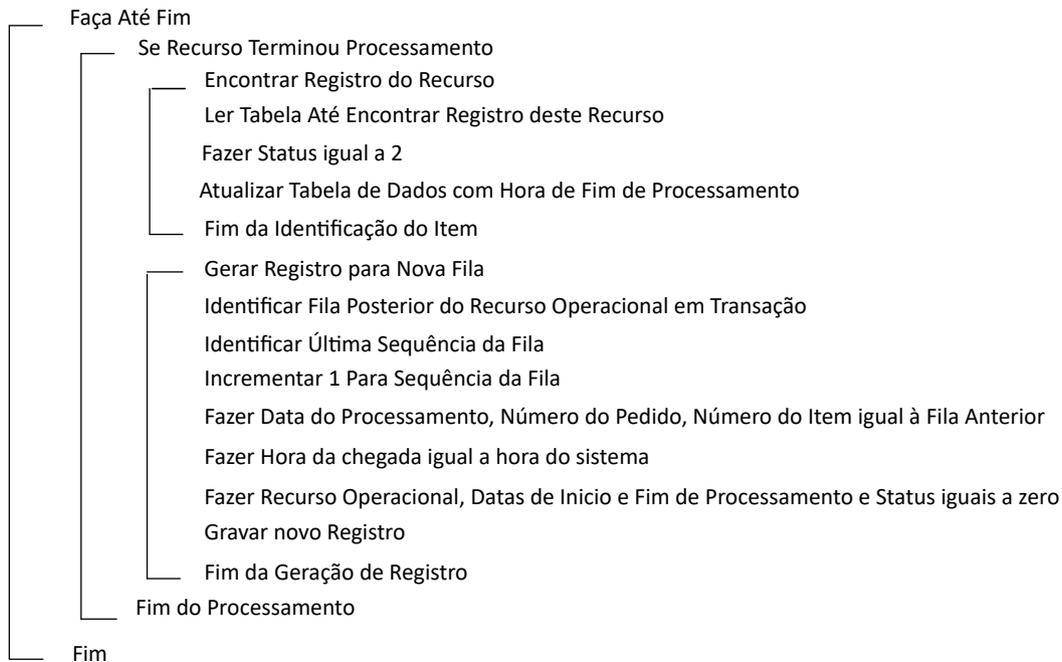
O modelo de processo de montagem tem como objetivo representar um sistema de produção para validação do modelo proposto. Uma característica identificada no modelo de processo de montagem foi a necessidade de recebimento dos itens em processos pelos recursos operacionais de forma automática e com uma velocidade de transporte adequada. Outra característica identificada foi a necessidade do transporte de um item para o final da fila seguinte, depois de seu processamento, de forma automática.

Algoritmo 1





Algoritmo 2



Em seguida, foram identificados os principais conceitos para o desenvolvimento dos componentes do processo de montagem. Foi identificada, por exemplo, a necessidade de utilização de sistemas de transporte automático baseados em esteiras transportadoras. O conceito selecionado foi um conjunto de esteiras transportadoras automatizadas utilizando como elemento central um Controlador Lógico Programável – CLP. Após a seleção dos conceitos, o projeto de processo de montagem foi detalhado e dividido em três módulos.

Para o módulo físico, primeiro, foi desenvolvido um conjunto de 11 esteiras transportadoras, sendo 6 esteiras maiores para transportar os itens em processos e 5 esteiras menores representando os recursos. No módulo de comandos elétricos, segundo, foram detalhados um transformador de 220 para 12 V, a potência do motor de 0,5 HP de 12 V, o re-

ductor de velocidade de 1700 para 40 rpm para cada esteira e 11 cabos para acionamento das esteiras. Por último, no comando de automação, terceiro módulo, foram identificados os sensores de presença, no total de 12, colocados na entrada e na saída de cada recurso e um CLP com 17 entradas e 12 saídas, conforme pode ser visto na figura 5.

