



COPPE/UFRJ

PRIORIZAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO PARA AUTOMAÇÃO
AUTONÔMICA

Luciano Damiani Terres

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientador: Jano Moreira de Souza

Rio de Janeiro

Setembro de 2010.

PRIORIZAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO PARA AUTOMAÇÃO
AUTONÔMICA

Luciano Damiani Terres

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

Examinada por:

Prof. Jano Moreira de Souza, Ph D.

Prof. Geraldo Bonorino Xexéo, D.Sc.

Prof^a. Jonice de Oliveira Sampaio, D.Sc.

Prof. Carlos Alberto Kamienski, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

SETEMBRO DE 2010

Terres, Luciano Damiani

Priorização de Processos de Negócio para Automação
Autônoma / Luciano Damiani Terres – Rio de Janeiro:
UFRJ/COPPE, 2010.

XIII, 83 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jano Moreira de Souza

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de
Engenharia de Sistemas e Computação, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 76-83.

1. Computação Autônoma. 2. Processos de
Negócios. I. Souza, Jano Moreira de. II. Universidade Federal
do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de
Sistemas e Computação. III. Título.

Dedicatória

À minha amada Roselaine e aos
meus filhos Leonardo e Felipe,
os maiores patrocinadores deste trabalho.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Jano pelo crédito confiado para ingressar nesta instituição de excelência. Pela agradabilíssima possibilidade de passar a conviver consigo e com seu grupo de alto nível, me sentir integrante, enfrentar novos desafios e participar da busca incessante de soluções.

Ao meu co-orientador José Rodrigues, um guia excelente, sincero e amigo, que me ajudou a desbravar as dificuldades com mais ritmo e qualidade.

Aos professores Xexéo, Jonice e Kamienski, pela sabedoria compartilhada durante o mestrado e por participarem da banca de avaliação.

Aos colegas da linha de computação autônoma por sua colaboração: Pedro, Wallace, Viviane, Marcelino, Luiz Tomás e Fernando.

Aos meus pais, Antônio e Malvina, mais uma vez os merecedores de todo o crédito por minhas oportunidades de crescimento. Às minhas irmãs Daniela e Fabiana por saber que posso contar com elas.

À Petrobras, pelo incentivo ao aprimoramento. Aos colegas Raul, Cláudia, Francisco, Luciana, Otacílio e Luis Antônio pela camaradagem e suporte de retaguarda.

Finalmente, por todo o apoio dado no decorrer deste trabalho e a compreensão pelas horas ausentes, à minha esposa Roselaine, aos meus filhos Leonardo e Felipe, e à minha sogra Angélica

Muito obrigado!

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.)

PRIORIZAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO PARA AUTOMAÇÃO AUTONÔMICA

Luciano Damiani Terres

Setembro/2010

Orientador: Jano Moreira de Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

A automação autonômica é considerada atualmente como uma nova abordagem para a automação de processos de negócio. Neste trabalho, propomos um método analítico para identificar os processos de negócio mais apropriados para uma automação autonômica. Geralmente, essa decisão é tomada por especialistas em automação ou inspirada nas preferências gerenciais. Por outro lado, os processos preferenciais para uma automação autonômica provavelmente são diferentes dos processos preferenciais para uma automação tradicional. Para suportar nosso método, desenvolvemos a ferramenta FAAP com capacidade de inspecionar modelos de processos e obter métricas específicas. Também realizamos um estudo de caso para validar o método. Finalmente, apresentamos resultados do método proposto, comparado com a opinião de especialistas e com um método de seleção para automação tradicional.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M. Sc.)

PRIORITIZATION OF BUSINESS PROCESS FOR AUTONOMIC AUTOMATION

Luciano Damiani Terres

September/2010

Advisor: Jano Moreira de Souza

Department: System and Computing Engineering

Autonomic automation is viewed as a new approach to business process automation. In this work, we propose a method to identify the best-suited business processes candidates for an autonomic automation. Generally, this decision is made by process automation experts or inspired by management preferences. Moreover, the best business process candidates to an autonomic automation are different from a business process to a traditional automation. To support our method, we developed a tool with ability to inspect the process model and obtain specific metrics. We also conducted a case study to validate our method. Finally, we present the results of the proposed selection method, compared with expert's choices and to existent methods for traditional automation selection.

