



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Utilizando simulação de processos para modelagem *to-be* de processos de negócios

Thiago Miranda do Couto

JUIZ DE FORA
JULHO, 2011

Utilizando simulação de processos para modelagem *to-be* de processos de negócios

Thiago Miranda do Couto

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Orientador: Jairo Francisco de Souza

JUIZ DE FORA
Julho, 2011

UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE PROCESSOS PARA MODELAGEM *TO-BE* DE
PROCESSOS DE NEGÓCIOS

Thiago Miranda do Couto

MONOGRAFIA SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO DE
CIÊNCIAS EXATAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO
PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

Jairo Francisco de Souza, Mestre
(Presidente)

Michel Heluey Fortuna, Doutor

Fernanda Claudia Alves Campos, Doutora

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL

JULHO, 2011

RESUMO

Com o dinamismo sendo uma característica cada vez mais importante para empresas que buscam o sucesso, se faz necessário um meio de fácil entendimento e rápida aplicação para auxiliar na tomada de decisões. A simulação de processos vem, ao longo dos anos, demonstrando ser a solução mais eficaz para esse objetivo. Possibilitando prever, com um elevado nível de precisão, o resultado de uma modificação no processo ou na configuração de seus executantes. Esse trabalho utilizará de uma ferramenta BPM presente no mercado para realizar simulações em um processo real, afim de identificar e propor melhorias.

Palavras-chave: BPM, Simulação de Processos de Negócio, Processos de Negócio, BPMS, Business Process Management

Abstract

With the dynamism being more and more an important feature for companies that seek for success, it is necessary to obtain a methodology easy to understand and with a quick application to assist in decision making. The process simulation has proved, over the years, to be the most effective solution for this purpose. Allowing predict with a high level of accuracy, the results of a change in the process or in the configuration of their performers. This work will use a BPM tool to perform simulations in a real process, in order to identify and suggest improvements.

Keywords: *BPM, Business Process Simulation, Business Process, BPMS, Business Process Management*

AGRADECIMENTOS

*Agradeço à minha família pelo suporte,
Aos meus amigos pelo apoio,
À empresa Gemar pela colaboração e disponibilidade,
Aos colegas de trabalho e namorada pela compreensão e
Ao Jairo pelo auxílio, empenho e dedicação.*

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1 Motivação.....	10
1.2 Objetivos.....	12
1.3 Estrutura do trabalho.....	13
2 Business Process Management.....	14
2.1 Processos de negócio.....	14
2.2 BPM.....	15
2.2.1 Ciclo de vida BPM.....	20
2.2.2 Maturidade da implantação BPM.....	21
2.2.3 BPMN e a Modelagem de Processos.....	23
3 Simulação de Processos de Negócio.....	27
3.1 Tipos de modelos de simulação.....	31
3.2 Ferramentas para modelagem e simulação.....	33
3.3 Trabalhos Relacionados.....	33
4. Estudo de Caso.....	35
4.1 Metodologia.....	35
4.1.1 Modelagem do processo.....	37
4.1.2 Medidas de desempenho.....	42
4.1.3 Coleta de dados.....	43
4.1.3.1 Coleta de dados do processo administrativo.....	43
4.1.3.2 Coleta de dados do processo da linha de produção.....	44
4.1.4 Determinar a distribuição de probabilidade.....	51
4.1.5 Implementar as distribuições de probabilidade.....	52
4.1.6 Realizar validação do modelo.....	55
4.1.7 Identificar melhorias no processo.....	60
4.1.7.1 Melhorias no processo administrativo.....	61
4.1.7.2 Melhorias no processo de produção.....	63
5 Conclusão.....	69
5.1 Trabalhos futuros.....	69
6 Referências Bibliográficas.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ações da Dell	19
Figura 2: Motivação para adoção BPM (adaptado de Aberdeen Group, 2008)	19
Figura 3: Ciclo de vida BPM (TESSARI, 2008)	20
Figura 4: Maturidade BPM (TESSARI, 2008)	21
Figura 5: Elementos BPMN (OWEN <i>et al.</i> , 2003)	24
Figura 6: Exemplo de utilização BPMN	26
Figura 7: Metodologia de simulação (PINHO <i>et al.</i> , 2009)	36
Figura 8: Início do processo administrativo	38
Figura 9: Elaboração da arte	39
Figura 10: Verificação do estoque	40
Figura 11: Envio para produção	40
Figura 12: Início do processo de produção	41
Figura 13: Final do processo de produção	42
Figura 14: Inserção de probabilidade no modelo	53
Figura 15: Distribuição de probabilidades de um gateway	54
Figura 16: Inserção da taxa de entrada de instâncias no processo	55
Figura 17: Modificação na rota para renegociação	57
Figura 18: Modificação feita na elaboração da arte	57
Figura 19: Filas se formando no ponto de junção	61
Figura 20: Modificação no processo administrativo	62
Figura 21: Instâncias enviadas para produção	62
Figura 22: Atividades que mais consomem tempo no processo	63
Figura 23: Instâncias que chegam a produção	63
Figura 24: Gráfico de tempo das atividades	64
Figura 25: Gráfico do comportamento das instâncias	65
Figura 26: Medições de tempo depois da melhoria	66
Figura 27: Gráfico do comportamento das instâncias	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Prioridades de negócio (Adaptado de Gartner EXP Worldwide Survey, 2010).	27
Tabela 2: Tempo médio e desvio padrão das atividades administrativas	44
Tabela 3: Coleta de dados da atividade Cortar cartão para 100 cartões	45
Tabela 4: Coleta de dados da atividade Impressão	46
Tabela 5: Tempo de execução da atividade Corte e vinco	47
Tabela 6: Dados da atividade acabamento e montagem	48
Tabela 7: Colagem manual	49
Tabela 8: Colagem automática	50
Tabela 9: Informações relevantes dos projetos em um mês	51
Tabela 10: Distribuições de probabilidade das rotas do processo 1	51
Tabela 11: Tempo médio de execução simulação X coletadas	59
Tabela 12: Tempo médio de execução simulação X coletadas(2)	60
Tabela 13: medições do processo administrativo	60

1. Introdução

Com o crescimento da economia brasileira, novas oportunidades de negócio surgem no mercado, levando empresas dos mais variados setores a investir em artifícios para aumentar a produtividade e reduzir custos, sempre objetivando a competitividade. Uma tecnologia empregada com notoriedade pelas empresas para esse fim é o Business Process Manager (BPM). Conceito criado com objetivo de aperfeiçoar os processos de negócios através da utilização de Tecnologia da Informação aliada ao conhecimento do negócio da empresa. Ainda aliado ao conceito de BPM, surgiu a simulação de processos de negócio, que, através de métricas coletadas e estatísticas, busca gerar para a empresa um meio mais prático e menos custoso de realizar testes em seus processos e buscar um melhor aproveitamento dos mesmos. Esse trabalho visa demonstrar a simulação de processos de negócio usada como uma ferramenta indispensável para auxiliar nas tomadas de decisão de uma empresa. Para tal, o trabalho apresentará um estudo de caso realizado com base no processo de negócio de uma empresa de cartonagem gráfica. Após a modelagem do processo atual da empresa e validado o mesmo através de simulações, o trabalho apresentará novos modelos elaborados com base em nas simulações realizadas a fim de trazer melhorias ao processo da empresa e simular situações de crise, onde recursos podem ser escassos.

1.1 Motivação

As empresas que desejam manter em segmentos, ou ampliá-los, precisam se adaptar a mudanças de mercado com rapidez. Custo com tecnologia mão de obra qualificada e maquinário pode variar de forma acelerada e de difícil previsão. Em um ambiente competitivo, demandas surgem e são consumidas todos os dias, obrigando os líderes das empresas a tomar decisões de forma ágil e com baixa probabilidade de erros.

Para manter a competitividade no mercado, uma empresa deve prover produtos ou serviços que obtenham uma boa relação entre custo, qualidade, capacidade de entrega e capacidade de inovação (CARPINETI et al, 2003). Esses valores são resultados dos processos pelos quais os produtos e serviços são obtidos e o balanceamento desses valores resulta no atendimento das expectativas dos clientes (AGUILAR, 1999) e conseqüentemente, no sucesso da empresa. Com base no fato de que os processos empregados em uma empresa impactam diretamente no resultado de seu negócio,

reconheceu-se a necessidade de direcionar a gestão da empresa para os processos e assim surgiu o conceito de *Business Process Manager* (BPM).

Uma pesquisa encontrada em (REN *et al*, 2008) demonstra que, já em 2004, a maior preocupação nas empresas era com a melhoria de processos de negócio. Uma recente pesquisa afirma que a melhoria de processos, depois de seis anos, continua sendo a maior preocupação dos executivos das empresas. Com base nessas pesquisas, pode-se afirmar que o desafio tornou identificar possibilidades de melhorias no processo já implementado, bem como prever resultados obtidos caso a melhoria proposta seja implementada.

Além dos objetivos citados anteriormente, ao ingressar em uma concorrência, uma empresa também necessita de uma forma prática e eficaz de mensurar os recursos de que deve dispor para agradar e manter o cliente, bem como do preço que cada produto final vai demandar de suas finanças. Uma tomada de decisão sem base matemática pode gerar atrasos em entregas ou prejuízos financeiros.

Tendo em vista essas questões, nota-se uma necessidade de um método para seguro para apoiar as decisões de uma empresa, uma primeira alternativa seria a utilização de provas de conceito, elaborando uma gama de produtos antes da elaboração do orçamento ou do ingresso na concorrência. Essa idéia, apesar de bem empregada em alguns negócios, tende a ser falha em alguns casos, já que alguns problemas só podem ser notados com uma grande massa de produtos na linha de produção, há também casos em que a elaboração de alguns produtos pode gerar um gasto excessivo para a empresa e o negócio ser inviabilizado.

Outra abordagem seria a contratação de profissionais especializados (matemáticos, físicos, etc) para modelarem o problema e calcularem o andamento da produção de acordo com regras específicas e conhecimentos obtidos anteriormente. Essa solução, apesar de fornecer resultados satisfatórios, gera custos por vezes não previstos, além da incerteza se o profissional contratado conseguirá transmitir o conhecimento obtido de forma entendível para o gerente da empresa em questão.

Para minimizar esses problemas e ter uma maior aproximação da realidade com baixo custo e maior proximidade com o nível gerencial utiliza-se simulação de processos. Segundo (REN *et al*, 2008), para processos complexos, realizar uma simulação dinâmica é o único meio de extrair informações relevantes a nível gerencial e identificar atividades problemáticas dentro do processo. Além disso, (TUMAY, 1996) ressalta a possibilidade de testar cenários *What-if* para auxiliar na tomada de decisão.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem o objetivo de demonstrar, de forma clara, a modelagem, simulação e melhoria de processos dentro de um ambiente corporativo através da aplicação da simulação de processos em um ambiente real. Os objetivos específicos que se espera alcançar ao término desse trabalho são:

- Uma demonstração de modelagem de processos aplicada a um ambiente real que possui atividades heterogêneas e complexas;
- Uma rápida análise sobre as ferramentas de simulação de processos de negócio presentes no mercado;
- A obtenção de dados reais da empresa de modo a obter uma base de conhecimento para a simulação *as-is*;
- A elaboração de uma simulação *as-is* consistente com a realidade, apresentando valores que demonstram a eficácia do modelo se comparados ao histórico de execução do processo real da empresa;
- Identificação, com a utilização de gráficos e dados gerados pela simulação, gargalos e falhas no processo implementado pela empresa;
- Uma proposta de um novo processo de negócio, que reduza o tempo de produção, diminua o custo na linha de montagem e/ou aumente o número de produtos produzidos em um determinado espaço de tempo;
- Demonstração de conceitos, aplicações e métodos, a fim de agregar valor para a base de conhecimento acerca do uso de modelagem e simulação de processos, embasando estudos e aplicações futuras.

Outro objetivo que o presente trabalho visa alcançar é a desmistificação da necessidade de se obter um sistema BPM implementado na empresa para a utilização das ferramentas e técnicas de simulação de processos de negócio. Para tanto, foi escolhida como base para o estudo de caso, uma empresa que não utiliza sistemas BPM em sua linha de produção.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho apresentará no capítulo 2 conceitos e metodologias contidas na literatura sobre modelagem de processos, sua aplicabilidade e sua finalidade. Com essas informações será feita uma introdução sobre o conceito de BPM, amplamente utilizado atualmente.

Depois de feitas as considerações sobre modelagem de processos e BPM, o tema simulação de processos será abordado mais a fundo no capítulo 3, baseando-se na literatura para demonstrar sua finalidade e os métodos já estudados para obtenção de modelos de simulação corretos e verossímeis. Bem como um comparativo superficial sobre algumas ferramentas para simulação de processos de negócios presentes no mercado.

Com base nos conhecimentos obtidos anteriormente, será feito no capítulo 4 um estudo de caso, utilizando-se de metodologia e ferramenta obtidas com a análise anterior.

Será feito uma demonstração do cenário atual da empresa, apresentando seu modelo de processo de negócio. Posteriormente será realizada uma coleta de dados e será elaborada uma simulação que obtenha pouca divergência no resultados, quando comparada aos históricos de projetos executados pela empresa. Essa simulação será chamada *as-is*.

Com esse modelo de simulação, serão realizadas análises, a fim de descobrir pontos de melhoria no processo, esses pontos serão analisados serão propostas melhorias. Com base nessas melhorias propostas, outro modelo de processo de negócio, chamado *to-be*, será criado, utilizando esse modelo obtido e os dados coletados anteriormente, serão realizadas novas simulações, a fim de comprovar os ganhos obtidos com a modificação do processo.

2 Business Process Management

2.1 Processos de negócio

Empresas que visam se firmar no mercado devem utilizar de técnicas diversas a fim de garantir um nível aceitável de organização. Uma linha de produção baseada em informações passadas oralmente entre funcionários está fadada ao fracasso, pois a perspectiva de cada funcionário em relação ao negócio da empresa pode variar, assim como a interpretação da informação recebida. A ausência de uma forma unificada, concisa e de fácil entendimento para informar as etapas necessárias para a elaboração de um produto ou serviço e a ligação entre essas etapas, pode gerar desordem na linha de produção e refletir diretamente na aceitação do mesmo no mercado.

Segundo (RICARDO, 2002), a consciência de que o produto final estava ligado ao processo como um todo e não a cada atividade isolada, como pregava o Fordismo, só ficou evidente na década de 80, quando foram feitos amplos investimentos em Tecnologia da Informação por parte de países como Estados Unidos e Japão, a fim de obter uma maior automatização de uma dada atividade, no entanto, os resultados em produtividade foram abaixo do esperado. Essa consciência da importância das ligações e das informações trocadas entre atividades dentro de um ambiente de produção originaram a grande preocupação com os processos de negócio dentro de uma empresa.

Processos de negócio, como apresentado em (GONÇALVES, 2000), são atividades agrupadas logicamente com o intuito de produzir bens ou serviços que sejam de interesse de uma determinada gama de clientes, outra abordagem também citada em (GONÇALVES, 2000), vê processos de negócio como um conjunto de atividades, onde cada uma recebe um *input*, realiza um processamento a fim de agregar valor ao produto final, e gera um *output*, essa última abordagem tem maior proximidade com a engenharia.

Para (SANTOS *et al.*, 2006), processo de negócio é um conjunto de atividades estruturadas e métricas que visam um como resultado um determinado produto para um cliente ou mercado específico.

Em (ZAIRI, 1997) processo de negócio é definido como uma abordagem para converter entradas em saídas. É a forma com a qual todos os recursos de uma organização são usados de maneira confiável, repetível e consistente, com o intuito de alcançar objetivos. Na visão do autor, processos de negócios são atividades bem definidas, de responsabilidade de uma entidade (pessoa, grupo de pessoas ou maquinários), que

interagem entre si, agregam valor a um produto ou serviço, e originam um objeto de interesse do cliente.

Os processos de negócio são parte fundamental de uma empresa e devem estar sempre alinhados com os objetivos e estratégias da mesma (MAGALHAES *et al.*, 2007). Além disso, é fundamental para a empresa ter ciência de que processos de negócio podem e devem ser modificados, de modo a prover melhorias para o objetivo para o qual foram implementados. Tendo o dinamismo como característica fundamental para as empresas de nossa época, um processo de negócio implementado, torna-se rapidamente obsoleto, sendo necessário uma constante revisão e aprimoramento, caso contrário, o processo deixará de ser seguido e a desorganização voltará a gerar prejuízos.

2.2 BPM

Com a percepção de que os processos de negócio são essenciais para o melhoramento e a continuidade do negócio de uma corporação, estudiosos começaram a buscar meios de inserir esse pensamento de um modo mais direto na maneira como as empresas eram administradas, basicamente, a intenção era voltar todo o pensamento corporativo para o processo de negócio, buscando um melhor alinhamento da empresa com o processo em si, assim como o melhoramento do mesmo.

A busca por essa integração processo – administração culminou em um conceito amplamente adotado nos dias de hoje, esse conceito visa, entre outros objetivos, definir um processo para a empresa, definir papéis para os funcionários dentro desse processo, disseminar o conhecimento acerca do processo definido e melhorá-lo continuamente.

Esse conceito surgiu na década de noventa com experimentos e publicações científicas que sugeriam a adoção desse conceito e a execução de uma série de modificações na administração e implementação da linha de produção de uma corporação de modo que o processo de negócio englobe todos os setores e atividades da mesma. Esse conceito foi batizado de *Business Process Management* (BPM).

Na literatura, podemos encontrar diversas publicações sobre o assunto e uma série de definições, em (ZAIRI, 1997), BPM é definido como uma abordagem estruturada para analisar e melhorar continuamente atividades fundamentais tais como marketing, fabricação, comunicação e outros elementos principais de uma organização.

Em (HUNG, 2006), BPM é definido como uma filosofia integrada de gestão e uma gama de práticas que incluem mudanças incrementais e radicais no processo de negócio,

ênfatizando o melhoramento contínuo, a satisfação dos clientes e o envolvimento dos funcionários da empresa.

Na visão de Wil *et al.* (2003), BPM é uma metodologia utilizada para apoiar processos de negócio através da utilização de métodos, técnicas e *softwares* para projetar, aprovar, controlar e analisar processos operacionais que envolvem organizações, aplicações, atividades humanas, documentos e outras formas de informação.

Na perspectiva do autor, BPM é um conceito de gestão que tem o processo de negócio como o elemento principal e busca, através do uso de uma gama de recursos, melhorar continuamente o mesmo, afim de obter um melhor resultado para o cliente do negócio.