O modelo de integração

Para a integração dos dois modelos, foi desenvolvido um programa supervisor no Software SCADA Elipse, camada dois. A decisão, sobre o uso do software Elipse, foi tomada devido a esse software possuir o protocolo que permite a comunicação com o CLP utilizado. O programa supervisor, desenvolvido na linguagem Ladder, é responsável pela movimentação dos

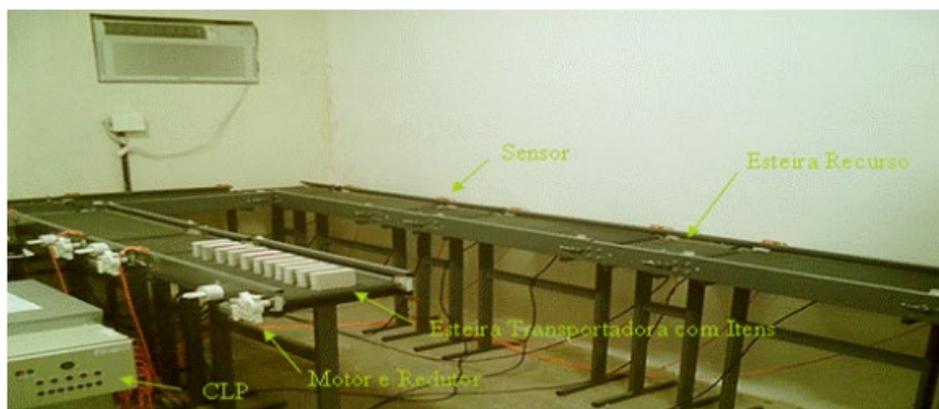


Figura 5. Modelo de processo de montagem

Fonte: O próprio autor

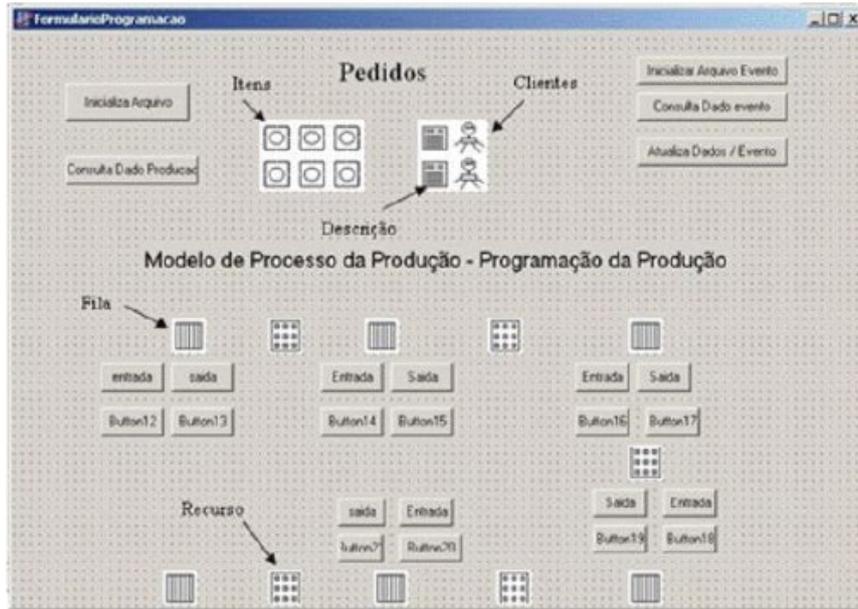


Figura 6. O ambiente computacional

Fonte: O próprio autor

itens de produção pelas esteiras e pela atualização da tabela de dados de eventos. Esta tabela é constituída dos atributos: número do evento, que é identificado pela posição do sensor no sistema de esteiras; data e hora das ocorrências de início e fim de processamento do evento; e status do evento, que se altera de 0 para 1 depois de incluído o dado na tabela de dados da produção. Assim, o evento um corresponde ao sensor localizado na fila de entrada da primeira esteira-recurso, enquanto o evento dois corresponde ao sensor localizado na fila de saída da primeira esteira-recurso e, assim, para os demais sensores.

Este programa funciona basicamente da seguinte forma: 1) ao identificar a ocorrência do evento fim de um processo de montagem de um item em processo, um novo item para ser montado é transportado via esteira até o recurso livre e a tabela de dados de eventos é atualizada; 2) ao chegar ao recurso livre, a esteira transportadora é parada; 3) Ao mesmo tempo, a tabela de dados da produção é atualizada por meio dos métodos *SePegouRecurso* e *Se TerminouProcessamento* utilizando a tabela de dados de eventos.