Sumário

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 – Motivação e Problemática	1
1.2 – Objetivos da Dissertação	1
1.3 – Justificativa	2
1.4 – Metodologia	2
1.5 – Definição do Escopo	3
1.6 – Organização do Trabalho	4
Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 – Computação Autônoma	5
2.1.1 – Características de um Sistema Autônomo	6
2.1.2 – Níveis de Computação Autônoma	15
2.1.3 – Principais Trabalhos em Computação Autônoma	17
2.2 – Gestão de Processos de Negócio	22
2.2.1 – Workflow	27
2.2.2 – Workflow Autônomo	29
2.3 – Seleção para Workflow.....	33
Capítulo 3 – Solução Proposta.....	36
3.1 – Descrição do Problema	36
3.2 – Seleção de Processos para Automação Autônoma	36
3.3 – Confrontando Candidatos e Critérios	44
3.4 – Ferramenta de Apoio à Automação de Processos - FAAP.....	45
3.5 – Metamodelos.....	53
Capítulo 4 – Estudo de Caso.....	58
4.1 – Avaliação Segundo Método dos Fatores Críticos de Sucesso	61

4.2 – Avaliação Segundo Pesquisa com especialistas	63
4.3 – Avaliação Segundo Método de Seleção para Automação Autônoma	68
4.4 – Comparação de Resultados.....	70
Capítulo 5 – Conclusão.....	72
5.1 – Trabalhos Futuros	74
Referências Bibliográficas	76

Índice de Figuras

Figura 1 - Elemento Autônômico	8
Figura 2 - Árvore de Propriedades Autônômicas	9
Figura 3 – Níveis Autônômicos	16
Figura 4 - Ciclo de vida do GPN	24
Figura 5 - Arquitetura da Gestão Autônômica de Processos	25
Figura 6 - Arquitetura do Gerenciador Autônômico de Processos AWE.....	26
Figura 7 – Visão Geral do Processo de Priorização	45
Figura 8 – Ferramenta FAAP de Avaliação de Modelos.....	46
Figura 9 – Processo Priorizar Processos de Negócios	47
Figura 10 – Carga de Pacote de Processos de Negócio	48
Figura 11 - Critérios avaliados no modelo do processo	48
Figura 12 – Tabela de Consolidação dos Resultados para Autônômico	50
Figura 13 – Consolidação de Resultados para Tradicional.....	50
Figura 14- Gráfico de Comparação de Candidatos.....	51
Figura 15 – Questionário para levantamento qualitativo.....	52
Figura 16 – Conceitos usados no modelo de processo EPC	54
Figura 17 - Metamodelo de Classes para Pacote de Processos de Negócio	55
Figura 18 - Metamodelo de Classes para Processo	56
Figura 19 – Modelo de Classe do Pacote de Processos	57
Figura 20 – Apresentação do Levantamento	64
Figura 21 – Apresentação do Contexto	65
Figura 22 – Formulário do Levantamento	66
Figura 23 – Resultado do Levantamento	67

Figura 24 – Expert Choice – Ferramenta de Análise AHP.....	67
Figura 25 – Resultado da análise AHP	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Quadro Comparativo de Metodologias	35
Tabela 2 - Métricas de Processo de Negócio.....	37
Tabela 3 - Métrica versus tipo de intervenção humana em suporte.....	39
Tabela 4 - Categorias de Critérios	43
Tabela 5 – Lista de Indicadores	59
Tabela 6 – Detalhamento dos Processos do Estudo de Caso.....	59
Tabela 7 - Método Fatores Críticos de Sucesso.....	62
Tabela 8 – Resultados do Método FCS	63
Tabela 9 – Resultado do levantamento com os especialistas	68
Tabela 10 – Resultado do Método Workflow Autônomo.....	69
Tabela 11 - Comparação dos Métodos	71

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABPM – Autonomic Business Process Manager

ANS - Acordo de Nível de Serviço

AWE – Autonomic Workflow Engine

BPM - Business Process Management

BSC – Balanced Scorecard

ECA - (*on Event if Condition do Action*)

EPC – Event-driven process chain

CA - Computação Autônômica

CSF – Critical Success Factors

FAAP – Ferramenta de Apoio à Automação de Processos

FCS – Fatores Críticos de Sucesso

GPN – Gestão de Processos de Negócio

IBM – International business machines corporation

SAA – Seleção para Automação Autônômica

SLA – Service level agreement (Acordo de Nível de Serviço)

TCP/IP – Transmission control protocol

TEAM - Tool for Enterprise Autonomic Management

TI – Tecnologia da informação

TIC – Tecnologia da informação e comunicação

WfMC - Workflow Modeling Coalition

XML – Extended markup language

XPDL – XML Process Definition Language

Capítulo 1 – Introdução

1.1 – Motivação e Problemática

Em geral, uma organização que deseja automatizar seus processos de negócio enfrenta um dilema para escolher os candidatos mais adequados e prioritários à automação. O dilema oscila entre utilizar uma abordagem analítica de seleção ou a simples escolha através de uma indicação gerencial dos processos. Acreditamos que o sucesso ou fracasso da automação de um processo de negócio depende fortemente do processo escolhido, pois em alguns casos, de acordo com a metodologia utilizada, a automação pode simplesmente potencializar as ineficiências do processo.