Para aplicação da metodologia BPM em uma empresa, é necessário um comprometimento de todos os funcionários envolvidos. Atualmente muitas ferramentas BPM, também chamadas BPMS (*Business Process Management Software*), estão disponíveis no mercado. No entanto, somente a utilização dessas ferramentas por uma empresa não significa que a mesma utiliza BPM. Como falado anteriormente, BPM é uma metodologia e necessita adotar alguns conceitos para ser efetivamente aplicada. Em (HUNG, 2006), alinhamento do processo e o comprometimento dos funcionários são citados como chave na metodologia BPM.

O alinhamento do processo é fundamental em BPM, algumas empresas mudaram sua forma de organização para uma estrutura mais horizontal, onde a empresa é vista não como uma entidade hierárquica, mas sim como uma junção de vários setores que possuem responsabilidades específicas e que criam valor para o negócio do cliente. Essa abordagem tende a facilitar o alinhamento do negócio, pois cria uma cultura nos setores da empresa de que os mesmos não são auto contidos e trabalham de forma isolada, e sim fazem parte de um todo que é agrupado pelo processo de negócio.

Para o correto alinhamento do processo de negócio, é imprescindível que a empresa realize primeiro um alinhamento estratégico. Uma corporação que busca melhorar seus processos deve ter objetivos a curto e longo prazo bem definidos. O melhoramento do processo depende diretamente dos objetivos da empresa, melhorar o processo pode significar reduzir os custos para realização de todo o processo, diminuir o tempo de produção ou aumentar a qualidade do produto. Uma empresa que não possui estratégia e objetivos bem definidos, não possui motivação para realizar modificações no processo. Outro fator importante é a inserção da implementação do BPM na estratégia da empresa,

geralmente começando pelos processos críticos e diretamente ligados ao produto, e expandindo para os processos complementares para a empresa.

Outro fator importante para a implementação de BPM é a integração da TI da empresa. Sistemas legados, ERP e sistemas de apoio devem ser integrados de modo que a informação esteja disponível durante todas as etapas do processo, o objetivo é criar um fluxo de informação pelo processo, e não pequenos nichos de informação em cada setor.

Como BPM sugere uma constante mudança no processo em busca de melhoramento, a presença de coordenadores e líderes dentro da empresa é fundamental para a execução das mudanças de forma organizada, efetiva e de baixo custo. Sem líderes para orientar e explicar as novas características, responsabilidades e fins de um processo, os funcionários tendem a se perder em suas novas atribuições.

Para um melhor resultado ao se aplicar BPM, é necessário também o comprometimento dos funcionários. Cada atividade executada por um funcionário deve ser vista como parte do processo e etapa de agregação de valor ao produto destinado ao cliente final. Hung (2006) sugere que manter funcionários motivados e comprometidos com a empresa e com o processo garante bons resultados e aumento de performance na linha de produção.

Além das modificações culturais dentro da empresa e das premissas supracitadas necessárias para o BPM, (BALDAM *et al.*, 2007) cita os passos para preparação da implantação de BPM dentro de um ambiente corporativo:

- Definir os principais processos da organização, seus pontos fracos, as métricas que serão usadas para a correta medição do processo antes e após a remodelagem, bem como as metas de melhoria;
- Identificar as falhas ou pontos fracos dos processos em execução na empresa;
- Ter a ciência da possibilidade de modificação de todos os processos da empresa;
- Preparar a visão global de processos;
- Definir prioridades para os processos da empresa que mereçam atenção;
- Definir, junto aos responsáveis pela execução do projeto e as áreas afetadas, as especificações e diretrizes necessárias para a correta implementação do processo;
- Planejar e acompanhar as tarefas necessárias para a execução.

Como modificações no processo afetam diretamente o modo de trabalhar dos funcionários, é importante a participação dos mesmos na definição do novo processo a ser implementado. Os gerentes, muitas vezes, não têm conhecimento aprofundado das atividades

executadas no dia-a-dia da empresa e podem sugerir modificações que na prática não resultem em ganhos para a empresa.

Por ser uma metodologia relativamente nova e muitas ferramentas que auxiliam a implantação e manutenção de BPM serem recentes, um fator que deve ser levado em consideração na tomada de decisão acerca da implementação ou não da metodologia BPM é o custo. Analista de negócios e desenvolvedores experientes nessas ferramentas tendem a ter um valor elevado. Além disso, em um primeiro momento, os funcionários podem perder um pouco em sua produtividade, conseqüência esperada da adaptação ao novo sistema.

No entanto, há relatos de várias empresas que apostaram em uma gestão voltada para os processos de negócio e obtiveram resultados significativos.

Um caso famoso e citado em (AGUILAR *et al.*, 1999), é o da empresa de americana de computadores Dell. A empresa conquistou um valor de mercado superior a sessenta bilhões de dólares tendo como guia a otimização do processo responsável por “prover um computador a um cliente”.

A Dell orientou seu processo de modo a reduzir o tempo que um produto fica no estoque. Após várias modificações no processo, na década de 90, o tempo de estadia de um produto no estoque era de 11 dias enquanto seus concorrentes mantinham por quase 70 (AGUILAR *et al.*, 1999). Essa diferença de tempo foi primordial no sucesso da empresa, em um mercado dinâmico e sensível a variadas crises, manter o produto no estoque por apenas 11 dias significava estar 60 dias a frente da concorrência caso uma nova tecnologia fosse lançada ou uma crise acontecesse, tempo de sobra para refazer planejamentos e adotar novas estratégias com um prejuízo reduzido.

O resultado desse foco no processo com objetivos bem definidos e uma boa estratégia levou a Dell a ser uma das marcas mais reconhecidas e valorizadas em seu setor. A figura 1 mostra o crescimento da venda de ações na bolsa de Nasdaq no período que foi aplicado essa gestão voltada para o processo.



Figura 1: Ações da Dell

Casos como o da Dell estão se tornando freqüentes e por várias vezes citados, evidenciando a importância do processo de negócio na satisfação do cliente e, conseqüentemente, no êxito da empresa.

A Dell obteve sucesso, principalmente, por definir um objetivo claro, traçar uma boa estratégia, e visualizar o que era primordial ser melhorado. Como o processo de negócio é particular e varia de empresa para empresa, torna-se, muitas vezes, difícil para os executivos, escolher uma métrica para ser melhorada. A figura 2 mostra uma pesquisa realizada em 2008 com empresas que adotaram BPM e mostra o motivo pelo qual a essa metodologia foi tomada.



Figura 2: Motivação para adoção BPM (adaptado de Aberdeen Group, 2008)

Pelos resultados da pesquisa fica evidente que o maior objetivo buscado pelas empresas é a redução de custos na execução de processos de negócio. Esse tem sido uma

busca constante desde a modernização das linhas de produção e parece ter obtido sucesso com a adoção da metodologia BPM.

2.2.1 Ciclo de vida BPM

Tendo como meta o melhoramento contínuo do processo, a aplicação da metodologia BPM consiste em um ciclo envolvendo atividades para refinamento e melhor concepção do processo ao fim de cada ciclo. Há na literatura, diversas sugestões de ciclos de vida BPM, a demonstrada nesse trabalho é primeiramente demonstrada em (BALDAM *et al.*, 2007) e exibida redesenhada em (TESSARI, 2008) como na figura 3.

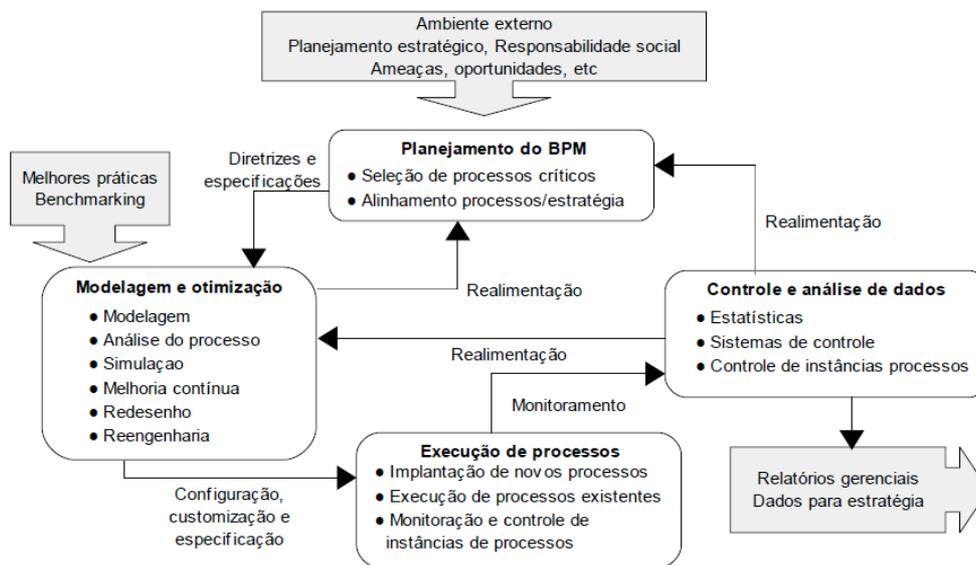


Figura 3: Ciclo de vida BPM (TESSARI, 2008)

As etapas do ciclo de vida da metodologia BPM e suas subdivisões estão descritas abaixo:

- Planejamento BPM: a etapa de planejamento consiste na preparação da empresa para a adoção da metodologia e para uma posterior modificação do(s) processo(s), nessa etapa os processos críticos serão selecionados e a estratégia para o melhoramento será definida;
- Modelagem e otimização: essa etapa consiste na elaboração/modificação e análise do modelo do processo de negócio. Nessa etapa também são realizadas as atividades de simulação do processo (detalhada no capítulo 3), a busca pela melhoria contínua, o redesenho e a reengenharia do processo de negócio (HAMMER *et al.*, 1993);

- Execução do processo: nessa etapa todo o planejamento e trabalho de análise e reengenharia em busca de melhorias é implementado, atividades como treinamento de pessoal, adaptação de sistemas existentes e disseminação da cultura BPM são realizadas nessa etapa;
- Controle e análise de dados: nessa etapa, é feita a coleta de dados gerada com a execução do processo implantado. Utilização de indicadores, coleta de dados relevantes, análise de dados coletados são atividades realizadas nessa etapa. Os dados coletados e analisados aqui servirão como parâmetros para um novo ciclo de melhorias no processo.

Essas etapas aplicadas sucessivamente resultam no constante melhoramento do processo.

2.2.2 Maturidade da implantação BPM

A implantação do BPM, tal como sugerida pelo ciclo de vida da figura 3, poder ser gradativa para reduzir o impacto na empresa e disseminar a cultura BPM aos poucos. Esse nível de implantação é chamado de maturidade de implantação BPM e é demonstrado na figura 4, que é baseado do modelo proposto em (ROSEMAN *et al.*, 2004).

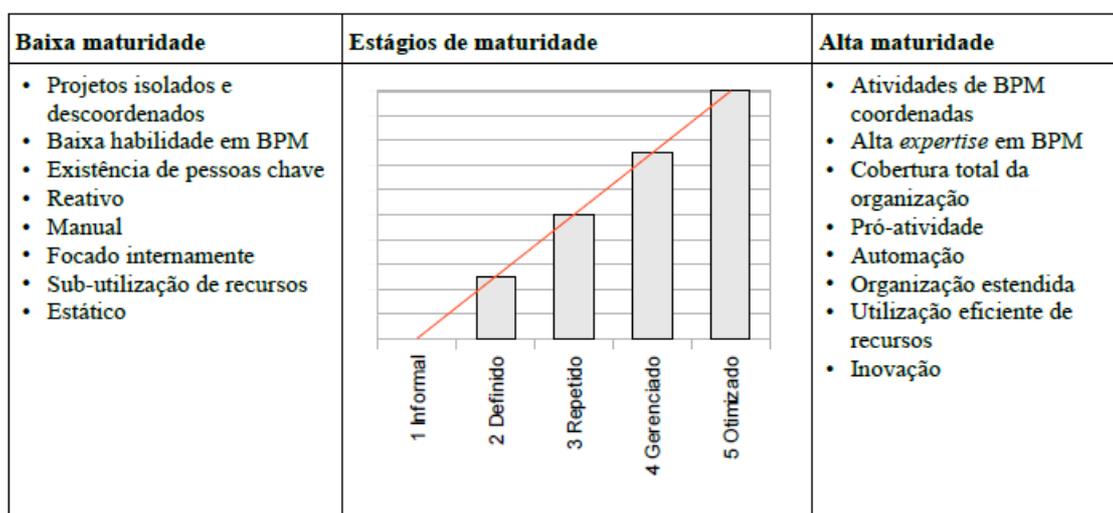


Figura 4: Maturidade BPM (TESSARI, 2008)

Esse nível de maturidade foi desenvolvido para mensurar o nível que uma empresa ou setor se encontra em relação à implantação e utilização da metodologia BPM em seu negócio.

Os fatores utilizados para determinar em qual etapa se encontra o nível de maturidade podem ser lidos em (ROSEMAN *et al.*, 2004) e as etapas de maturidade presentes na figura 4 podem ser definidas como:

- Informal: nível mais básico, nesse nível a empresa não possui a metodologia BPM aplicada, ou a possui aplicada em alguns processos desordenados e sem sincronia. Esse nível é caracterizado por pouco conhecimento e disseminação da BPM, muitas falhas encontradas no processo, sistemas e ferramentas diferentes e falta de uma visão coordenada da aplicação da metodologia;
- Definido: nesse nível a empresa apresenta algumas características da aplicação eficaz da metodologia. Para alcançar esse nível é necessário um primeiro comprometimento dos executivos a cerca da cultura BPM, a visão de processo dentro da empresa, um objetivo em comum que culminou na aplicação da BPM, modelos e documentos do processo e uma busca por padronização nos processos;
- Repetido: nesse nível de maturidade a empresa já possui um *know-how* sobre a metodologia, desenvolve e executa ciclos de treinamentos para os funcionários afim de disseminar o conhecimento, executa uma maior aplicação de métodos para gerir os processos e usa ferramentas voltadas para a execução da metodologia;
- Gerenciado: nesse penúltimo nível a metodologia BPM começa a mostrar os resultados de sua aplicação, nesse nível a empresa já possui grande conhecimento sobre BPM e aplica-os diretamente, a empresa possui um setor responsável por manter e gerenciar padrões, utiliza de métodos e tecnologias para gerenciar os processos, possui o setor de TI e de projetos integrados com a metodologia, busca pela integração entre processos além de uma maior independência de conhecimento externo à empresa;
- Otimizado: esse é o último estágio de maturidade, nele a organização goza de todos os benefícios da implantação da metodologia BPM e a tem como parte central da empresa. Características encontradas em uma empresa que obtém esse nível são a padronização de tecnologias e métodos, a definição de um ciclo de vida BPM para a empresa, uma maior integração de BPM

como parte do cotidiano da empresa e a utilização de métricas para medição de desempenho dos processos.

A utilização dessas métricas tende a auxiliar as empresas na implantação da metodologia BPM e orientá-las no desenvolvimento e busca pelos próximos níveis de maturidade e de uma utilização correta e eficaz.

2.2.3 BPMN e a Modelagem de Processos

Tendo o processo de negócio como elemento de extrema importância para o desenvolvimento eficaz da empresa, a preocupação com a forma como o mesmo seria descrito tornou-se fundamental.

Em (MAGALHAES *et al.*, 2007), podemos encontrar uma lista de benefícios obtidos com a modelagem de processo feita de modo padronizado, donde, destacam-se principalmente:

- Tornar a reengenharia ou melhoria do negócio mais intuitiva, por obter documentado, a forma como o negócio é executado e os elementos relacionados com sua execução;
- Facilitar a identificação de gargalos e processos que podem ser automatizados, evitando erros humanos;
- Facilitar a disseminação do conhecimento na empresa e fora dela, incluindo um maior número de funcionários em um grupo de conhecedores do processo, e não apenas das atividades executadas por eles;
- Orientar equipes de TI, de forma a prover uma linearização das soluções adotadas, com o processo da empresa.

Em (HAMMER, 2001) é descrito o caso de uma empresa do ramo da química chamada Geon. Essa empresa obteve um crescimento exponencial nos anos noventa com uma série de integrações e aquisições de outras empresas do ramo, ou de ramos complementares ao negócio da Geon.

No entanto, após algumas aquisições, Geon teve sérios problemas com o crescente número de processos ligados aos seus. Os processos da empresa OxyVinyls não foram facilmente integrados e isso gerou inconsistência e duplicidade de dados, fluxos de trabalhos desordenados, informações não compartilhadas e retrabalho. Foi necessário contratar consultores e especialistas em processos para realizar a integração entre os processos das duas empresas e muito dinheiro foi gasto para reverter esse quadro.

Uma forma padronizada de definir os processos de modo que seu entendimento seria possível por qualquer profissional da área de processos de negócio, desde os analistas de negócio que os idealizam, até os desenvolvedores que os implementam, teria reduzido a dificuldade de integração dos processos e economizado recursos da empresa supracitada.

Com esse objetivo foi criado pelo *Business Process Management Initiative* o *Business Process Modeling Notation* (BPMN). Essa notação padronizada derivou de diagramas de atividade e outros diagramas que tinham como objetivo a unificação da maneira como um processo era descrito.

BPMN é uma notação utilizada para descrever processos de negócio, seus elementos buscam prover uma maneira fácil e intuitiva de expressar os processos na forma como devem ser executados. Além disso, o BPMN define o *Business Process Diagram* (BPD), um conjunto de elementos gráficos que são utilizados para elaboração de modelos de processos de negócio (SIQUEIRA, 2006).

Na figura 5 são demonstrados os principais elementos gráficos definidos no BPMN com seus nomes originais, o correto entendimento da notação e seus símbolos e significados será importante para entender o processo da empresa alvo da simulação.