Assim, o sistema de comunicação desenvolvido para integrar as duas camadas do modelo proposto atua de duas formas. Na primeira, por meio de envio de mensagens para o modelo de processo de montagem pelo sistema supervisorio desenvolvido para movimentação das esteiras. Na segunda forma, por meio da recuperação e transferência de dados para uma tabela temporária de ocorrência dos eventos para que possa ser utilizada pelo modelo de processos do ambiente computacional. No modelo de processos do ambiente computacional, um componente lê os dados da tabela de eventos e chama o método do recurso operacional específico, que atualiza a tabela de dados da produção.

O controle para um processo de montagem

Nesta seção, será apresentado o sistema de controle por meio de uma aplicação para o modelo proposto. A aplicação foi desenvolvida em função da estrutura apresentada nas seções anteriores e desenvolvida para uma situação específica. O controle tem com objetivo principal recuperar de forma automática os dados a partir de uma ordem de produção específica, por meio da identificação de eventos de início e término de processamento em cada bancada.

Assim, a partir de uma ordem de produção, foi realizada a modelagem de processos por meio da interface do ambiente computacional. A modelagem é realizada arrastando os componentes para o formulário do Delphi, figura 6, que representa o modelo de processo de montagem por intermédio dos componentes de software. Observa-se assim, que a ordem de produção representada pelo modelo de processo do ambiente computacional tem cinco recursos, seis itens a serem processados e filas da mesma forma que o modelo de processo de montagem. Além disso, o modelo de processo tem dois pedidos de clientes, cada um com três itens.

O ambiente computacional permite, também, simular o comportamento do modelo de processo de montagem clicando nos botões de entradas e saídas dos recursos, que acionam os métodos *SeltemPegouRecurso* e *SeRecursoTerminouProcessamento* respectivamente, como ocorre no modelo de processo de montagem com o ritmo de produção desejado. Depois da modelagem de processos, o sistema de comunicação é integrado ao modelo proposto para movimentação das esteiras e atualizações dos dados de produção (Figura 6).



Os dados da tabela de dados de produção são inicialmente gravados com os dados vindos da ordem de produção, figura 6. Para os três primeiros itens iguais são gerados três registros com os mesmos números da fila e do Item, mas com sequências 1, 2 e 3. Isto é possível devido o item ter um relacionamento com a fila, ou seja, um determinado item faz parte de uma fila. Os três itens seguintes são gerados da mesma forma com o mesmo número da fila anterior, com o novo número do item e com as sequências 4, 5 e 6. Para cada componente item há um pedido relacionado e para cada componente pedido há um cliente relacionado. Isto quer dizer que o número de pedido e o número de cliente são gravados para cada item. Além disso, para cada registro, são gravados a data do processamento e o status do Item com valor igual a zero. O detalhamento da funcionalidade do controle é apresentado no quadro 2.

Ao iniciar o processo de montagem, a atualização da tabela de dados da produção é realizada pelos métodos `SeltemPegouRecurso` e `SeRecursoTerminouProcessamento` que são disparados constantemente. O método `SeltemPegouRecurso` atualiza a tabela de dados de produção quando um item, que está na primeira posição da fila de entrada, pega um recurso operacional disponível, enquanto o método `SeRecursoTerminouProcessamento` atualiza a tabela de dados de produção para o item processado e gera um registro para este item, colocando no final da fila posterior ou de saída. Assim, como um novo recurso livre, o método `SeltemPegouRecurso` pega um novo item.

Os relatórios podem ser emitidos após um clique no botão Atualizar Dados de Eventos. Um clique no botão Consulta Dados Produção mostra os dados da tabela de dados da produção. Assim, dados de início e fim de processamento, posição de um item na fila, o número do pedido do item e o número do cliente que fez o pedido são mostrados na tabela de dados de produção. Dessa forma, diversos relatórios poderão ser emitidos.