Nos últimos anos, temos visto um crescente número de trabalhos relacionados com automação autônoma de processos de negócio explorando novas características autônomas em diferentes cenários de negócio. Além disso, diferentes sistemas gerenciadores de workflow com características autônomas também são apresentados em grande número. Nesse sentido, a nova abordagem autônoma de automação traz novos desafios para essa escolha, pois apresenta novos requisitos e benefícios.

As características necessárias para um processo de negócio ser considerado adequado à automação autônoma ainda permanecem um vasto campo de estudo. Contribuir para indicar os melhores processos de negócio para uma automação autônoma e como selecioná-los é a motivação principal deste trabalho.

1.2 – Objetivos da Dissertação

O objetivo principal do trabalho é propor uma metodologia analítica de seleção de processos de negócios adequada à automação autônoma de processos de negócio.

Espera-se que o responsável pela automação de processos, em uma configuração autônoma, possa escolher os processos candidatos mais facilmente, de forma criteriosa e racionalmente justificada.

Para auxiliar o atendimento deste objetivo desenvolvemos uma ferramenta para inspecionar modelos de processos, extrair métricas importantes do processo e conduzir a seleção final. A ferramenta interage com programas de modelagem de processos como o *Aris Business Process Modeler*tm (SCHEER, 2000) ou o *TIBCO Business Studio*tm (TIBCO, 2000).

1.3 – Justificativa

Com o passar do tempo, à medida que os objetivos perseguidos pela Gestão de Processos de Negócio - GPN evoluem, novas abordagens são criadas para a automação de processos de negócio. Por consequência, os processos de negócio mais adequados às características dessas novas abordagens podem ser diferentes, isto é, alguns processos podem obter ganhos em eficiência maiores do que outros, devido às características específicas da abordagem de automação. Por essa razão, procuramos um método próprio para apoiar a seleção de processos para a abordagem de Automação Autônoma de Processos de Negócio.

1.4 – Metodologia

No trabalho a seguir, apresentamos um método analítico para selecionar processos de negócio com potencial para obter vantagens em uma automação autônoma. Para simplificar o método de seleção desenvolvemos uma ferramenta que conduz a análise dos processos e apresenta uma lista ordenada dos candidatos potenciais. Primeiramente, tomamos um pacote de modelos de processos de negócio, realizamos uma análise quantitativa, um cálculo de indicadores e, em seguida,

utilizamos um questionário de avaliação para coletar métricas relacionadas com o tempo de execução do processo. Finalmente, apresentamos um caso de estudo, mostrando a classificação dos processos mais apropriados produzidos por nossa abordagem, comparados com outros produzidos por uma seleção com especialistas e com um terceiro grupo produzido por um método de seleção para automação tradicional de processos de negócio.

1.5 – Definição do Escopo

Esta dissertação se propõe inicialmente a apresentar o estado da arte em computação autônoma e dos métodos de seleção de processos de negócio para automação. Em seguida, desenvolver uma nova metodologia de seleção de processos de negócios para automação de processos adequada à abordagem autônoma de automação. Nesse sentido, visando o atendimento dos objetivos, iremos abordar os seguintes assuntos como parte integrante do escopo:

- Avaliação de métricas de processos de negócio que serão escolhidas como critérios do método de seleção de processos;
- Utilização de métodos de decisão multi-critérios;
- Construção de uma Ferramenta de apoio à seleção; e
- Validação de resultados através de Comparação com outros métodos de seleção.

Este trabalho é parte integrante de um projeto maior chamado TEAM – *Tool for Enterprise Autonomic Management* (MONTEIRO JR ET AL., 2008). O objetivo do TEAM é promover a Empresa Autônoma na busca por graus mais elevados de gerência autônoma, por exemplo, a partir da gestão autônoma dos processos de negócios, conforme apresentado em (RODRIGUES NT. ET AL., 2008), e do uso do

Autonomic Balanced Scorecard (RODRIGUES NT ET AL., 2007). O TEAM também é composto pelo Gestor Autônomo de Processos de Negócio (MONTEIRO JR ET AL., 2008), um sistema gerenciador de workflows estendido, composto por multi-agentes e baseado em regras. Sua arquitetura permite uma automação de processos com propriedades autônomicas, reduzindo a necessidade de intervenção humana e melhorando o desempenho da organização.