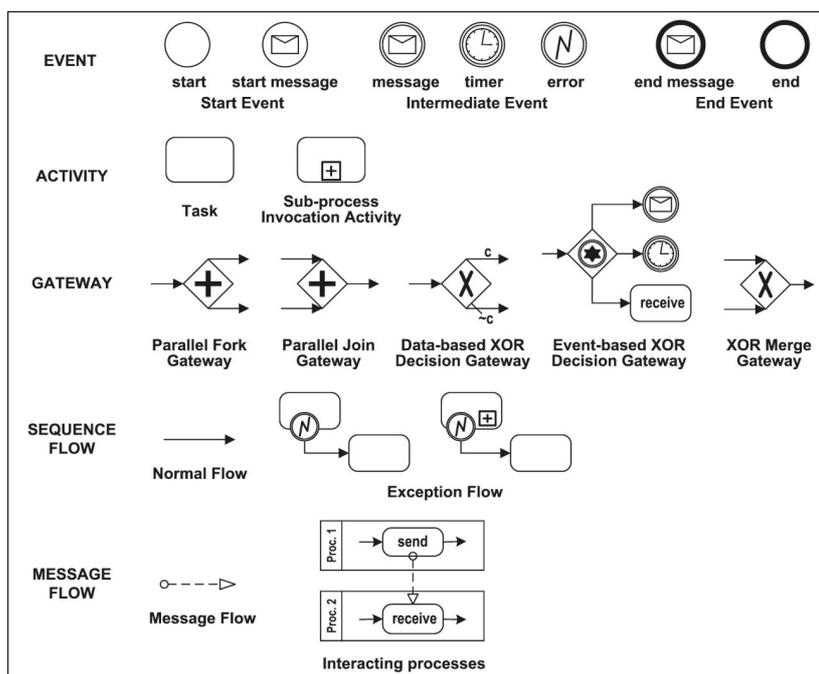


Figura 5: Elementos BPMN (OWEN *et al.*, 2003)

Os elementos presentes na figura anterior são descritos a seguir:

1. *Event*: representa um evento que ocorre em um processo de negócio e pode afetar o próprio, ou outros processos. O início e o fim de um processo são eventos. Há

também eventos disparados por mensagens, eventos disparados por contadores de tempo, por exceções e uma série de outros tipos de eventos que influenciam diretamente no fluxo dos processos;

2. *Activity*: representa uma atividade isolada, seja ela manual ou automática, um subprocesso ou outro processo. Para melhor definição, subprocesso consiste em uma parte de um processo, composta por atividades menores, que pode ser abstraída sem fugir do escopo do processo em questão, já atividades, são um elemento menos complexo e que geralmente envolve uma ação. Exemplificando, Análise de Crédito é um processo, Consulta a Órgãos de Proteção ao Crédito é um subprocesso, e Consultar SERASA é uma atividade.
3. *Gateway*: Gateways são elementos usados para controlar fluxos do processo. Eles podem representar junção de caminhos diferentes, separação de vários caminhos a partir de um ponto, ou, como é mais utilizado, como pontos de tomada de decisão. Nesse último significado, gateways representam perguntas que, ao serem respondidas definirão a rota a ser tomada pelo fluxo do processo em execução
4. *Sequence Flow*: são caminhos definidos durante a execução do processo, *sequence flows* estabelecem uma rota dentro do processo e informam qual é a ordem de atividades, geralmente *gateways* fazem perguntas com o intuito de estabelecer uma *sequence flow* a seguir. Existem, entretanto, algumas *sequence flows* diferentes das comumente usadas, como as resultantes de exceções de negócio.
5. *Message flow*: são mensagens trocadas entre processos que podem ter uma série de significados, como por exemplo, o disparar de um evento de um processo, pela mensagem enviada por outro.
6. *Lanes*: representam departamentos ou setores dentro de uma organização. *Lanes* tem o objetivo de informar quem (qual setor) é responsável por uma determinada atividade.
7. *Pools*: *pools* são demonstrações retangulares que representam o escopo de uma organização. Dentro das *pools* são inseridas *lanes*, afim de determinar o papel dos setores no contexto organizacional.

Na figura 6, é exibido um processo simples com o intuito de demonstrar alguns desses elementos gráficos inseridos em um contexto.

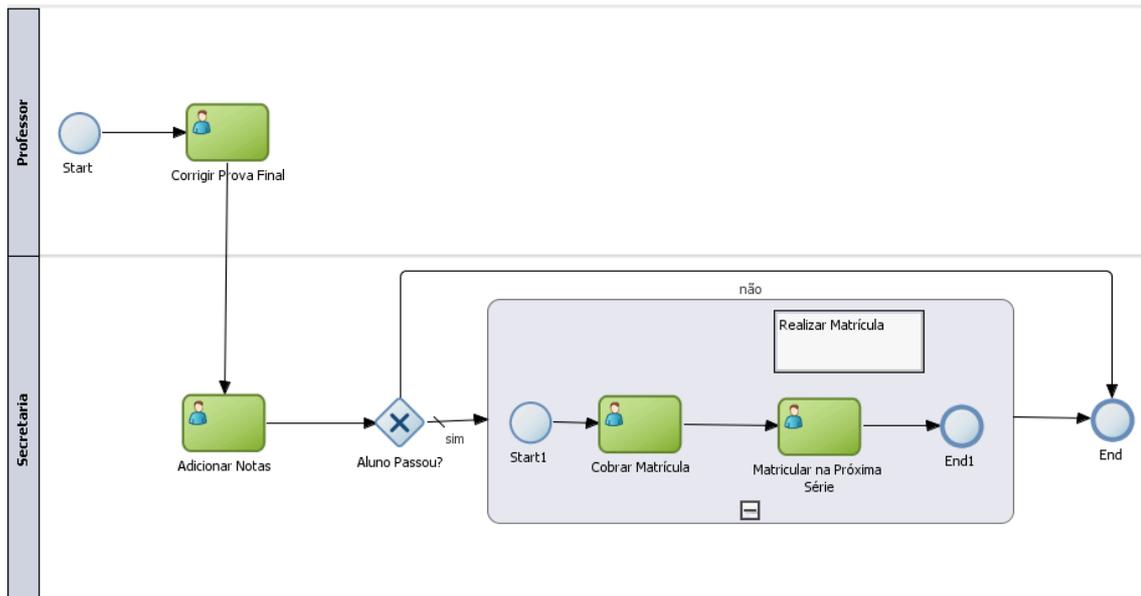


Figura 6: Exemplo de utilização BPMN

Uma descrição mais detalhada sobre a BPMN e seus elementos e significados pode ser encontrada em (WOHED *et al.*, 2006) e em (OWEN *et al.*, 2003).

3 Simulação de Processos de Negócio

A metodologia BPM, como citado anteriormente, tende a voltar a gerência da empresa para os processos de negócio, buscando melhorá-los e adaptá-los às mudanças do mercado atual. A tabela 1 exibe uma lista de prioridades a serem alcançadas pelos gerentes das empresas.

Tabela 1: Prioridades de negócio (Adaptado de Gartner EXP Worldwide Survey, 2010)

Top 10 Prioridades de negócio	Ranking
Melhoria de processos de negócio	1
Redução de custos da empresa	2
Aumento do uso da informação/análise	3
Melhorar a eficácia da força de trabalho	4
Atrair e reter novos clientes	5
Gerenciar iniciativas de mudança	6
Criar novos produtos ou serviços	7
Focar de forma mais eficiente os clientes e mercados	8
Consolidar operações de negócio	9
Expandir relações com os clientes atuais	10

Na tabela é demonstrado a preocupação, por parte dos CIOs (*Chief Information Officer*), com a melhoria do processo de negócio. No entanto, é necessário que haja uma maneira adequada de prever a aplicação de uma modificação proposta ao processo. A aplicação da mudança no sem uma análise matemática bem fundamentada, pode gerar prejuízos, no lugar de melhoria.

Antigamente, era usual os gerentes das empresas utilizarem planilhas e gráficos com o intuito de obter uma aproximação do impacto de alguma modificação. Algumas ferramentas para gerenciamento de projetos também eram utilizadas com o intuito de planejar e analisar essas modificações. No entanto, quando se tratava de mensurar custos ou alocação de recursos para atividades que possuíam um alto grau de variabilidade, essas técnicas demonstravam-se pouco eficazes (TUMAY, 1996).

Com o objetivo de prever o comportamento de um processo de negócio perante uma modificação proposta, a metodologia BPM sugere a realização de uma simulação. Como definido em (TUMAY, 1996), simulações computacionais, combinadas com

gráficos e planilhas, proporcionam o modo menos custoso e mais preciso e rápido para as empresas avaliarem alternativas antes de gastar recursos e tempo com modificações.

As simulações podem ser:

Discreta: As variáveis tem seus valores modificados somente quando algum evento ocorre no sistema.

Contínua: O valor das variáveis é modificado continuamente durante todo o tempo decorrido da simulação, obedecendo a equações específicas da simulação.

Nesse trabalho serão utilizadas simulações discretas.

O problema com simulações elaboradas por matemáticos e estatísticos para serem utilizadas por gerentes de empresas é justamente a comunicação entre esses dois elementos. Muitas vezes a linguagem usada pelos gerentes para explicar o negócio da empresa para os responsáveis pela elaboração da simulação, pode soar não precisa ou de dupla interpretação e o modelo de simulação ficar não condizente com a realidade simulada. Outra dificuldade em adotar essa solução, é a falta de clareza, numa perspectiva gerencial, dos dados gerados com a simulação. Apesar das informações estarem corretas, a interpretação delas será o fator determinante para tomada de decisão, e essa interpretação depende de como o responsável pela empresa as vê, um aglomerado de números e cálculos não é tão claro como gráficos e animações por exemplo.

Atualmente, uma grande parte das ferramentas voltadas para a BPM traz, integradas, recursos que permitem ao gerente, ou responsável pelo processo, informar valores relativos a recursos ou custo, calcular períodos de execução do processo, e visualizar os resultados obtidos de forma intuitiva.

Durante a execução das simulações nessas ferramentas específicas, na grande maioria das vezes é possível visualizar as instâncias dos processos indo de atividade em atividade, aguardando nas filas para serem executadas e disparando eventos. Além disso, geralmente são montados gráficos em tempo real das informações coletadas durante a execução da simulação. Essas informações também podem ser visualizadas ao término da simulação, dando ao gerente uma idéia mais clara de fatores como formações de fila em atividades, sobrecarga de recursos e casos mais executados.

Para a correta utilização de simulações de processo, é necessário um objetivo bem definido. Basicamente, se define o que melhorar, e em seguida, modelos de simulação são criados, de modo a buscar a melhor forma de alcançar o objetivo proposto. Para tanto,

algumas métricas são necessárias para mensurar os resultados. Em (TUMAY, 1996) e (PINHO *et al*, 2009), as seguintes métricas são citadas:

- Tempo de execução: é o tempo gasto para uma instância percorrer todo o processo. A redução dessa métrica tende a elevar a produtividade da empresa e/ou reduzir custos;
- Contador de instâncias: é o total de instâncias que foram executadas no processo somadas ao total de instâncias que ainda estão em execução no processo. Essa métrica, diz, em tempo de execução, o número de métricas executando, executadas e a executar;
- Utilização de recursos: métrica responsável por informar a utilização dos recursos do processo. Quando um recurso está sendo utilizado seu status, durante a simulação, torna-se ocupado, até o término da utilização. Ao final podem-se obter gráficos e planilhas relacionando informações importantes como recurso mais utilizado e mais ocioso. Essas informações são especialmente importantes para a gerência, de modo a fornecer uma base confiável de informação que dita o número de recursos necessários para a melhor execução do processo;
- Custo da atividade: um recurso é definido com um número de atributos pertinentes a ele, custo é um deles. Ao definir atividades em um modelo de simulação, estipula-se um tempo para execução da atividade. Durante a execução da simulação, o tempo de permanência da instância em determinada atividade é multiplicado pelo custo do recurso alocado na mesma, gerando um custo por atividade e um custo total de execução do processo. Reduzir esse custo tende a ser um dos objetivos dos gerentes responsáveis pelo processo;
- Tempo médio de espera na fila: o tempo que uma instância aguarda na fila de uma atividade até sua execução. Essa métrica pode ser utilizada para identificar gargalos no processo;
- Número de instâncias no processo: número de instâncias sendo executadas no processo em um determinado tempo.

Com exceção de processos específicos, essas métricas são geralmente as mais usadas para realizar análises em modelos de simulação e extrair resultados. Existem, entretanto, processos baseados em um mesmo tipo de negócio. Esses processos tendem a

ser similares do ponto de vista de simulações e são agrupados por (TUMAY, 1996) como segue:

- Processos baseado em projetos (SIEGLE, 2009): são processos que possuem um projeto como fator principal. Geralmente possuem atividades com grande variabilidade no tempo de execução e de difícil medição. Exemplo de processos baseado em projetos é o desenvolvimento de um projeto de um software, desde sua concepção até sua entrega.
- Processos baseado em linha de produção (GRADIS *et al*, 2007): são processos que mantêm uma linha de produção contínua. Em outras palavras, é um processo que mantêm instâncias constantemente sendo tramitadas de atividade para atividade e gerando o produto ou serviço destinado ao cliente. Esses processos tendem a ter objetivos relacionados ao número de instâncias concluídas por unidade de tempo e tempo de execução de cada atividade. A adoção desses objetivos é reflexo de uma constante execução das atividades. Exemplo de processos baseado em linhas de produção é uma fábrica de carros.
- Processos baseado em distribuição: são processos que tem como fim a distribuição de recursos ou pessoas. Esses processos tendem a ter em suas métricas, variáveis que representam origem e destino, além de custo, de modo a possibilitar análises como destinos mais utilizados e rotas mais custosas. Um exemplo de processo que desse tipo é o de distribuição de produtos em linhas férreas por empresas de logística.
- Processos baseado em prestação de serviços: são processos que têm como fim a prestação de um determinado serviço a um cliente. Processos desse tipo tendem a apresentar dificuldades para estabelecer variáveis com valores que se aproximem da realidade para a duração das atividades. Isso se deve ao fato de que os recursos são, na maioria das vezes, pessoas, sendo difícil prever seu comportamento. Como exemplo de processos que se enquadram nesse tipo podemos citar empresas de *call center*.

Se tratando de processos de negócio, uma aspecto muito específico de uma empresa, pode ocorrer de não se encaixar em nenhum dos tipos citados anteriormente, no entanto, serve como guia para tomar ciências desse agrupamento de processos por

finalidade, e pra se ter uma base para definição de objetivos e métricas baseado no tipo de negócio da empresa.

3.1 Tipos de modelos de simulação

Em pesquisas relacionadas, muitos tipos de modelos de simulação são estudados e descritos. Modelo de simulação é uma união de elementos que juntos formam uma especificação de como uma simulação vai se executada. Na maioria dos modelos de simulação encontramos:

- Modelo do processo: para realizar a simulação é necessário um modelo do processo em um formato pré-definido. A ferramenta que realizará a simulação deve reconhecer o modelo e ser capaz de extrair as informações necessárias para executar a simulação baseado nas informações de atividades, fluxos, responsabilidades e eventos do modelo;
- Configuração de tempo: as atividades presentes na simulação devem ter uma configuração de tempo de execução atrelada, de modo que a ferramenta possa, através de cálculos executados com a utilização das informações de tempo de execução das atividades, simular a execução da mesma.
- Configuração de custo: os recursos e/ou atividades devem possuir uma configuração de valor relacionado, custo de empregados ou maquinários são exemplos de custo com recursos ou atividades respectivamente;
- Configuração de probabilidade: para os modelos de processo que apresentam caminhos alternativos para a rota da instância ao longo do processo, deve-se ter uma configuração de probabilidade relacionada à escolha da rota, de modo a informar a probabilidade de escolha entre os caminhos possíveis;
- Quantidade de recursos: os modelos de simulação devem conter informações sobre a quantidade disponível de recursos para uma determinada atividade (ou responsabilidade) dentro do processo. Como recurso entende-se a funcionários e maquinários necessários para a execução de uma atividade.

A reconfiguração e reestruturação desses elementos geram outros modelos e assim a melhoria do processo é pensada e implementada.

Em estudos anteriores (APRIL *et al*, 2005; WIN *et al*, 2007; PINHO *et al*, 2009) são citados alguns tipos de modelos de simulação com base em como foram obtidos e qual

a finalidade da execução da simulação baseada no mesmo. Os tipos de modelos de simulação normalmente encontrados são:

- *As-Is*: o modelo de simulação *as-is* é o modelo elaborado com base no processo existente no presente momento. Esse modelo é feito através de observações, coleta de dados e dados históricos do processo sendo executado. Na maioria dos ciclos sugeridos para elaboração de modelos de simulação, o modelo *as-is* é elaborado primeiro e validado com o processo sendo executado, de forma a validar variáveis de custo e tempo de execução por exemplo;
- *What-if*: o modelo de simulação *what-if* é implementado utilizando como base os dados de tempo e custo de atividades coletados no modelo *as-is*. No entanto, configurações são modificadas objetivando simular alguma mudança no processo, seja ela de rotas para a instância, paralelismo, modificação de quantidade de recursos entre outros. O resultado da simulação dessa nova configuração é analisada em busca da melhor solução para o objetivo de melhoria do processo. Geralmente é feito vários modelos *what-if*, de modo a responder a pergunta “e se?”, fazendo alusão ao resultado de uma modificação hipotética do processo.
- *To-be*: o modelo *to-be* está fortemente atrelado com o modelo *what-if*, o modelo *to-be* é uma simulação realizada e que pretende ser implementada. É a configuração que o processo de negócio deve assumir, em outras palavras, como ele deve se comportar depois da melhoria implantada.

A elaboração desses modelos de simulação está inserida na etapa de melhoria do processo. O modelo *to-be* será o novo modelo implementado no sistema e um novo ciclo BPM terá início.

3.2 Ferramentas para modelagem e simulação

Com o crescimento da adoção da metodologia BPM, várias empresas viram uma oportunidade de lançar ferramentas para facilitar a aplicação da metodologia. Atualmente, existem no mercado, várias BPMS buscando a liderança.

Dentre as empresas que lançaram BPMS e tiveram uma boa aceitação no mercado podemos citar: IBM, Oracle, Tibco e Lombardi. Essas BPMS possuem características similares e algumas possuem diferenciais como integração com SOA ou simuladores mais eficientes.

Para esse trabalho, será utilizada a ferramenta Oracle BPM Suite 11g. Essa ferramenta é a última versão da empresa Oracle para esse fim. As primeiras versões foram baseadas no produto da antiga empresa Aqualogic, adquirida pela Oracle.

Essa versão possui as necessidades mais citadas que faltavam nas versões anteriores, como exemplo fluxo de aprovação.

A escolha da ferramenta teve como base a presença da empresa no mercado. Apesar de existirem ferramentas específicas para realizar simulações, e essas tenderem a uma melhor aplicação na elaboração de simulações, foi escolhido essa ferramenta por ser uma suíte BPM completa, de modo a ser utilizada por responsáveis pela melhoria do processo em empresas.

3.3 Trabalhos Relacionados

A simulação de processos de negócio já foi objeto de estudo de muitos trabalhos com a finalidade de comparar ferramentas, analisar a aplicabilidade da metodologia BPM e descobrir falhas no processo.