Um relatório que pode ser emitido é sobre a situação de pedidos de um cliente a qualquer momento, ou seja, quais e quantos itens foram processados, quais e quantos estão em processamento e quais e quantos estão na fila para serem processados. Esses relatórios podem ser apresentados com o nome de cliente e de item, utilizando o banco de dados corporativo da organização, que possui os nomes de itens e de clientes para seus códigos.

Quadro 2. Controle do modelo de processo sobre o modelo de processo de montagem

1. Os componentes do modelo de processo do ambiente computacional como item, pedido, cliente, fila e recursos são relacionados por meio das suas propriedades. Esta técnica é semelhante ao Modelo Entidade e Relacionamento – MER, ferramenta utilizada para projeto de banco de dados. Assim, um item é de um pedido e um pedido é de um cliente;
2. O modelo de processos do ambiente computacional projetado representa o modelo de processo de montagem de itens de produção;
3. A formação das filas da ordem de produção do modelo de processo do ambiente computacional é idêntica à formação das filas do modelo de processo de montagem, ou seja, os itens que são colocados sequencialmente nas filas do modelo de processo de montagem são os mesmos do modelo de processos do ambiente computacional;
4. A ordem de produção é preparada colocando os itens sequencialmente na primeira esteira do modelo de processo de montagem;
5. O modelo de processo de montagem é ligado, dando início à produção e seguindo a sequência dos itens colocados na esteira;
6. O Recurso número um do modelo de processo de montagem pega o primeiro item de produção da fila um e começa seu processamento, ao mesmo tempo em que disponibiliza o dado desse evento para o modelo de processo do ambiente computacional;
7. O Modelo de processo do ambiente computacional identifica o evento e manda a mensagem para o componente recurso correspondente que, no caso, é o recurso número um. Este recebe a mensagem e atualiza a tabela de dados de produção colocando em situação de processamento o item número um;
8. Após o processamento do item no modelo de processo de montagem, o dado de evento é enviado para o modelo de processo do ambiente computacional;
9. Novamente o evento é tratado no modelo de processo do ambiente computacional a partir do método do componente recurso correspondente e novamente a tabela de dados da produção é atualizada, informando a hora do término do processamento e colocando o item na fila posterior e acionando a esteira para que um novo item pegue o recurso que ficou livre;
10. E assim, os eventos vão ocorrendo para todos os recursos do modelo de processo de montagem e os dados da produção são atualizados de forma on-line e sem interferência de recurso humano ou de identificação de itens por meio de códigos de barra, por exemplo.

Fonte: O próprio autor

Um conjunto de outros relatórios, por exemplo, pode ser emitido de forma on-line, como por exemplo: situação de um pedido de cliente; itens de pedidos que estão nas diversas filas para serem processados; tamanho médio e máximo das filas nos diversos recursos; produtividade dos recursos em função dos tempos de processamento; total geral de itens produzidos; e total de itens produzidos por recursos.



2. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou, por meio de um modelo proposto, a busca pela inovação por meio da customização da forma de atuar das empresas. Esta estratégia está fundamentada em Prajogo *et al.* (2007), quando afirmam que as empresas necessitam adotar estratégias de inovação. Essa característica pode ser observada por meio de uma proposta de um modelo em camadas, que mostra uma forma de pensar e realizar seus negócios de forma personalizada. Isto pode ser fundamental para que as empresas possam levar vantagem competitiva sobre as empresas concorrentes.

Uma das características observada neste projeto é de um sistema estratégico de informação que recupera dados de forma automática, como no sistema de caixa eletrônico bancário desenvolvido pelo CityGroup, segundo Laudon et Laudon (2011). O modelo funciona, assim, de forma autônoma, sem a interferência de recurso humano em relação à coleta e ao armazenamento dos dados a partir de um sistema de processamento transacional utilizando componentes de software.

Observa-se, também, que o modelo proposto atua nas duas categorias de metodologias de processos, segundo Valliris (1999) e Becker et Laue (2012). No desenvolvimento de sistemas de informação, foram identificadas as funções e disponibilizadas as TIs para a estrutura do modelo em camadas para suas realizações. Na de gestão de valor, o modelo disponibiliza as tecnologias para apoiar a realização de seus processos e para recuperar os dados de performance do modelo de processos de montagem.