1.6 – Organização do Trabalho

Esta dissertação está dividida da seguinte forma: primeiramente uma introdução, descrevendo objetivos, escopo e motivação. Em seguida, o Capítulo 2 apresenta o estado da arte dos conceitos, tecnologias e trabalhos relacionados. No Capítulo 3 é explicada a proposta e a arquitetura da solução e são apresentados detalhes do sistema desenvolvido. Posteriormente, no Capítulo 4 é apresentado um estudo de caso para validação e teste da ferramenta de modelagem, e, finalmente, é encerrada com a conclusão e com propostas para trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

2.1 – Computação Autônômica

A idéia de Computação Autônômica – CA foi descrita pela primeira vez em outubro de 2001 através de um manifesto da IBM (HORN, 2001). Em um ambiente contemporâneo de crescente complexidade computacional, o propósito da Computação Autônômica é simplificar a manutenção de sistemas computacionais através de sistemas autogerenciáveis. Paradoxalmente, para tornar os sistemas mais facilmente gerenciáveis pelos administradores, ou seja, para que disponham de funcionalidades de autogerenciamento, é preciso torná-los ainda mais complexos. A contramedida proposta pela CA é embutir a complexidade na infra-estrutura dos sistemas, de forma transparente e automatizada. Este fundamento é análogo ao utilizado pelo sistema nervoso autônomo do corpo humano, que dispensa a vigilância de nossa consciência. A analogia com o corpo humano é a base do conceito e deu origem ao termo “*Computação Autônômica*” (HORN, 2001).

O conceito de computação autônômica introduzido originalmente no manifesto (HORN, 2001) propunha justamente a construção de sistemas autogerenciáveis, capazes de permanecer funcionando sem a necessidade da intervenção humana. De acordo com Horn, o desenvolvimento do poder computacional nas últimas décadas, aliado à disponibilidade de recursos computacionais de baixo custo, alargou de forma exponencial a complexidade envolvida no gerenciamento de sistemas. Assim, as abordagens tradicionais baseadas em serviços e configurações manuais tornaram-se inviáveis, requisitando cada vez mais recursos humanos e incrementando os custos operacionais envolvidos. A capacidade de autogerenciamento (TIANFIELD;

UNLAND, 2004), por exemplo, permite ocultar a complexidade intrínseca ao sistema, tratando, automaticamente, questões de configuração, otimização, proteção e recuperação de falhas.

Um sistema computacional considerado autônomo deve atender a três princípios básicos (HORN, 2001):

1. Flexibilidade – o sistema é capaz de realizar requisições de usuário e processar tarefas em diferentes plataformas e formatos de hardware;
2. Acessibilidade – o sistema é capaz de manter-se funcionando constantemente, protegendo-se de falhas e reservando os recursos necessários para atender requisições;
3. Transparência – a operação do sistema é transparente ao usuário, que não necessita avaliar detalhes sobre a execução das atividades.

Além desses requisitos fundamentais, os sistemas autônicos eficientes devem ainda observar algumas outras questões que iremos detalhar a frente, por exemplo, a auto-adaptação que estabelece que por mais complexo que seja um sistema suas operações internas não devem ser expostas ao usuário, mantendo sua complexidade transparente; e autoconhecimento, que indica que o sistema deve ter conhecimento sobre os seus componentes e suas inter-relações (HORN, 2001) (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003).

2.1.1 – Características de um Sistema Autônomo

Um sistema é considerado como uma coleção de recursos computacionais reunidos para realizar um conjunto de funções (HARIRI ET AL., 2006). Por exemplo, um computador sozinho pode constituir um sistema, bem como um transmissor de sinais contendo diversos elementos integrados em um único componente também pode ser considerado um sistema. Assim, sistemas de baixo nível podem aglutinar-se e formar sistemas maiores: processadores para formarem computadores, computadores

com dispositivos de armazenamento e clientes de acesso em redes remotas e assim por diante. Os princípios de computação autônômica devem considerar todos os tipos de sistemas, isto é, devem coordenar todos os processos existentes, apesar de a maioria dos elementos definidos pela computação autônômica refira-se a sistemas maiores e mais complexos.

Um sistema autônômico pode também ser visto como uma composição de partes menores chamadas elementos autônômicos. O coração do elemento autônômico é o laço de controle estabelecido entre o elemento gerenciado e o gestor autônômico, que continuamente monitoram o comportamento do componente e realizam ajustes no mesmo. O gestor autônômico é composto de sensores, executores e um mecanismo de análise e planejamento, integrado por de cinco componentes, mostrado na figura 1. O gestor é responsável pelo monitoramento, análise de dados e conhecimento sobre o elemento gerenciado e proposição de planos de ação que serão executados posteriormente (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003) (MULLER ET AL., 2006).