Em (PINHO *et al*, 2009), é feito simulações com 2 casos, um hipotético e um real de uma indústria de polipropileno. No caso conceitual, foi sugerido um modelo de processo para uma linha de produção de roupas. A idéia básica é descobrir o número de peças produzidas no final de uma jornada de dez horas e a quantidade de peças rejeitadas baseada em uma probabilidade de rejeição hipotética. Basicamente esse teste foi feito para validar se as saídas estavam condizentes com as entradas de dados. No caso da indústria de polipropileno, o problema consiste em três mini-fábricas que produzem a substancia. O desafio era identificar o gargalo na produção do material. Foram usadas métricas para o tempo na fila, o número de instâncias no processo e a taxa de utilização dos recursos.

Depois de feita a simulação em duas ferramentas diferentes, o gargalo do processo foi encontrado com êxito.

Em (AGUILAR *et al*, 1999), é descrito o caso do uso de simulação de processo em um ambiente real. O *Banque Generale Du Luxembourg* foi um dos pioneiros na centralização da gestão no processo de negócio. Após mapear seus processos em uma perspectiva de alto nível, focou seus esforços em melhorar seus processos.

O primeiro processo, que já apresentava problemas há algum tempo, e foi estudado e eleito para realizar simulações foi o de fornecimento de créditos. A principal preocupação nesse processo foi melhorar seu tempo de execução. O tempo entre o contato com o cliente e o resultado do crédito era demasiado longo e impactava na qualidade do fornecimento de crédito. Após várias simulações geraram resultados específicos e esses resultados auxiliaram na tomada de decisão dos gerentes de crédito para melhorar o processo.

O segundo processo a ser alvo da simulação de processos com o intuito de melhorá-lo foi o de contratação de novos empregados. O objetivo fixado para essa simulação era de fornecer métricas para avaliação do processo implantado e reduzir o tempo de seleção de um novo empregado sem perder a qualidade do mesmo. Após simulações, foi notado que a maioria do tempo empregado na seleção de um novo candidato era gasto com espaços de tempo entre comunicações externas e internas à empresa. As simulações feitas para esse objetivo geraram uma série de medidas, que foram aprovadas pelos gerentes de Recursos Humanos, para agilizar o processo de seleção e reduzir a perda de tempo.

Em (DORES, 2001) um modelo para simulação de processos de desenvolvimento de software é proposto utilizando agentes inteligentes. Em seguida é feito um exemplo de execução de uma simulação. Embora não executado em um ambiente real com problemas reais, esse trabalho agrega valor ao demonstrar uma outra abordagem, por vezes necessária para processos mais complexos.

Uma aplicação de simulação mais ampla e que engloba um problema conhecido pela maioria das pessoas é abordado em (LEAL, 2003). Nesse trabalho é feito um estudo sobre o atendimento em uma agência bancária brasileira. Em seguida são coletados dados reais sobre o atendimento e utilizado dos mesmos e de um software próprio para simulações para a realização de simulação do processo, e por fim, realizado sugestões para redução do tempo de espera baseado nos resultados observados e da análise realizada.

4. Estudo de Caso

A empresa tomada como base para o estudo de caso é uma gráfica de pequeno porte do ramo de cartonagem chamada GEMAR Limitada. A empresa atua na área há 26 anos e seu processo de negócio já se encontra bem definido e maduro.

A escolha dessa empresa foi feita com o intuito de demonstrar a aplicabilidade da simulação de processo de negócio em empresas de ramos variados e que não possuem uma ferramenta BPMS implantada em sua linha de produção. Outro motivo que influenciou a escolha da empresa foi a maturidade da mesma. Em seus anos de produção houveram várias mudanças, tanto mercadológicas quanto internas. A empresa passou por fatores como crises econômicas, o advento da internet e a popularização dos computadores. Esses fatores foram responsáveis pelo fim de muitas empresas do mesmo ramo. A facilidade de compra e venda pela internet, o chamado marketing digital, e a mudança do pensamento global acerca de anúncios e compras modificaram o ramo gráfico profundamente. Empresas que antes investiam em embalagens bem elaboradas e panfletos atrativos, hoje preferem garantir o volume de vendas com anúncios em blogs e vendas online.

Esse trabalho tem o intuito de modelar o processo em execução na empresa, recolher dados relevantes, estabelecer métricas e elaborar um modelo de simulação *as-is*. Esse modelo será validado com a utilização de histórico de projetos coletados e com a aprovação do gerente da empresa. Com essa validação, pretende-se garantir uma maior aproximação da realidade para tempo de atividades.

Por razões de competitividade do mercado e sigilo, os dados de custo, apesar de manter uma proporcionalidade acerca das atividades e recursos, serão fictícios, a fim de realizar a simulação, verificar economia perante atividades mais custosas, mas não revelar dados de custo de produção da empresa em questão.

O modelo de processo de negócio já se encontrava desenhado e documentado, porém, não era utilizado o padrão BPMN. Por esse motivo, um desenho do processo, utilizando a ferramenta escolhida para esse fim, foi feito, a fim de garantir o fácil entendimento do processo por parte dos conhecedores da metodologia BPM.

4.1 Metodologia

Na literatura podemos encontrar diversas formas de realizar o processo de simulação. Neste trabalho será adotada a metodologia citada em (PINHO *et al*, 2009). Essa

metodologia foi desenvolvida com base em estudos e revisões da literatura existente e agrega uma série de etapas com o intuito de realizar ciclos de simulação.

A figura 7 demonstra o ciclo de simulação e as atividades envolvidas como consta em (PINHO *et al*, 2009).

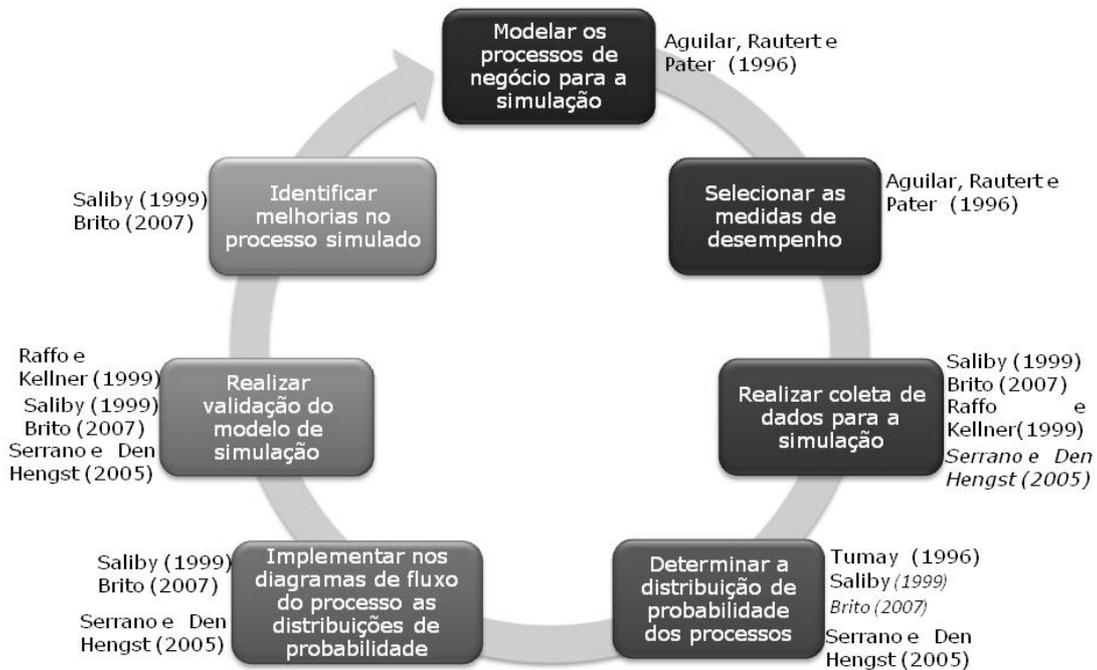


Figura 7: Metodologia de simulação (PINHO *et al*, 2009)

A figura 7 mostra que a simulação de processos é realizada de forma cíclica, de modo a sempre buscar a melhoria contínua. As etapas apresentadas na figura 6 são como se segue:

- Modelar os processos de negócio: essa etapa consiste na elaboração de todos os processos que serão simulados. É necessária a criação de um modelo específico que atenda a ferramenta utilizada e defina atividades, recursos disponíveis e rotas necessárias para o processo;
- Escolher medidas de desempenho: essa etapa tem como meta escolher as medidas de desempenho que serão mais relevantes ao processo. Em outras palavras, escolher o que se deve medir na simulação de modo a obter premissas para uma remodelagem do processo;
- Realizar a coleta de dados: nessa etapa é feito a coleta de dados relevantes para a simulação. Serão coletados dados relativos aos tempos de duração das atividades, custo de recursos, tempo de execução do processo entre outros valores que sejam úteis na realização da simulação.

- Determinar a distribuição de probabilidade no processo: nessa etapa é calculada a distribuição de probabilidade de cada atividade. Com base nos dados coletados na atividade anterior, é feito cálculos a fim de obter a melhor configuração de probabilidade do tempo de execução de uma atividade;
- Implementar nos diagramas de fluxo do processo as distribuições de probabilidade: nessa etapa, as distribuições de probabilidade da etapa anterior são inseridas no processo, dentro do contexto da ferramenta de simulação utilizada;
- Realizar validação do modelo: nessa etapa, é feita a validação do modelo gerado. É comparado o resultado obtido com a realidade observada e validado se os dados utilizados para obter a simulação estão coesos com as medições feitas na empresa e obtidas em históricos.
- Identificar melhorias no processo simulado: nessa etapa os dados obtidos com a simulação são analisados a fim de obter uma melhoria em relação a um objetivo definido previamente. Para tanto, simulações *what-if* podem ser realizadas com o intuito de prever resultados de modificações no processo de negócio.

A descrição da realização de cada etapa no estudo de caso está nos tópicos subsequentes.

4.1.1 Modelagem do processo

A modelagem do processo foi realizada na própria ferramenta utilizada para simulação, pois a mesma segue o padrão BPMN.

Para a realização da modelagem, primeiramente foi estudado o modelo já definido em documentação obtida na empresa. Foi necessário uma pesquisa para entendimento de alguns termos próprios da área gráfica.

Depois de construído o modelo do processo de negócio na ferramenta, foi feita uma comparação do modelo com o dia-a-dia da empresa, objetivando a descoberta de algumas divergências ou falhas de entendimento. Nessa etapa alguns ajustes no desenho do processo foram feitos para melhor adequação a realidade observada no cotidiano da empresa.

Após a obtenção de um modelo final para o processo de negócio, foi feita uma validação, junto ao gerente e aos responsáveis pelos setores, a fim de garantir uma correta interpretação das atividades e das ligações entre as mesmas.

Para realização da modelagem do processo, foi feito o levantamento dos setores da empresa, esses são como segue:

- Administração: a empresa agrupa as atividades de pré-produção sob responsabilidade de um único setor. Esse setor realiza atividades como elaboração de orçamento e verificação de estoque;
- Guilhotina: setor responsável pelo corte dos cartões, elemento base para o processo de produção;
- Gravação de chapa: setor responsável pela atividade de impressão da arte nos cartões;
- Corte: setor que tem como responsabilidade, o corte e o vinco da embalagem produzida;
- Acabamento: setor responsável por montar, dar acabamento e colar a embalagem.

A empresa possui ainda outros setores, no entanto, o escopo desse trabalho é a preparação e execução da linha de montagem, limitando-se aos mesmos.

O processo de negócio da empresa foi dividido em dois. O primeiro consiste na parte administrativa da empresa. Nele são realizadas as atividades correspondentes à negociação com cliente, elaboração da arte, verificação de estoque e itens relacionados. Esse primeiro processo tem como meta o relacionamento com o cliente e preparação para a execução da linha de produção.

O primeiro processo, chamado administrativo, possui uma única *role*, chamada administração. Na figura 8 temos o início do processo e a descrição das atividades:

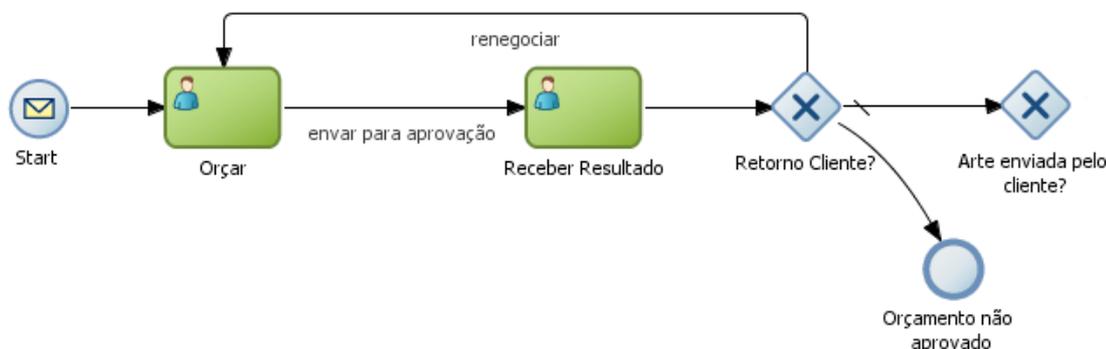


Figura 8: Início do processo administrativo

O processo inicia após um contato por parte do cliente ou de um vendedor da empresa e do interesse do cliente em realizar um projeto específico. O processo se inicia e um funcionário do setor administrativo elabora o orçamento do projeto. Após a elaboração do orçamento, o mesmo é enviado para aprovação do cliente e é aguardado o retorno. Quando o cliente retorna com a informação sobre a aceitação do orçamento, um dos funcionários do setor administrativo recebe o resultado da análise do cliente sobre o orçamento. Caso o cliente solicite uma renegociação o orçamento é feito mais uma vez. Se o cliente reprovar o orçamento ou a renegociação, o processo é finalizado. Caso o cliente aceite o orçamento, o processo segue para a continuação do processo, detalhada na figura 9.

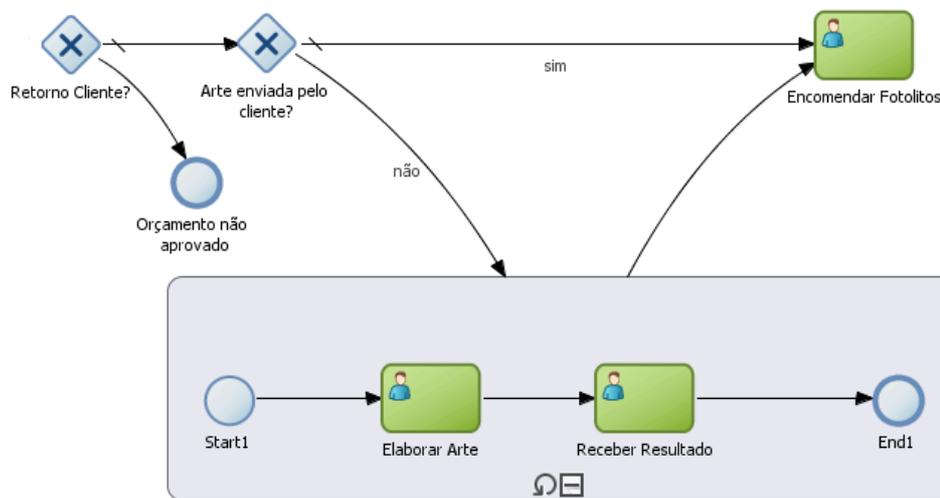


Figura 9: Elaboração da arte

Após aprovação do orçamento, há o *gateway* que estabelece duas rotas de acordo com o envio, ou não, da arte pelo cliente. Caso o cliente tenha enviado a arte, um funcionário do setor administrativo encomenda os fítolitos (filme transparente utilizado para gravar em meios sensíveis a luz) necessários para uma empresa terceirizada.

Se o cliente não enviou a arte pronta, é iniciado um subprocesso responsável pela elaboração da arte. A arte é validada junto ao cliente e é feito ajustes quando necessário e feita uma nova validação. Foi levantado que, pelo cliente participar da elaboração da arte o processo nunca é encerrado pela não aceitação da arte pelo cliente. Por isso foi estabelecido um máximo de quinze ciclos dentro desse processo. Com a checagem do histórico da empresa, percebeu-se que a arte é aceita na primeira ou segunda iteração. Após o término do subprocesso de elaborar a arte os fítolitos são encomendados. Um

levantamento dos projetos anteriores sugere que a maioria dos projetos já vem com a arte pronta.

Na figura 10 é exibida a continuação do processo.

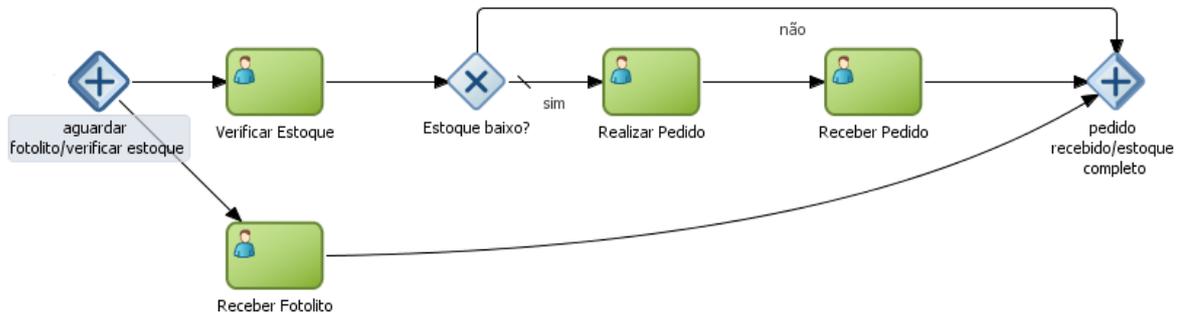


Figura 10: Verificação do estoque

Após a encomenda dos fotolitos, o processo se subdivide em duas rotas. Enquanto é aguardada a entrega do fotolito é feito uma verificação no estoque para validar a quantidade de matéria prima necessária para a elaboração do projeto.

Caso haja matéria-prima, o processo aguarda o recebimento do fotolito para seguir para o processo da linha de produção.

Caso o estoque esteja baixo e seja necessário comprar mais matéria prima. Um funcionário do setor administrativo faz o pedido da quantidade necessária para a elaboração do projeto. Após a entrega da matéria prima encomendada e do fotolito, o processo segue para a produção conforme mostra a figura 11.