Quanto à seleção das técnicas de modelagem de processos, foi fundamentada segundo as abordagens de Luo et Tung (1999) e de Torres et al. (2014). A seleção foi realizada em função da necessidade de perspectivas diferentes para uma mesma visão dos negócios, com o intuito de uma compreensão melhor do todo em vez de somente algumas partes do sistema. Dessa forma, o modelo de processos de negócios pode ser representado de forma mais compreensiva em função das perspectivas apresentadas na modelagem com IDEF0, RA e com o desenvolvimento dos componentes de software.

Quanto aos resultados, o controle, por meio da modelagem de processos, pode ser observado a partir do armazenamento na tabela de dados de produção de forma automática pelo modelo e por meio da identificação, de forma on-line, da performance do modelo de processo de montagem. Várias informações podem ser obtidas do armazenamento dos dados de produção por meio de relatórios, como a situação de um pedido de um cliente, o tempo médio de um item em espera em uma fila, o tempo de processamento de um pedido em função do número de itens. Uma simulação pode ser realizada, clicando-se nos botões de entradas e saídas, conforme a frequência desejada do sistema de produção.

Um aspecto importante, em função da realização deste trabalho, é a identificação da necessidade de elaboração de projetos para elementos externos ao sistema de informação para apoiar o processo de negócio. Assim, o desenvolvimento de uma estrutura como um conjunto de esteiras transportadoras automatizadas necessita de uma sistemática de processo de desenvolvimento de produto, e isto aconteceu para este projeto.

Para futuros trabalhos, três propostas foram formuladas. A primeira refere-se à simulação do modelo de processos a partir de uma situação congelada do processo operacional. A simulação seria iniciada, então, a partir de um conjunto de produtos em processamento. A segunda, refere-se à utilização das tecnologias sem fio para melhorar a implementação e manutenção do processo de montagem devido à quantidade de cabos utilizados no modelo. Propõe-se, ainda, a utilização de microcontrolador como terceira proposta. O microcontrolador teria como funções: primeiro, atuar movimentando as esteiras para transportar os itens de produção em processos e, segundo, transmitir os dados de ocorrência de eventos diretamente para a tabela de dados de produção. Isto evitaria desenvolver um protocolo de comunicação para integração das duas outras camadas.

REFERÊNCIAS

- Baldam, R.L. *et al.* (2007), *Gerenciamento de processos de negócios: BPM-business process management*, 1st ed., Erika, São Paulo, SP.
- Back, T. J. I. (2016), A importância da modelagem dos processos de negócio Utilizando Business Process Model and Notation (BPMN): Um Estudo de Caso, Dissertação de Mestrado em Inovação e Empreendedorismo Tecnológico, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia – FEUP, Porto, Portugal.
- Becker, M.; Laue, R. (2012), “A Comparative Survey of Business Process Similarity Measures”, *Computer e Industry*, Vol. 63, No. 2, pp. 148-67.
- Beuren, I. M. (1998), *Gerenciamento da Informação: Um Recurso Estratégico no Processo de Gestão Empresarial*, Editora Atlas, São Paulo, SP.
- Calazans, A. T. S. *et al.* (2016), “Proposta de modelo de medições para contratação do gerenciamento de processo de negócio (Business Process Management- BPM)”, *Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação*, Vol. 13, No. 2, pp. 275-300.
- Davenport, T. H. (1994), *Reengenharia de Processos: Como Inovar na Empresa Através da Tecnologia da Informação*, 1st ed., Campus, Rio de Janeiro, RJ.
- Fowler, A. (1998), “Operations management and systemic modelling as frameworks for BPR”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 9, pp. 1028-56.