Figura 11: Envio para produção

O segundo processo é a linha de produção propriamente dita, nessa parte a matéria prima é transformada em produto final para o cliente. Para tal é utilizado maquinários pesados e trabalho manual. Nesse processo se observa uma linearidade das atividades. Em outras palavras, as atividades são sequenciais e dependentes da sua precedente. Essa configuração foi obtida após longo período de experiência no negócio e essa proximidade da solução ótima tende a dificultar a remodelagem. No entanto, recursos podem ser adicionados e removidos com a intenção de reduzir possíveis gargalos. A figura 12 mostra uma ilustração das atividades iniciais do processo da linha de produção.

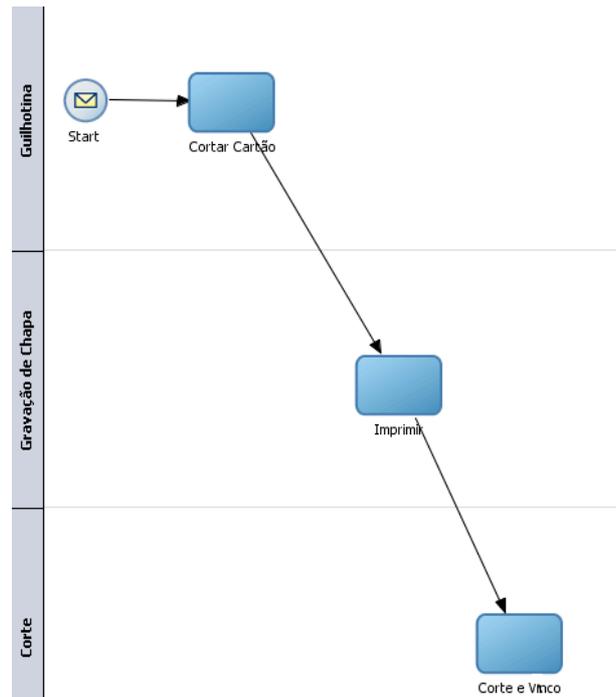


Figura 12: Início do processo de produção

O processo da linha de produção tem início quando a matéria-prima e o fotolito já estão no estoque. A primeira atividade do processo é o corte do cartão. Nessa atividade é pegado a matéria prima, inserido em uma máquina própria para o corte desse material. A máquina realiza corte em 300 cartões por vez. Como essa não é uma situação prevista pela ferramenta, foram utilizados cálculos que serão mais detalhados no tópico de coleta de dados. Após o corte os cartões são levados para a impressão.

Na atividade de impressão, um funcionário insere os cartões em uma máquina que imprime a arte no cartão. Depois o material é retirado e transferido para outra atividade.

A atividade de corte e vinco inicia com o funcionário do respectivo setor utilizando uma máquina apropriada para recortar a embalagem no formato do requisito do projeto, também é feito vincos na embalagem seguindo o modelo especificado. Ao término do corte a embalagem é levada à próxima atividade.

Após a atividade de corte e vinco o processo segue como mostrado na figura 13.

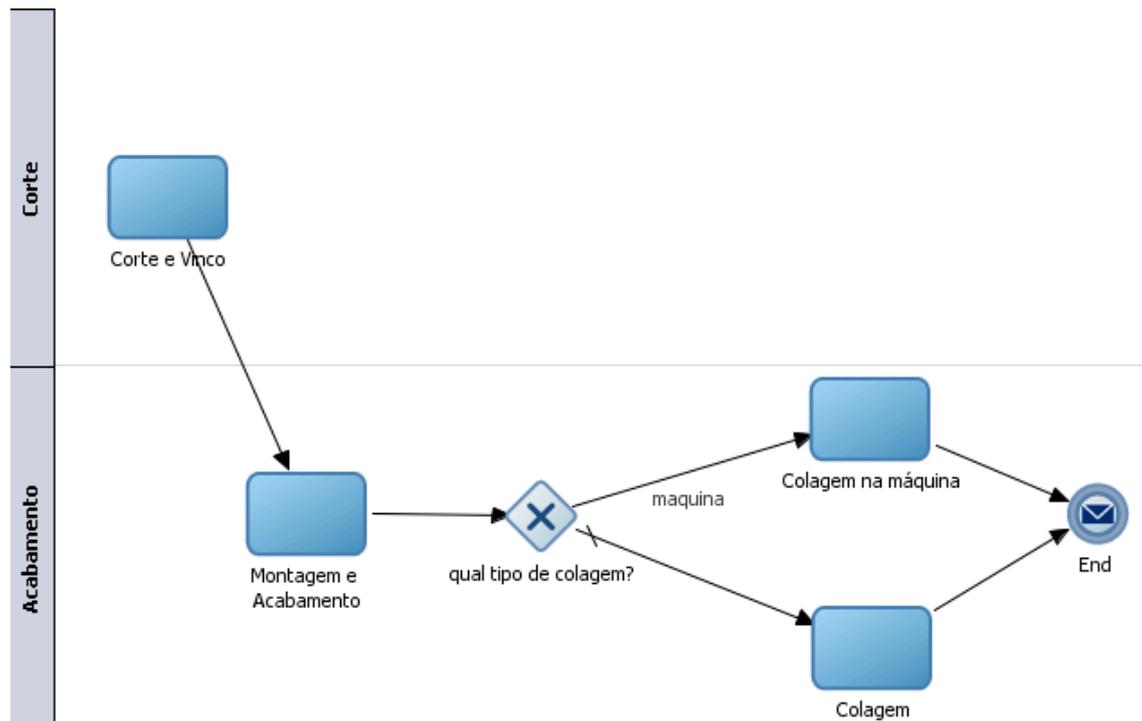


Figura 13: Final do processo de produção

A atividade de montagem e acabamento é feita de forma manual. Nessa atividade os funcionários pegam a embalagem uma a uma e montam de acordo com a especificação. Nessa atividade também é feito o acabamento no produto, retirando exceções de material e inconformidades. Depois de terminado a atividade de montagem e acabamento, a embalagem é levada para o setor de colagem.

No processo, existem duas formas de colagem, manual e com o uso de maquinário. Para embalagens mais complexas ou delicadas a colagem manual é utilizada, já para embalagens mais simples é feito o uso da máquina.

No processo da linha de produção, assumiu-se que o tempo de transição entre uma atividade e outra é parte da primeira atividade. Essa abordagem foi tomada para facilitar a modelagem e a simulação.

4.1.2 Medidas de desempenho

As métricas escolhidas para a empresa possuem objetivos diferentes de acordo com o processo analisado. Para o processo administrativo, a métrica a ser analisada é a quantidade de instâncias enviadas para a linha de produção por unidade de tempo. Já no caso do processo de produção, as métricas a seguir são de interesse para a simulação:

- Tempo médio gasto em uma atividade;

- Maior tempo gasto em uma única atividade;
- Tempo médio de execução do processo (por instância).

4.1.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada na empresa em questão em dois dias de visita à empresa e com auxílio do gerente que realizou medições das atividades do setor administrativo o trabalho. Para apoio à base de dados para a entrada das informações, o gerente ainda forneceu um histórico de alguns projetos recentes com o intuito de auxiliar na escolha das distribuições a serem usadas.

Também serviram de auxílio para a base de dados, algumas observações feitas pelo gerente ao longo dos anos. Métricas como instâncias processadas por hora em máquinas e em trabalhos manuais auxiliaram na validação dos dados coletados.

A coleta de dados se dividiu entre os dois processos, cada qual com sua peculiaridade. O resultado é exibido nas próximas seções.

4.1.3.1 Coleta de dados do processo administrativo

O processo administrativo engloba atividades de difícil medição e de alta variabilidade. Além disso, algumas atividades não dependem exclusivamente da empresa.

Para esse processo, a coleta de dados tendeu mais para a análise da base histórica da empresa do que para o lado de medição de dados propriamente dita. Isso deve-se ao fato de que atividades peculiares, como o aguardo do retorno do cliente sobre um determinado orçamento ou arte elaborada e o aguardo da entrega de estoque e fotolitos por parte de empresas terceirizadas tornaram-se pontos de dificuldade para medição.

A coleta de dados por parte do gerente da empresa em relação ao setor administrativo deu origem aos dados presentes na tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Tempo médio e desvio padrão das atividades administrativas

	Média	Desvio padrão
Projetos por unidade de tempo	02:45:00	00:16:00
Orçamento	00:45:00	00:11:00
Recalcular Orçamento	00:45:00	00:11:00
Receber Resultado	1 dia	1 dia
Receber Resultado Negociação	1 dia	1 dia
Elaborar Arte	08:10:00	02:30:00
Aguardar Resultado	1 dia	02:00:00
Realizar Ajustes	04:12:00	01:10:00
Encomendar Fitolitos	00:10:00	00:03:00
Verificar Estoque	00:04:00	00:02:00
Realizar Pedido	00:05:00	00:04:00
Receber Pedido	05:00:00	01:00:00
Receber Fitolito	06:00:00	01:00:00

Os segundos foram arredondados na tabela acima por ser um processo de alta variabilidade e não ter os segundos como unidade de tempo base para análise dos resultados.

Ainda sobre a tabela 2, alguns esclarecimentos são necessários. Os tempos de resposta dependentes do cliente, são baseados no comportamento de clientes durante os anos de atuação da empresa. Foi notado um padrão de que os clientes demoram de um a dois dias para responder após receberem o orçamento ou a renegociação proposta. Isso se deve ao fato do representante do cliente nem sempre ter poder de decisão, e necessitar de aprovações antes da resposta. Quando a proposta já está aceita e o cliente só tem a responsabilidade de analisar e aprovar a arte, o tempo de resposta do cliente tende a ser maior, pois o cliente já está engajado no negócio.

Apesar de não dar garantias sobre a melhor tratativa a ser aplicada para o caso, essa demora na resposta do cliente já pode ser notado como um ponto chave para aprimoramento.

4.1.3.2 Coleta de dados do processo da linha de produção

O processo de produção do produto fim da empresa, diferente do processo administrativo, possui métricas bem definidas, atividades com tempos facilmente mensuráveis e pouca variabilidade, se executado com uma mesma configuração.

A coleta de dados desse processo foi feita cronometrando os tempos gastos em cada atividade. Foi considerada como parte da atividade a transição da atividade, para a próxima atividade a ser executada.

Ao medir as atividades, foi notado que o tempo gasto na transição entre as atividades desse processo tendem para o valor de 2 minutos. A transição é feita com um carrinho por um funcionário, e é realizada toda vez que se agrupa 600 cartões/embalagens prontas na saída da atividade.

Para iniciar o processo um funcionário traz uma pilha de 1000 cartões por vez, essa transição entre o estoque e a primeira atividade demora em média cinco minutos.

A preparação das máquinas, apesar de custosa, tendo atividades que podem demorar de 20 minutos a 8 horas dependendo da complexidade da embalagem a ser feita, não entrou no escopo desse trabalho pelo fato de que é feito uma vez para cada máquina a cada projeto. Uma vez que um projeto pode ter mais de mil instâncias (cartões) produzidos, optou-se por considerar a preparação das máquinas uma fase de pré-projeto situada entre o processo administrativo e o de montagem.

Os dados coletados para a primeira atividade, Cortar Cartão, estão na tabela 3 abaixo. Nessa primeira atividade, já se nota a uniformidade dos dados, característica desse processo. A atividade consiste em um funcionário pegar um cartão que aguarda na fila, inserir na máquina, retirá-lo e por na pilha de saída. Como a execução da atividade por cada cartão é muito rápida (poucos segundos) foi feita a medição com base em um pacote contendo 100 cartões.

Tabela 3: Coleta de dados da atividade Cortar cartão para 100 cartões

Tempo de execução	
1º Medição	00:03:18
2º Medição	00:03:25
3º Medição	00:03:46
4º Medição	00:03:58
5º Medição	00:02:56
6º Medição	00:03:28
7º Medição	00:04:02
8º Medição	00:02:55
9º Medição	00:03:41
10º Medição	00:03:31
Média	00:03:30
Desvio padrão	00:00:23

A medição foi realizada mais de dez vezes, porém, notou-se que o tempo de execução variava pouco, por isso o número de dez coletas de dados para essa atividade foi considerado suficiente para estabelecer uma base de dados confiável.

A segunda atividade, Impressão, é bem mais rápida que a primeira. Um funcionário agrupa até quatro mil cartões na máquina e a aciona. Depois disso, ela imprime a quantidade inserida e fica pronta para realizar outro lote de impressão. A coleta de dados feita para essa máquina foi feita em lotes de quatro mil cartões inseridos na mesma. Os dados são como apresentados na tabela 4 abaixo:

Tabela 4: Coleta de dados da atividade Impressão

Tempo de execução Lotes de 4 mil cartões		Tempo de execução Proporcional para 100 cartões	
1º Medição	00:22:32	1º Medição	00:00:34
2º Medição	00:20:12	2º Medição	00:00:30
3º Medição	00:19:57	3º Medição	00:00:30
4º Medição	00:24:59	4º Medição	00:00:37
5º Medição	00:21:34	5º Medição	00:00:32
6º Medição	00:26:20	6º Medição	00:00:40
7º Medição	00:21:12	7º Medição	00:00:32
8º Medição	00:25:13	8º Medição	00:00:38
9º Medição	00:20:39	9º Medição	00:00:31
10º Medição	00:24:18	10º Medição	00:00:36
Média	00:22:42	Média	00:00:34
Desvio padrão	00:02:20	Desvio padrão	00:00:03

Nota-se pelos dados dessa tabela, a velocidade em que a atividade é executada. Para facilitar um comparativo, e por questões de elaboração do modelo de simulação, mas adiante, foi calculado os valores por 100 cartões impressos.

Na seqüência, a atividade Corte e Vinco é realizada. A atividade pode ser realizada de forma semi-automática, na qual um funcionário insere e retira cartões da máquina, que realiza a atividade, ou de forma automatizada, na qual um funcionário insere cartões em uma esteira, que passa os cartões pela máquina, que executa a atividade. Os dados coletados para as duas formas de se executar essa atividade se encontram na tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Tempo de execução da atividade Corte e vinco

Manual		Automática	
Tempo para 100 cartões		Tempo para 100 cartões	
1º Medição	00:08:12	1º Medição	00:04:34
2º Medição	00:08:45	2º Medição	00:04:05
3º Medição	00:08:56	3º Medição	00:03:56
4º Medição	00:08:10	4º Medição	00:03:59
5º Medição	00:09:15	5º Medição	00:04:13
6º Medição	00:08:34	6º Medição	00:03:45
7º Medição	00:07:56	7º Medição	00:03:54
8º Medição	00:08:23	8º Medição	00:04:46
9º Medição	00:07:45	9º Medição	00:04:04
10º Medição	00:08:07	10º Medição	00:04:23
Média	00:08:24	Média	00:04:10
Desvio padrão	00:00:28	Desvio padrão	00:00:19
Média por 700 cartões	00:58:50	Média por 700 cartões	01:02:29

Na tabela 5 foi inserido ainda, valores calculados relativos a execução da atividade em relação a 700 cartões, para a execução manual, e 1500 para a execução automática. Isso foi feito, porque foi obtido nos dados históricos da empresa métricas referenciando a produção/tempo dessa atividade como 700 cartões por hora para execução manual e 1500 por hora para execução automática. Os dados coletados se aproximarem muito dessa métrica, demonstrando a qualidade dos mesmos em relação as observações previamente executadas na empresa.

A atividade subsequente é a de Montagem e Acabamento. Nessa atividade, funcionários retiram um cartão de uma pilha, retiram o material excedente, montam a embalagem, e a inserem numa pilha de saída. A medição dessa atividade por cada cartão torna-se cansativa e já que a execução gira em torno de cinco a seis segundos. Por esse motivo, novamente as medições foram feitas com base em cem cartões. Os dados coletados se encontram na tabela 6.

Tabela 6: Dados da atividade acabamento e montagem

Tempo de execução por 100 cartões	
Funcionário 1	
1º Medição	00:08:24
2º Medição	00:09:45
3º Medição	00:10:45
4º Medição	00:07:57
5º Medição	00:07:45
6º Medição	00:11:13
7º Medição	00:09:14
8º Medição	00:08:56
9º Medição	00:09:35
10º Medição	00:07:59
Funcionário 2	
1º Medição	00:08:57
2º Medição	00:09:45
3º Medição	00:09:23
4º Medição	00:11:12
5º Medição	00:07:57
6º Medição	00:08:55
7º Medição	00:09:13
8º Medição	00:09:34
9º Medição	00:08:56
10º Medição	00:07:59
Média	00:09:10
Desvio padrão	00:01:02
Média por 500 cartões	00:45:51

Para essa atividade, como depende inteiramente do trabalho manual e varia para cada funcionário que a executa, foi feita a medição com base em dois funcionários e utilizado o resultado dos dois para cálculo da média e desvio padrão. Na tabela se encontra uma média calculada para 500 cartões. Essa média foi calculada novamente para comparação com a base histórica da empresa, que afirma que cada funcionário demora de 40 a 50 minutos para montagem e acabamento de 500 cartões. Novamente os dados se mostraram condizentes.

Após o acabamento e montagem, as, agora, embalagens seguem para a atividade de colagem. Essa atividade possui duas maneiras de ser executadas. Para embalagens de maior complexidade, a colagem é feita manualmente e tende a ser muito mais demorada, já para embalagens simples, a atividade é feita por uma máquina de colagem específica, bem

mais rápida em relação à primeira. Para a atividade manual, o funcionário pega uma embalagem de uma pilha de entrada, passa a cola na embalagem, espera um tempo para secagem da cola e deixa em uma pilha de saída. Os dados para a atividade realizada manualmente se encontra na tabela 7 abaixo.

Tabela 7: Colagem manual

Manual	
Tempo de execução por caixa/cartão	
Funcionário 1	
1º Medição	00:01:23
2º Medição	00:01:45
3º Medição	00:01:33
4º Medição	00:01:47
5º Medição	00:01:12
6º Medição	00:01:36
7º Medição	00:01:56
8º Medição	00:01:47
9º Medição	00:01:23
10º Medição	00:01:38
Funcionário 2	
1º Medição	00:01:34
2º Medição	00:01:24
3º Medição	00:01:52
4º Medição	00:01:34
5º Medição	00:01:45
6º Medição	00:01:37
7º Medição	00:01:55
8º Medição	00:01:51
9º Medição	00:01:43
10º Medição	00:01:34
Média	00:01:38
Desvio padrão	00:00:12
Média por 100 cartões	02:44:05
Desvio padrão por 100 cartões	00:19:43

Como a atividade é bem mais lenta em relação às outras, a coleta dos dados foi feita em relação a cada embalagem. Por ser de execução inteiramente manual, a coleta de dados de dois funcionários novamente foi adotada. Para facilitar comparações, foi calculado o valor para um agrupamento de 100 cartões.