- Gonçalo, J. E. (2017), Modelo por processos de negócios para automação de Centros Integrados de Mobilidade Urbana, Tese de Doutorado em Engenharia de Civil, Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Greasley, A. (1998), "Using simulation modelling for BPR: resource allocation in a police custody process", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 9, pp. 978-88.
- Hammer, M.; Champy, J. (1994), *Reengenharia: Revolucionando a Empresa em Função dos Clientes, da Concorrência e das Grandes Mudanças da Gerência*, 1st ed., Campus, Rio de Janeiro, RJ.
- Houy, C. et al. (2010), "Empirical Research in Business Process management – Analysis of an emerging field of Research", *Business Process management Journal*. Vol. 16, No 4, pp. 619-61.
- Kohlbacher, M. (2010), "The Effects of Process Orientation: A Literature Review", *Business Process management Journal*, Vol. 16, No. 1, pp. 135-52.
- Laudon, J. P.; Laudon, K. C. (2011), *Sistemas de Informação Gerenciais*, 7th. ed., Pearson, São Paulo, SP.
- Lee, R. G. E.; Dale, B. G. (1998), "Business Process Management: a Review and Evaluation", *Business Process Management Journal*, Vol. 4, No. 3, pp. 214-25.
- Luo, W.; Tung, Y. A. (1999). A Framework for Selecting Business Modeling Methods, *Industrial Management & Data Systems*. Vol. 99, No. 7, pp. 312-319.
- McCormack, K. et al. (2009), "A global investigation of key turning points in business process maturity", *Business Process Management Journal*, Vol. 15, No. 5. pp. 792-815.
- Pavlovski, C. J.; Zou J. (2008), "Non-Functional Requirements in Business Process Modeling", artigo apresentado no APCCM 2008: 5th Asia-Pacific Conference on Conceptual Modelling, Wollongong, New South Wales, Australia, 2008.
- Pidd, M. (1998), *Modelagem Empresarial: Ferramentas para a Tomada de Decisão*, 1st ed., Artes Médicas, São Paulo, SP.
- Prajogo, D. I et al. (2007), "Manufacturing strategies and innovation performance in newly industrialised countries", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 107, No. 1, pp.52-68.
- Presley, A. R.; Liles, D. H. (2001), "A Holon-Based Process Modeling Methodology", *International Journal of Operation & Production Management*, Vol. 21, No. 6, pp. 565-81.
- Recker, J.; Rosemann M. (2009), "Teaching Business Process Modelling: Experiences and Recommendations", *Journal of the Association for Information System*, Vol. 25, No. 32, pp. 370-94.
- Recker, J. et al. (2009), "Business Process Modelling – A Comparative Analysis", *Journal of the Association for Information System*, Vol. 10, No. 4, pp. 333-63.
- Röglinger, M. et al. (2012), "Maturity Models in Business Process Management", *Business Process management Journal*, Vol. 18, No. 2, pp. 328-46.
- Soliman, F. (1998), "Optimum level of process mapping and least cost business process re-engineering", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18, No. 10, pp. 810-6.
- Torres, J. B. (2002), Um Ambiente de Gestão Organizacional Baseado na Modelagem de Processos de Negócios Utilizando Componentes de Software, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.
- Torres, J. B. et al. (2014), "Um modelo de projeto de processos utilizando a modelagem de processos", *Revista Sistema & Gestão*, Vol. 9, No. 1, <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V9N1A3>. (acesso em 30 abr. 2018).
- Valiris, G.; Glykas, M. (1999), "Critical Review of Existing BPR Methodologies: The Need for a Holistic Approach", *Business Process Management Journal*, Vol. 5, No. 1, pp. 65-86.
- Weil, W. et al. (2008), *Arquitetura de TI Como Estratégia Empresarial*, 1st ed., M Books, São Paulo.
- Yu, B.; David T. W. (1997), "Software tools supporting business process analysis and modelling", *Business Process Management Journal*, Vol. 3, No. 2, pp. 133-50.
- Zellner, G. (2011), A Structured Evaluation of Business Process Improvement. *Business Process Management Journal*, Vol. 17, No. 2, pp. 203-237.

Recebido: 09 nov. 2016

Aprovado: 28 mar. 2018

DOI: 10.20985/1980-5160.2018.v13n2.1233

Como citar: Torres, J. B. (2018), "Um modelo de controle para o processo de montagem de bens de produção utilizando a modelagem de processos", *Sistemas & Gestão*, Vol. 13, No. 2, pp. 149-161, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1233> (acesso dia mês abreviado. ano).