A atividade executada por maquinários é realizada da seguinte forma. Um funcionário agrupa uma média de 500 cartões na máquina, que é ligada, e as embalagens já coladas são retiradas no final da atividade. Os dados para realização dessa atividade estão presentes na tabela 8.

Tabela 8: Colagem automática

Automática	
Tempo de execução por 500 caixas	
1ª Medição	00:01:45
2ª Medição	00:01:23
3ª Medição	00:01:21
4ª Medição	00:01:29
5ª Medição	00:01:34
6ª Medição	00:01:43
7ª Medição	00:01:39
8ª Medição	00:01:46
9ª Medição	00:01:48
10ª Medição	00:01:36
Média	00:01:36
Desvio padrão	00:00:10
Média por 100 cartões	02:44:05
Tempo de execução por 20000 caixas	01:04:18
Média proporcional por 100 caixas	00:00:19
Desvio padrão por 100 caixas	00:00:02

Nessa tabela, foi calculada uma média para 100 embalagens, para facilitar a comparação com as outras atividades.

Após a execução da atividade de colagem, um funcionário retira as embalagens prontas e leva para uma sala onde os produtos são armazenados até serem mandadas para o cliente. Como esse tempo de transição entre a atividade e a sala de armazenamento e a entrega possuem impacto mínimo para o negócio da empresa os mesmos não foram considerados nesse trabalho.

4.1.4 Determinar a distribuição de probabilidade

A empresa gráfica Gemar mantém um histórico de seus projetos. Esse histórico foi analisado para extração de alguns dados relevantes ao estudo de caso. Na tabela 9 encontra-se um exemplo de uma tabela gerada em relação a um mês de operação da empresa, com dados levantados para o processo administrativo.

Tabela 9: Informações relevantes dos projetos em um mês

Total de projetos orçados no mês	67
Total de Orçamentos aceitos	22
Total de Orçamentos reprovados	15
Total de orçamentos que foram renegociados	30
Total de Orçamentos aprovados após renegociação	27
Total de Orçamentos reprovados após renegociação	3
Total de projetos com a arte enviada pelo cliente	60
Total de projetos com a arte feita na empresa	7
Total de projetos que precisaram de ajustes na arte	2

Foram utilizadas tabelas com dados históricos de três meses consecutivos para determinar as distribuições de probabilidade para as tomadas de decisão. Essas distribuições se encontram exemplificadas na tabela 10 abaixo.

Tabela 10: Distribuições de probabilidade das rotas do processo 1

	Aprovado	Reprovado	Renegociar
Retorno cliente	33%	21%	46%
Renegociação aceita?	91%	9%	
	Sim	Não	
Arte enviada	89%	11%	
Revisão de arte	26%	64%	

Quanto à distribuição de probabilidade relativa à quantidade de estoque para um projeto, foi levantado que o estoque é mantido em um nível baixo por estratégia da empresa, e a probabilidade de vezes que será necessário repor o estoque tenderá para os 70% de acordo com observações realizadas.

Para o processo de produção, as escolhas são exclusivamente sobre como e quando utilizar processos manuais ou automáticos e o número da maquinários/funcionários utilizados para o projeto. Essas escolhas, em sua maioria, são tomadas baseadas em

quantidades de projetos em produção simultaneamente e em na urgência de cada projeto. Por esse motivo, optou-se por não inserir essas probabilidades no modelo e tratar os casos padrão e específicos como modelos de simulação diferentes. Essa abordagem foi escolhida porque, apesar da empresa possuir uma linha de produção continuamente ativa, sugerindo um modelo de simulação baseado em linha de produção (TUMAY, 1996), cada projeto é executado em máquinas diferentes previamente preparadas para tal. Em outras palavras, um projeto que entra na linha de produção não terá a execução da atividade de Corte e Vinco escolhido para cada instância de acordo com a disponibilidade da máquina, essa decisão já terá sido tomada previamente e será válida para todas as instâncias do projeto.

Tendo em vista que um projeto que entra na linha de produção, já possui máquinas específicas e modelos de execução prontos para o mesmo. Baseado nesse cenário, uma abordagem onde a produção é baseada em projetos é sugerida (TUMAY, 1996).

No entanto, para a distribuição de probabilidades do processo de produção, pode-se fazer uma consideração acerca da atividade de colagem. Visto que a diferença de tempo de execução entre a colagem automática e manual é imensa e que a tomada de decisão sobre realizar a colagem de forma manual ou automatizada é baseada unicamente se a complexidade da embalagem permite a colagem por máquina.

Foi possível determinar, através de observações feitas em dados históricos da empresa, que 95% dos projetos não possuem embalagens muito complexas que necessitem de uma colagem manual. Esse dado será utilizado para elaborar configurações de projetos padrão e peculiares no momento da simulação.

4.1.5 Implementar as distribuições de probabilidade

A ferramenta Oracle BPM 11g Studio permite definir dois tipos de configuração para a elaboração de simulações. São eles:

- *Simulation Model*: o modelo de simulação define configurações como custo, tempo e recursos disponíveis para a execução de um processo.
- *Simulation Definition*: A definição de simulação possui um contexto mais abrangente. Nela se define uma definição de simulação para o projeto inteiro. Escolhendo modelos de simulação para os processos que se deseja utilizar na simulação.

Esses dois conceitos são muito úteis para simular a interação entre os processos simulados da empresa. É também baseado nesses conceitos que podemos modelar vários modelos para cada processo e usá-los de forma sistemática para obtenção do objetivo.

Inserindo as definições da ferramenta no contexto estudado nesse documento. *Simulation Model* correspondem aos vários modelos de simulação adquiridos ao longo da análise do processo. O modelo de simulação *as-is* gerado com informações coletadas corresponde a um *simulation model*, assim como os modelos de simulação *what-if* gerados para estudar as hipóteses de modificação do processo e o modelo *to-be*.

O *simulation definition* é uma junção dos modelos obtidos para alguns ou todos os processos do sistema. No *simulation definition* pode-se definir os modelos de processo que se deseja utilizar para aquela simulação, os recursos utilizados, assim como o custo e a capacidade/eficiência dos recursos utilizados. Essas definições são especialmente úteis para ambientes que o trabalho que dependem de pessoas com grau de conhecimento variado sobre o negócio executado.

Para esse trabalho, será feito um modelo de simulação *as-is* para o processo de produção e outro para o de administração. Como dito anteriormente, o processo de produção possui algumas peculiaridades. Por esse motivo será utilizado um modelo *as-is* que corresponderá à execução padrão (configuração mais utilizada pela empresa) do processo, e serão gerados modelos *what-if* baseados nas opções de configuração do modelo de simulação que também são utilizadas nos projetos da empresa.

A inserção de dados probabilísticos no modelo de simulação usando a ferramenta em questão é intuitivo. A figura 14 demonstra um exemplo de inserção de dados para uma determinada atividade.

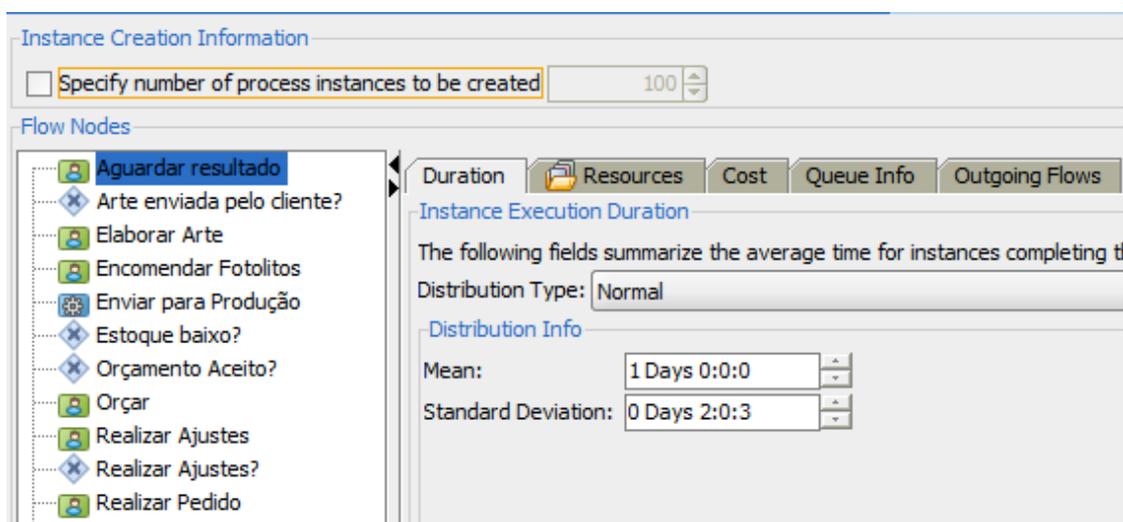


Figura 14: Inserção de probabilidade no modelo

Nessa figura ficam evidentes algumas configurações possíveis na ferramenta. No topo é possível informar o número de instâncias geradas. Ao ser inserido em uma definição de simulação, esse modelo gerará instâncias até o limite de tempo da definição acabar, ou até a quantidade de instâncias limite ser alcançada. Essa configuração será particularmente útil para mensurar a produção de um projeto completo.

Ainda na figura 14, podemos observar as abas relativas a atividade Aguardar Resultado. Na primeira aba, é selecionado o tipo de distribuição e os parâmetros necessários para as mesmas. Na segunda aba são informadas configurações referentes aos recursos (humanos, nessa atividade) utilizados na atividade, pode-se ainda selecionar os recursos de menor custo, maior produtividade, de forma aleatória ou com valores fixos. A terceira aba refere-se ao custo da atividade, que pode ser um custo base, ou o custo base somado ao funcionário que a executa. Na próxima aba é permitido informar o valor máximo de alerta para uma fila formada nessa atividade. Na última aba, é possível informar o valor de probabilidade para cada rota possível a partir da atividade. Nesse trabalho foi utilizado *gateways* para escolha de rotas. A figura 15 demonstra a inserção da distribuição de probabilidades de um *gateway*.

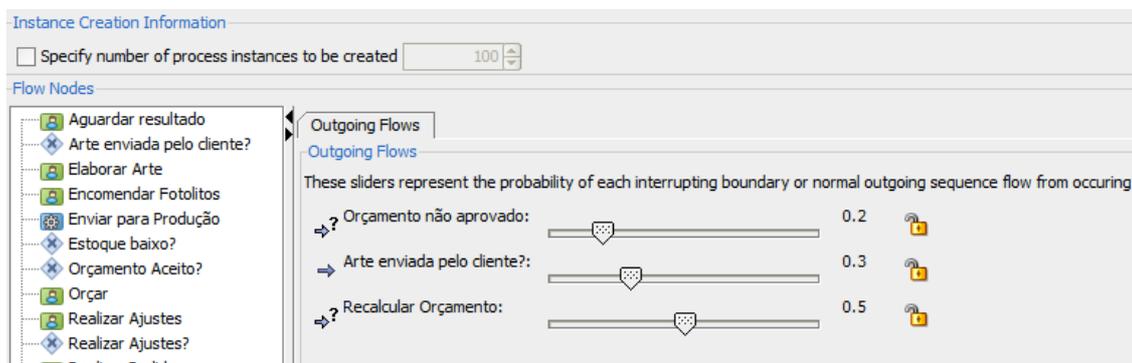


Figura 15: Distribuição de probabilidades de um gateway

Na figura 15 pode-se notar como os parâmetros utilizados para escolha das rotas são inseridos no modelo.

Além dos modos de inserção de probabilidades dentro do modelo já demonstradas, uma em particular é de fundamental importância para a correta execução do modelo. A taxa de entrada de instâncias na simulação é inserida no nó de início do processo e informa de quanto em quanto tempo uma instância adentra o processo. A figura 16 demonstra essa funcionalidade.

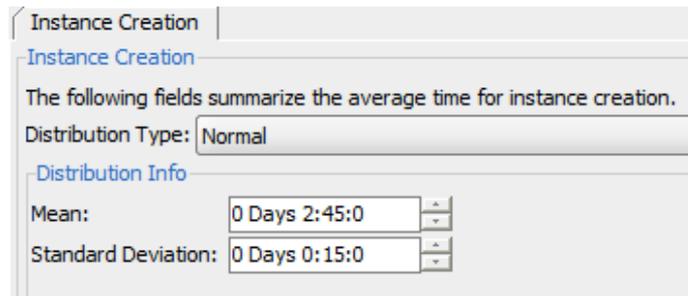


Figura 16: Inserção da taxa de entrada de instâncias no processo

4.1.6 Realizar validação do modelo

Nessa etapa um modelo de simulação *as-is* foi criado para cada processo mapeado na empresa. Em seguida foram executados simulações, e o resultado obtido foi comparado com o histórico dos processos executados na empresa, afim de garantir a veracidade do modelo como representação de parte da realidade.

Foram feitas algumas considerações para elaboração dos modelos dos processos. A primeira a ser ressaltada é a omissão do custo das atividades nessa etapa. Isso deve-se ao fato de que o principal fator determinante para a validação do modelo é o tempo de execução das atividades. Além disso, o custo tende a ser fixo, bem definido e de baixa variância para as atividades dos processos. Outras justificativas para a omissão do custo nessa etapa é que o custo das atividades está ligado ao tempo de execução multiplicado pelo custo por unidade de tempo (ou de instância processada). Esse custo também pode ser relacionado ao custo do recurso que executa a atividade, esse, por sua vez, também possui custo fixo (salário mensal). Portanto podemos concluir que o custo da atividade está intimamente ligado a uma variável fixa e previamente conhecida (tal como o custo de um produto fabricado ou custo de um funcionário por hora trabalhada) multiplicado pela unidade de tempo. Concluindo assim que a validação relativa aos tempos de execução é suficiente para validação total do modelo.

Outra consideração a ser feita é quanto ao processo de produção. Nele podemos observar, pelas medições obtidas na etapa de coleta de dados, que em algumas atividades, o tempo de execução por cartão (ou embalagem) é demasiado pequeno (abaixo de um segundo), tornando a inserção de dados no modelo imprecisa (a unidade mínima é um segundo) e impactando no resultado da simulação. Para contornar esse problema, no processo de montagem foi considerado como unidade básica (instância do processo) um pacote com 100 cartões. Essa premissa auxiliou na elaboração das métricas e facilitou a

medição dos resultados, já que muitos dos dados históricos da empresa já se encontravam detalhados dessa forma.

Ainda para o processo de produção, foram utilizadas 100 instâncias (100 pacotes de 100 cartões) para medição e validação do modelo. Essa decisão foi tomada com base no fato de que os projetos que mais são executados na empresa são para a elaboração de dez mil embalagens. O tempo de executando a simulação foi deixado em um valor alto, de modo que as 100 instâncias encerrassem primeiro e a simulação ser interrompida. Para esse modelo *as-is* foi considerado o uso da máquina de Corte e Vinco automática e a de colagem automática por ser a configuração mais utilizada na elaboração dos projetos da empresa. Também foi considerado o dado observado de que um funcionário traz 20 pacotes a cada 10 minutos para iniciar o processo. Fazendo os cálculos obtemos uma taxa de 1 pacote (instância) entrando no processo a cada 30 segundos.

Para o processo administrativo, foi considerado a elaboração de três orçamentos por dia com variação de um orçamento. Com base nisso foi calculado a distribuição de tempo necessária para que esse evento de criação de instâncias ocorresse de acordo com a realidade observada.

A simulação dos modelos de simulação para os dois processos foram feitas de forma separada, cada um inserido em uma definição de simulação por vez. Essa consideração deve-se ao fato de que os gráficos gerados e os dados obtidos estariam misturados, dificultando a comparação dos mesmos com dados reais. Além disso, como a execução do processo de produção possui maior volume de instâncias em relação ao processo administrativo (para cada orçamento aprovado 100 pacotes serão gerados de acordo com a configuração utilizada) e conta com atividades de menor tempo de execução. Podendo gerar escalas muito pequenas se agrupados os dois processos em um mesmo gráfico.

Em um primeiro momento, foi feita a simulação com base nos dados coletados os resultados da simulação não foram validados e após análise dos resultados algumas falhas nos primeiros modelos foram observadas.

Para o modelo do processo administrativo, foi observado um constante loop entre as atividades de orçar, receber resultado e a decisão sobre qual rota tomar a partir dessa atividade. Isso se deve ao fato de que na execução do modelo em um ambiente real, a renegociação só poderia ser feita uma única vez (o comportamento poderia ser simulado em um ambiente computacional inserido uma variável de controle na implementação de um sistema por exemplo).

O mesmo comportamento foi observado no subprocesso de elaboração da arte, onde a arte era analisada, e poderia ser retornada várias vezes. Essa modelagem, apesar de correta do ponto de vista da notação de modelagem, não corresponde a realidade para o processo. Já que o cliente já tem uma idéia bastante objetiva quando requisita a elaboração da arte, sendo necessário apenas alguns ajustes em certas artes.

Para corrigir esses dois cenários, e afim de mensurar a porcentagem de vezes que uma renegociação foi feita ou a arte foi reajustada na execução de um modelo de simulação, adaptações foram feitas ao modelo. A figura 17 e 18 mostram essa modificação.

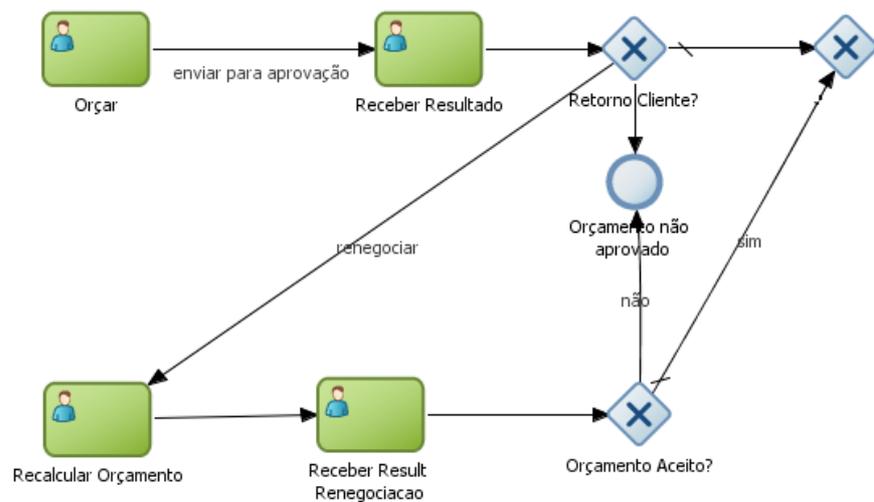


Figura 17: Modificação na rota para renegociação

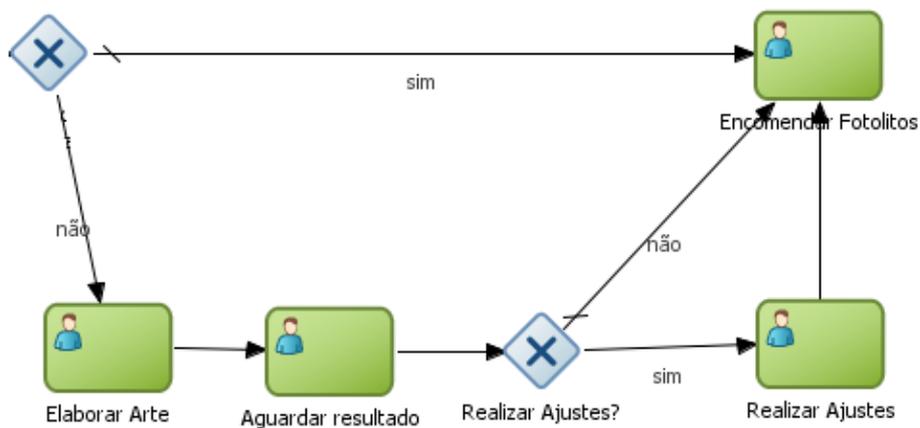


Figura 18: Modificação feita na elaboração da arte

A figura 17 evidencia a atitude tomada para evitar a repetição da renegociação. Com o novo desenho do processo, após a primeira renegociação do orçamento, só é possível a aprovação e a rejeição por parte do cliente.

Na figura 18, foi tomada a decisão de retirar a elaboração da arte do subprocesso que a envolvia e transformá-la na série de atividades que compreendem a elaboração da arte, o aguardo pelo parecer do cliente e a tomada de decisão para uma atividade de realização de ajustes. Dados foram coletados sobre a porcentagem de vezes que uma arte precisa ser revista para elaboração de uma nova simulação.

Mesmo com essas modificações no processo administrativo, foi notada uma discrepância em relação ao tempo de execução das instâncias, se comparado a realidade. Após observações foi constatado o problema. Atividades que aguardam por um resultado externo como a espera do resultado do orçamento ou a espera pelos fotolitos não devem acumular instâncias em filas estáticas (que não estão sendo executadas). Em outras palavras, o tempo de espera pelo resultado de um orçamento enviado para aprovação não deve ser influenciado pelo tempo de retorno do outro. Para solucionar esse problema foi utilizado um número suficientemente grande para a quantidade de recursos disponíveis para essas atividades, tornando as esperas paralelas, e não seqüenciais.

No processo de produção, notou-se que, apesar da assertividade da simulação com relação ao tempo de execução das atividades isoladamente. No tempo de ciclo de processo e no tempo total de execução da simulação de um projeto na configuração adotada, a simulação apresentava resultados consideravelmente inferiores se comparados aos dados obtidos na realidade.

Uma pesquisa foi feita para desvendar o motivo da discrepância entre as medições e um problema foi notado. O modelo de simulação implementado não considerava o tempo de transição entre uma atividade e outra. Esse tempo, somado forneceu uma diferença no resultado final da simulação.

O problema então se tornou inserir no modelo, o tempo gasto para um funcionário recolher seis pacotes (600 cartões) de uma fila de saída e entregá-lo na fila de entrada da próxima atividade. O tempo real para a execução dessa tarefa é de 2 minutos, convertendo para a unidade básica do modelo, 100 cartões, convencionou-se 20 segundos para cada instância (seis pacotes levados em 2 minutos). Ao analisar as opções de estruturas possíveis da ferramenta, duas soluções foram levantadas. A primeira foi a inserção de uma atividade com duração de 20 segundos a cada intervalo entre duas atividades presentes no processo. Essa solução necessitaria realizar modificações repetitivas no desenho do processo. Para evitar essas modificações desnecessárias, foi adotada uma solução mais simples e de igual eficiência. Em cada atividade, foram acrescentados 20 segundos no tempo médio de execução da mesma. Como a transição entre atividades depende desses 20

segundos, a modificação não terá impacto na conclusão de cada atividade, que agora engloba não somente a execução até sua fila de saída, e sim a entrega da instância na fila de entrada da próxima atividade. Portanto ficou convencionado que para cada modelo do processo de produção gerado a adição de 20 segundos no tempo médio de execução será feito a fim de compensar o transporte entre as atividades.

Com essas modificações os processos de produção e administrativo ficaram condizentes com a realidade observada.

Para o processo de produção que possui a quantidade de instâncias fixas, foi considerado o tempo médio de execução do processo em duas situações diferentes. Na primeira situação, foi levado em consideração o tempo médio do processo, iniciando a marcação do tempo quando o pacote sai do estoque. Essa métrica, apesar de correta, tende a mascarar problemas no processo pelo fato de que o tempo gasto para levar um envelope do estoque até a atividade cortar cartão é muito menor do que o tempo que se gasto para cortar o cartão. Utilizando essa forma de medição os resultados obtidos foram os da tabela 11.

Tabela 11: Tempo médio de execução simulação X coletadas

Tempo de execução		
	simulação	coletadas
1ª instância	-	00:21:00
50ª instância	-	04:12:00
100ª instância	-	07:10:00
Média de tempo de execução do processo	03:52:05	03:54:20

Como citado anteriormente, o tempo de execução cresce a cada nova instância que adentra no processo, e a fila da atividade Cortar Cartão permanece lotada durante quase todo o processo de execução.

Outra medição foi feita começando a contar o tempo da instância no momento que a mesma começa a ser executada na atividade Cortar Cartões, essa medida é mais exata porque o tempo de busca de pacotes no estoque é muito menor que o tempo das atividades do processo, podendo dificultar análises posteriores. Para realizar essa simulação, foi aproximada a taxa de criação de instâncias com o tempo médio de execução da primeira atividade, mantendo a fila para a atividade quase sempre vazia e a atividade quase sempre executando. Os resultados são demonstrados na tabela 12.

Tabela 12: Tempo médio de execução simulação X coletadas(2)

Tempo de execução		
	Simulação	Coletadas
1º instância	-	00:20:00
50º instância	-	01:08:00
100º instância	-	02:00:00
Média de tempo de execução do processo	01:10:49	01:09:20

É importante frisar que as duas representações são equivalentes, prova disso é que a duração média para a execução de todo o processo é por volta de 8 horas e 20 minutos. A diferença é a maneira como o problema é tratado.

Para o processo administrativo, temos a tabela 13 de medição de processos que alcançaram a linha de produção e algumas outras métricas auxiliares.

Tabela 13: medições do processo administrativo

	Simulação	Dados históricos
Total de instâncias que chegaram a produção	33	35
Total de orçamentos realizados no mês	63	67
Total de orçamentos aprovados no mês (Direto ou por renegociação)	34	34

A tabela 13 e a tabela 9 podem parecer conflitantes. No entanto, na tabela 9, todos os orçamentos feitos naquele mês são considerados daquele mesmo mês, afim de obter a porcentagem de aprovados, já na tabela 13, orçamentos, renegociações e afins feitas nesse mês, podem ter resultado só no próximo mês, por isso a divergência entre as informações das tabelas.

Quanto aos dados contidos na tabela 13, o valor do total de orçamentos realizados no mês possui uma diferença de quatro unidades em relação ao valor real. No entanto, é importante ressaltar que essas medidas dependem do cliente, do mercado e da época do ano, a simulação busca uma aproximação que permita validar o modelo, não o valor exato.

4.1.7 Identificar melhorias no processo

Essa etapa consiste em analisar os processos e identificar pontos de melhoria nos mesmos. Para tal, a ferramenta utilizada fornece vários gráficos e medições com o intuito de facilitar a análise.

A melhoria do processo tem como meta aumentar a velocidade com que o processo administrativo é realizado, intencionando um maior volume de chegada de instâncias na linha de produção. Na linha de produção, a intenção da melhora do processo é encontrar uma configuração que agilize o processo sem utilizar-se de gastos desnecessários.

Por ter objetivos bem divergentes, a busca por melhorias nos processos será feita de maneira separada.

4.1.7.1 Melhorias no processo administrativo

Como dito anteriormente, o processo administrativo possui algumas atividades dependentes de fatores externos, e isso dificulta a melhoria. Para tentar encontrar pontos de melhorias, Será analisado o comportamento do processo. Para tal, é feita uma análise do processo em execução. A primeira análise é demonstrada na figura 19.

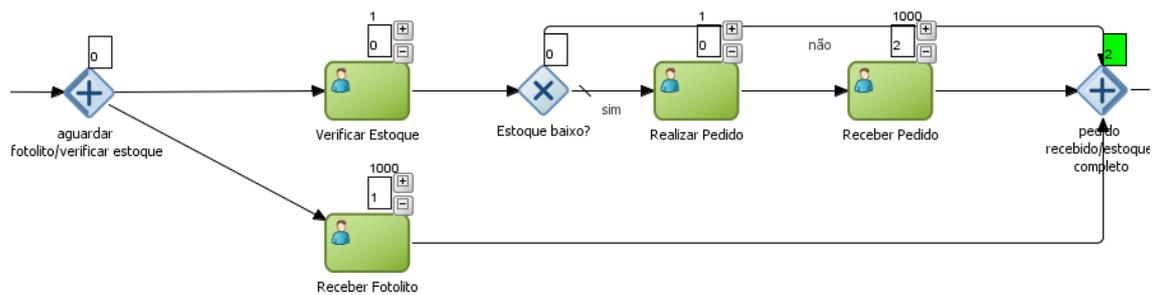


Figura 19: Filas se formando no ponto de junção

Depois de pouco tempo executando a simulação, já nota-se filas se formando na junção dos pedidos de estoque e fotolito. Pelo número de instâncias em cada um dos caminhos observados fica evidente que em momentos da execução os fotolitos já chegaram e estão aguardando a conferência/reposição do estoque. A realização do pedido de fotolitos depende necessariamente da finalização da arte, caso a mesma precise ser elaborada. Já a ciência dos itens necessários para a execução do projeto é de conhecimento desde a solicitação da elaboração do orçamento. No entanto, é preciso que o orçamento esteja aprovado para realização da reposição do estoque, caso precise. Sabendo disso, uma modificação é sugerida no desenho do processo, como exibida na figura 20 abaixo.



Figura 22: Atividades que mais consomem tempo no processo

Foram realizadas análises para buscar uma melhoria em alguma dessas atividades e o resultado obtido foi a execução da renegociação em paralelo ao aguardo da resposta do primeiro orçamento. A heurística assumida é que o cliente que pede renegociação tem um preço base que pretende ser alcançado ou ele desiste da compra dos produtos. Com a realização da renegociação em paralelo, quando o cliente entrar em contato com para solicitar a renegociação, a mesma já estará pronta. Essa modificação, além de reduzir o tempo que seria gasto para elaborar a renegociação por ser feita em paralelo, também espera-se uma melhora em relação ao tempo de espera pelo cliente responder a renegociação, já que o cliente já está em contato e já possuiu um valor base em mente para ter solicitado a renegociação.

A heurística adotada é que o média para o tempo de resposta do cliente após a renegociação caia de 1 dia para 12 horas. Mantendo o desvio padrão de 1 dia. Um modelo de simulação foi criado com base nessa premissa e se for constatada que é verdade o número de instancias que chega à produção aumenta para 40 como mostra a tabela gerada pela ferramenta.

Activities	fotolito recebido/estoque completo
Completed Operations	40

Figura 23: Instâncias que chegam a produção

A heurística, caso seja comprovada, pode obter resultados ainda melhores, mas mesmo sem a utilização dessa última melhoria, o processo obteve uma melhoria de 4 instâncias chegadas a linha de produção. Para a empresa, corresponde a 4 projetos iniciados a mais por mês.

4.1.7.2 Melhorias no processo de produção

O processo de produção é o que mantém a empresa no mercado e o que gera seu produto final. Durante seus 26 anos de atuação esse processo foi sendo aprimorado até

chegar a seu estado atual. Ainda que não seja impossível, o processo possui atividades sequencias e dependentes, de modo que fica difícil obter uma melhoria através da remodelagem. Por esse motivo, o objetivo dessa melhoria é organizar obter recursos de modo a aumentar a saída de instâncias processadas, sem ter gastos com custos desnecessários.

Por gastos desnecessários entendem-se gastos que não vão trazer benefícios a linha de produção, ou que esses benefícios são mínimos.

Um erro comumente cometido é calcular o ganho com produtividade realizando ao se obter um novo recurso apenas reduzindo o tempo de execução de alguma atividade. Porém, diversos fatores tais como fila da atividade que se pretende melhor e capacidade da atividade subsequente influenciam no ganho e muitas vezes não são analisadas com o devido cuidado.

Primeiramente vamos analisar os tempos gastos com cada atividade. Essa informação é de vital importância para a redução da atividade certa, de modo a trazer benefícios relevantes para o processo. A figura 24 mostra um gráfico com o tempo médio das atividades que mais consomem tempo.

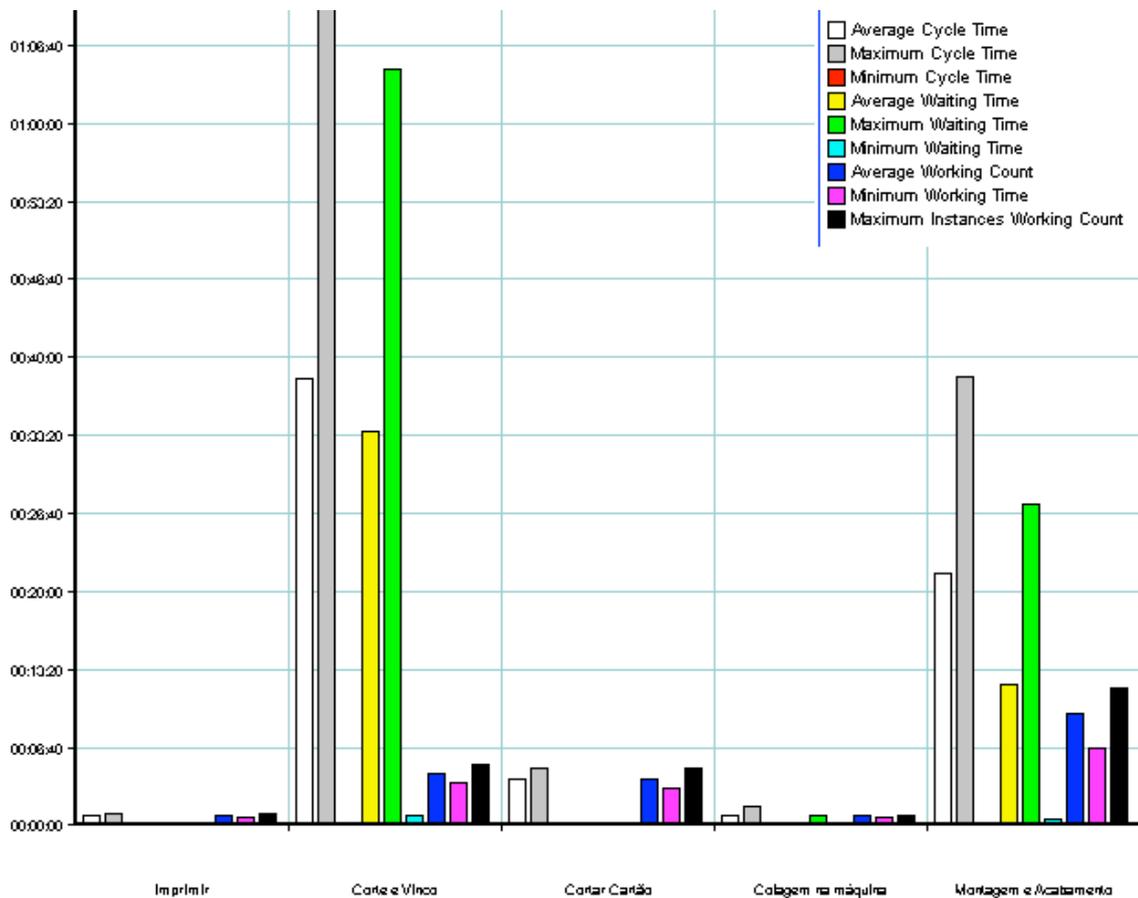


Figura 24: Gráfico de tempo das atividades

A figura apresenta várias informações relevantes para a análise dos gargalos do processo. O tempo máximo de ciclo, métrica que fornece o tempo gasto na atividade, somando tempo de espera e tempo de execução, da atividade corte e vinco ultrapassa uma hora e dez e o tempo máximo de espera é maior que uma hora. O tempo médio de espera e de ciclo para essa atividade é bastante elevado em relação às outras.

A atividade de montagem e acabamento também apresenta valores elevados nas métricas acima citadas. Essa informação sugere um gargalo sendo formado nessas atividades. No entanto, ainda são necessárias mais evidências que comprovem esse fato.

Para obter maiores indícios de que as duas atividades citadas anteriormente são gargalo do processo, é necessário fazer uma análise da simulação em uma perspectiva de unidades, em outras palavras, do comportamento das instâncias dentro do processo em relação às atividades do mesmo. A figura 25 apresenta um gráfico das atividades de interesse.

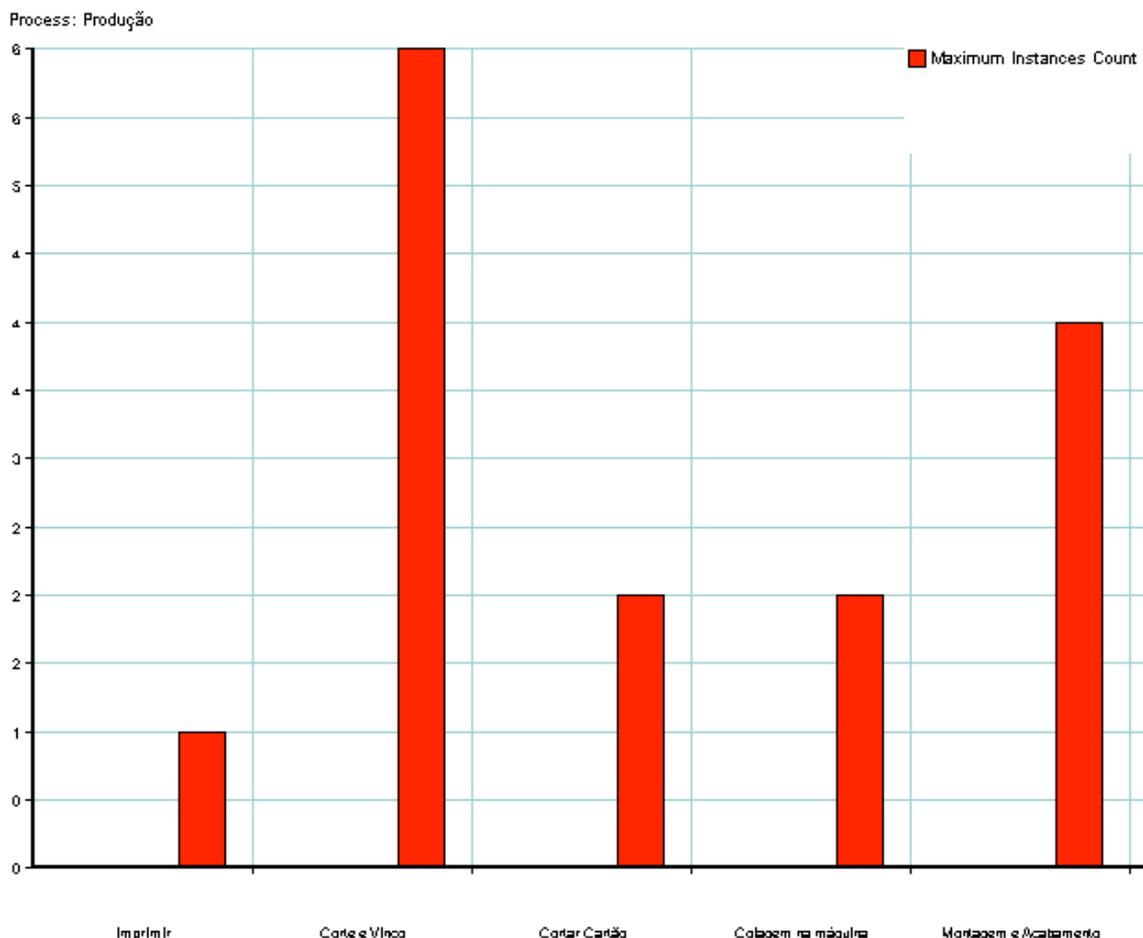


Figura 25: Gráfico do comportamento das instâncias

A figura acima apresenta o comportamento de duas métricas. Pela contagem máxima de instâncias nas atividades, nota-se que a atividade de corte e vinco chegou a ter seis instâncias, como o processo só possui uma máquina ativa para cada projeto, deduz-se que cinco instâncias estão paradas esperando a execução. Pode-se observar também um número elevado na atividade de montagem e acabamento. Essas métricas são suficientes para analisar o impacto de um aumento de recursos para a execução dessas atividades. É importante ressaltar que para esse trabalho, o conceito de recurso engloba a máquina utilizada para realização da atividade quando necessário e os funcionários que a executam.

Buscando a melhoria da execução do processo e baseado nas evidências citadas acima, foi adicionado: um novo recurso (máquina e funcionários que a operam) para a atividade corte e vinco; um novo recurso (funcionário) para a atividade montagem e acabamento. Com essa nova configuração de recursos novas simulações foram realizadas a fim de comprovar a eficácia da ação tomada.

Novamente serão utilizadas as mesmas métricas e gráficos, com o intuito de comparar os resultados antes e depois da adição dos recursos. A figura 26 demonstra as métricas de tempo exibidas na figura 24.

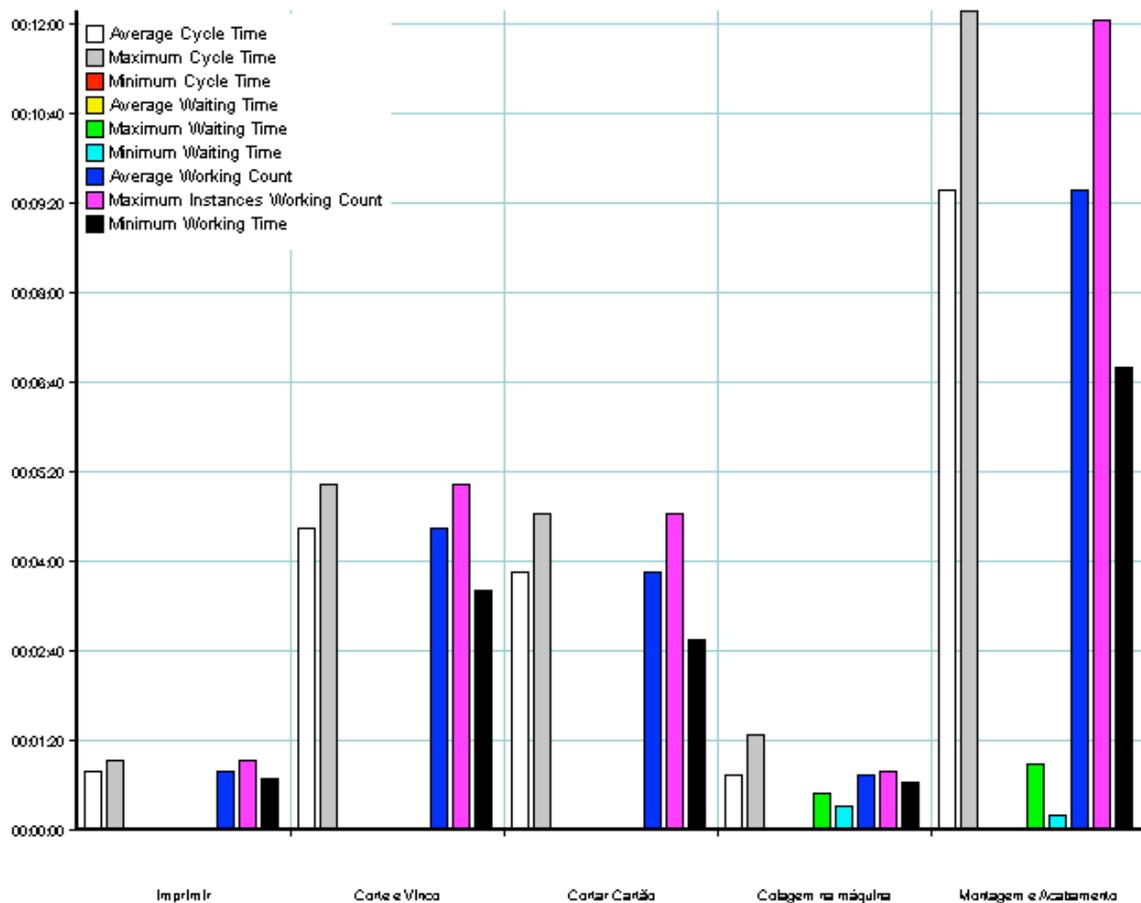


Figura 26: Medições de tempo depois da melhoria

Na figura 26 a simulação demonstra que para a atividade o tempo máximo de ciclo caiu de mais de uma hora para apenas cinco minutos, o tempo médio de ciclo também caiu significativamente, de 38 para 4 minutos e 30 segundos. Além disso, as métricas que informavam a espera para execução do processo não aparecem mais no gráfico, em outras palavras, não há espera para a execução dessa atividade.

Ainda na figura 26 é demonstrado que a atividade de montagem e acabamento sofreu uma grande melhora com a utilização de mais um funcionário. Essa melhora fica visível pela queda do tempo máximo de ciclo de quase 40 minutos para próximo de 12 e pela queda do tempo médio de ciclo de mais de 20 minutos para próximo de 9. É importante atentar que a média de execução unitária dessa atividade é margeia os 9 minutos. Demonstrando uma proximidade com o limite de melhoramento.

Como última análise, será comparada a figura 27 com a 25. A fim de demonstrar uma menor concentração de instâncias nas atividades, ficando evidente a eliminação dos gargalos.

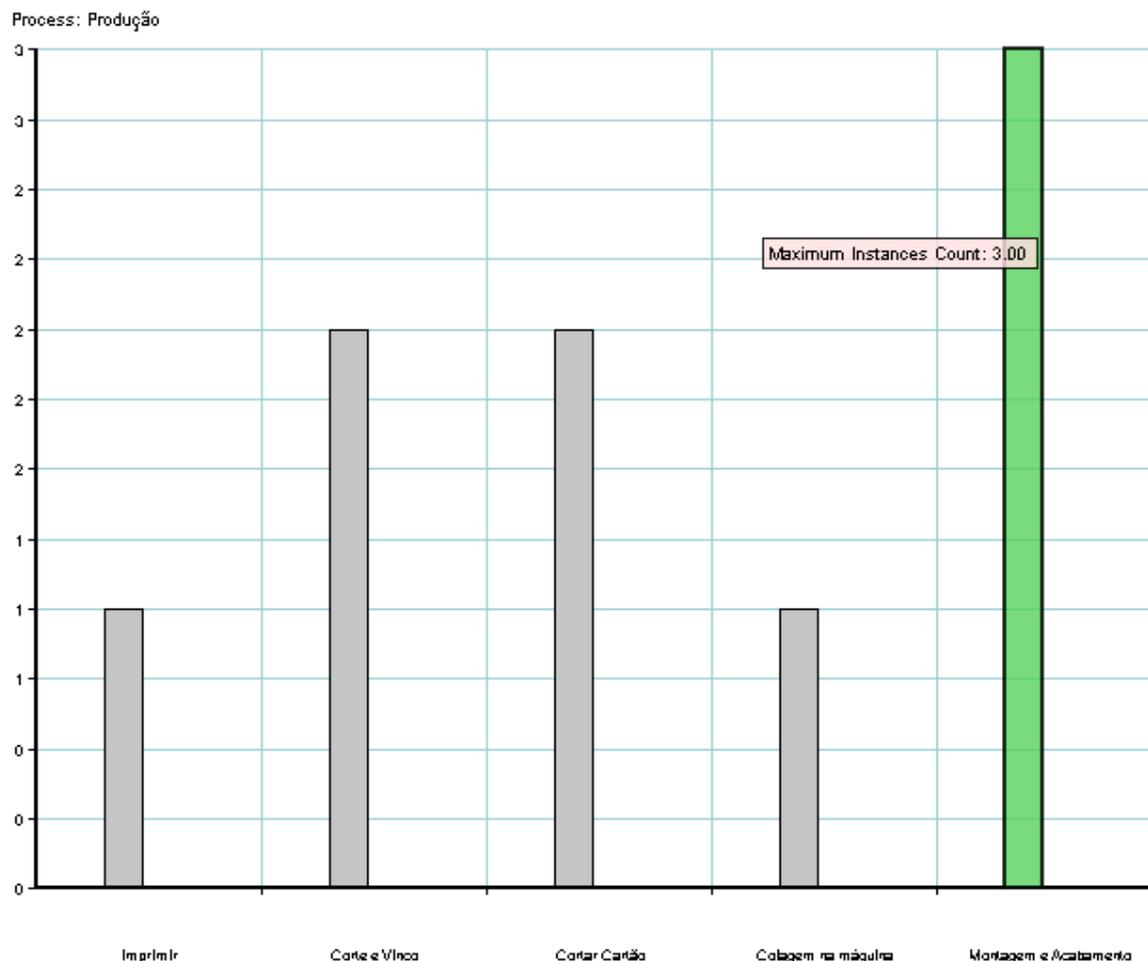


Figura 27: Gráfico do comportamento das instâncias

No gráfico da figura 27 é fácil notar a melhoria em relação à concentração de instâncias em uma mesma atividade. O valor máximo observado em todas as atividades, com exceção da cortar cartões (que foi utilizada como ponto inicial do processo conforme falado anteriormente) é o número de recursos que a atividade possui. Evidenciando que nenhuma fila foi formada durante toda a execução do processo.

5 Conclusão

O trabalho realizado buscou fornecer uma visão geral sobre a metodologia BPM, desde os motivos de sua formação até a forma como é utilizada hoje.

Após explicada a BPM, o capítulo 3 forneceu através de referências e conclusões próprias um maior aprofundamento nas técnicas de simulação de processo de negócio. Buscando informar sobre métricas utilizadas e objetivos a serem alcançados.

O capítulo 4 apresentou uma visão do processo da empresa, detalhando suas atividades afim de garantir um melhor entendimento de cada uma e de suas dependências. Foram feitas coletas de dados relevantes ao escopo da simulação, e médias foram obtidas para serem utilizadas na ferramenta. Em um momento posterior, os dados obtidos foram utilizados para elaborar um modelo *as-is* do processo de negócio. Após alguns ajustes o modelo se provou aderente ao processo real. Podendo ser utilizado como base para a elaboração de um modelo *to-be*.

Análises foram feitas e as propostas de melhoramento do processo de negócio demonstraram-se eficazes perante simulações realizadas e métricas comparadas.

O presente trabalho utilizou-se de uma ferramenta BPM, cujo foco é a implementação de sistemas baseados em BPM e não a simulação de processo de negócio, para realizar um estudo de caso em uma empresa que não utiliza da metodologia BPM. O principal motivo dessas escolhas foi demonstrar a aplicabilidade da simulação com sucesso, mesmo em ferramentas que possuem limitações e em empresas que não são voltadas para a metodologia.

Durante a elaboração das simulações, algumas dificuldades foram encontradas ao tentar simular situações ocorridas na vida real, tais como eventos de transição entre atividades que só seriam disparados com o acúmulo de um determinado número de instâncias, ou necessidade de um número maior de recursos para uma única atividade. No entanto, através de aproximações e cálculos alternativos, foi possível contornar essas dificuldades e executar o processo de simulação com êxito.

5.1 Trabalhos futuros

Para continuação do trabalho, a intenção é criar simulações, através de situações hipotéticas da empresa, tais como: redução de demanda, corte no número de funcionários, elevação do custo das atividades, aumento de projetos, etc. Essas simulações seriam

baseadas em fatos já obtidos, tais como duração de atividades e dependência entre as mesmas. Em um momento posterior, essas simulações seriam analisadas e tomadas como modelos *as-is*, iniciando um novo ciclo de simulação de processo.

Essa abordagem traz como benefício, o fato de empresas obterem, para um variado número de situações, um plano de ação já elaborado e fundamentado em simulações previamente feitas. Agilizando a tomada de decisão caso as hipóteses tornem-se reais.

6 Referências Bibliográficas

- AGUILAR, M; PATER, J. G. Alexander. **Business process simulation: A fundamental step supporting process centered management**, *Winter Simulation Conference*, 1999.
- BALDAM, Roquemar; VALLE, Rogerio; PEREIRA, Humberto; HILST, Sérgio; ABREU, Maurício; SOBRAL, Valmir. **BPM, Gerenciamento de Processos de Negócios**. São Paulo: Editora Érica, 2007.
- CARPINETTI, Luiz ; BUOSI, Thiago; GEROLAMO, Mateus. **Quality management and improvement A framework and a business-process reference model**. Departamento de Engenharia de Produção, USP, *Business Process Management Journal*, vol 9, No4, 2003.
- GONÇALVES, José E. L. **As Empresas São Grandes Coleções De Processos**, Escola de Administração de Empresas de São Paulo – FGV, *Revista de Administração de Empresas*, 2000
- HAMMER, Michael; CHAMPY, James. **Reengineering the corporation A manifesto for business revolution**, HarperCollins, 1993
- HAMMER, Michael; **The Superefficient Company**, *Harvard Business Review*, 2001
- HUNG, R. Y. **Business Process Management as Competitive Advantage: a Review and Empirical Study**. *Total Quality Management*, 2006, v. 17, p. 21-40
- MAGALHAES, A. CAPPELLI, C.; BAIAO, F.; SANTORO, F.M.; IENDRIKE, H. S.; ARAUJO, R. M.; NUNES, V.T. **Uma Estratégia para Gestão Integrada de Processos e Tecnologia da Informação através da Modelagem de Processos de Negócio em Organizações**. *Revista Científico – Faculdade Ruy Barbosa – 2007 – p. 45-53*.
- OWEN, Martin; RAJ, Jog; **BPMN and Business Process Management Introduction to the New Business Process Modeling Standard**, Popkin Software, 2003
- PINHO, Bruno;CAPPELLI, Claudia; LIMA, Leonardo; NASCIMENTO, Licia; SENNA, Pedro; PAIM, Rafael. **Metodologia e Ferramentas para Simulação de Processos**. UFRJ, 2009
- REN, Changrui; WANG, Wey; DONG, Jin; DING, Hongwei; SHAO, Bing; WANG, Quinhua. **Towards A Flexible Business Process Modeling And Simulation Environment**. *Winter Simulation Conference*, Miami, 2008.
- RICARDO, Clayton E. **Reengenharia de Processos: o Desafio da Mudança**, Fundação Escola de Comércio e Centro Universitário Álvares Penteado, *Revista Estudante On line*, FECAP, 2002

- ROSEMANN, Michael; de Bruin, Tonia. **Application of a Holistic Model for Determining BPM Maturity**. *AIM Pre-ICIS Workshop on Process Management and Information Systems*, Washington, p. 46-60, 2004
- SANTOS, Alice G.; CRUZ, Gisélia M. ;SANTANA, Menandro R. **Modelagem De Processos De Negócio Para Instâncias Governamentais**, Programa de Residência em Software com Foco em Governo Eletrônico – UFBA, Monografia de Final de Curso, 2006
- SIQUEIRA, Anderson V. **Modelagem de Processos de Negócios**. Monografia em Ciência da Computação, USP, 2006.
- TESSARI, Rogério. **Gestão De Processos De Negócio: Um Estudo De Caso Da Bpmn Em Uma Empresa Do Setor Moveleiro**, Dissertação de Mestrado, Mestrado em Administração - Universidade de Caxias do Sul, 2008
- TUMAY, Kerim. **Business Process Simulation**. *Winter Simulation Conference*, Coronado, 1996.
- Wil M. P. Van Der Aalst , Arthur H. M. Ter Hofstede , Mathias Weske, **Business process management: a survey**, *International Conference On Business Process Management*, 2003.
- WOHED, Petia; VAN DER AALST, Wil M.P.; DUMAS, Marlon; TER HOFSTEDÉ, Arthur H.M.; RUSSELL, Nick. **On the Suitability of BPMN for Business Process Modelling**. *4th International Conference on Business Process Management*, 2006.
- ZAIRI, M. (1997). **Business process management: a boundaryless approach to modern competitiveness**. University of Bradford, UK *Business Process Management Journal*, p 64-80.