Uma hierarquia similar de autogovernança pode ser vista em nosso corpo humano. Células, órgãos e sistemas, cada um deles mantém certo nível de independência, enquanto contribuem para formar os sistemas de mais alto nível. No final temos todo o corpo humano. Permanecemos despreocupados de forma agradável na maior parte do tempo, porque os sistemas cuidam de si mesmos e interagem entre si, e só recorrem a níveis superiores quando realmente necessitam de apoio. Assim também devem ser os sistemas autônômicos. Ou seja, suas partes individuais devem contribuir para criar um sistema de alto nível que funcione sozinho, sem demandar interferência regular.

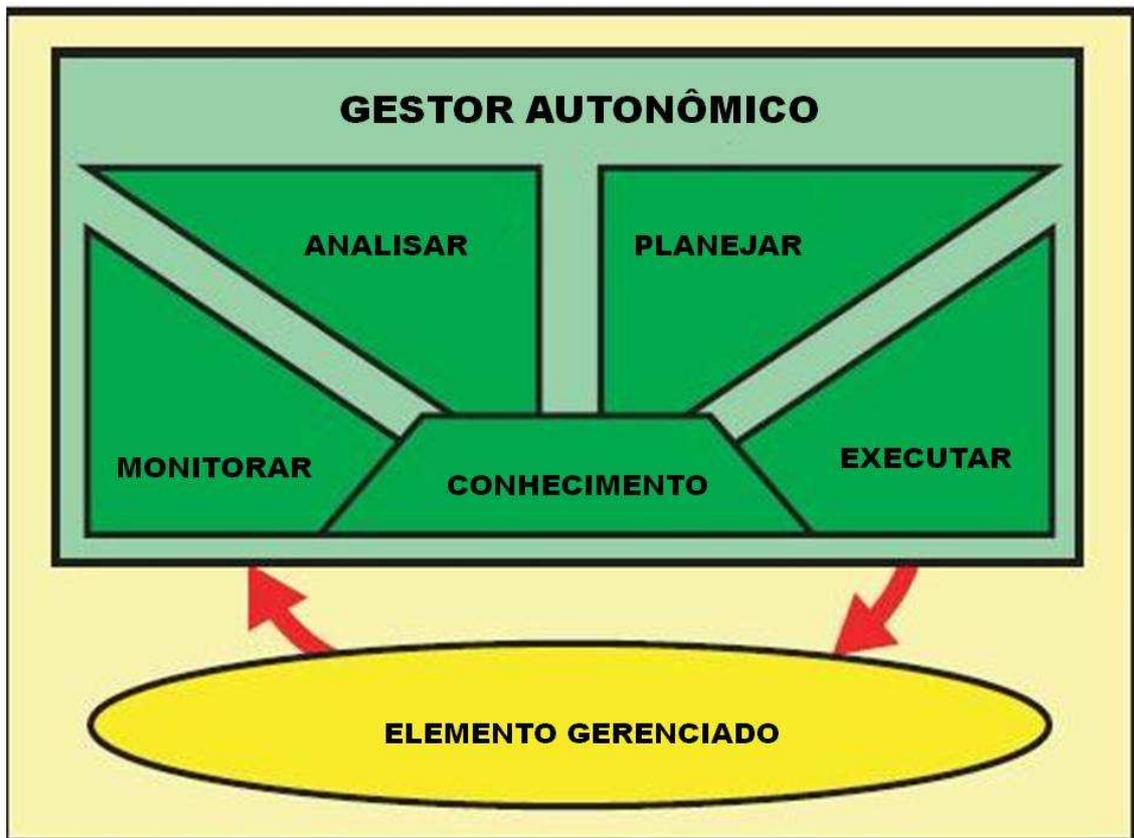


Figura 1 - Elemento Autônomo
 Apresentado em (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003)

Um sistema autônomo de alto nível persegue a visão do autogerenciamento. Para ser considerado como tal deve possuir algumas características próprias. Conforme é mostrado na figura 2 (PARASHAR; HARIRI, 2005), estas características podem ser sintetizadas em quatro objetivos principais e quatro atributos básicos. Além disso, existem duas abordagens consideradas como os meios fundamentais para realizar a visão de sistemas autogerenciados. Essencialmente, os objetivos representam requisitos amplos para sistemas autônomos, enquanto os atributos identificam os mecanismos básicos de implementação. Desde o lançamento da CA em 2001, a lista de atributos vem crescendo substancialmente, entretanto esse conjunto inicial ainda representa a meta geral

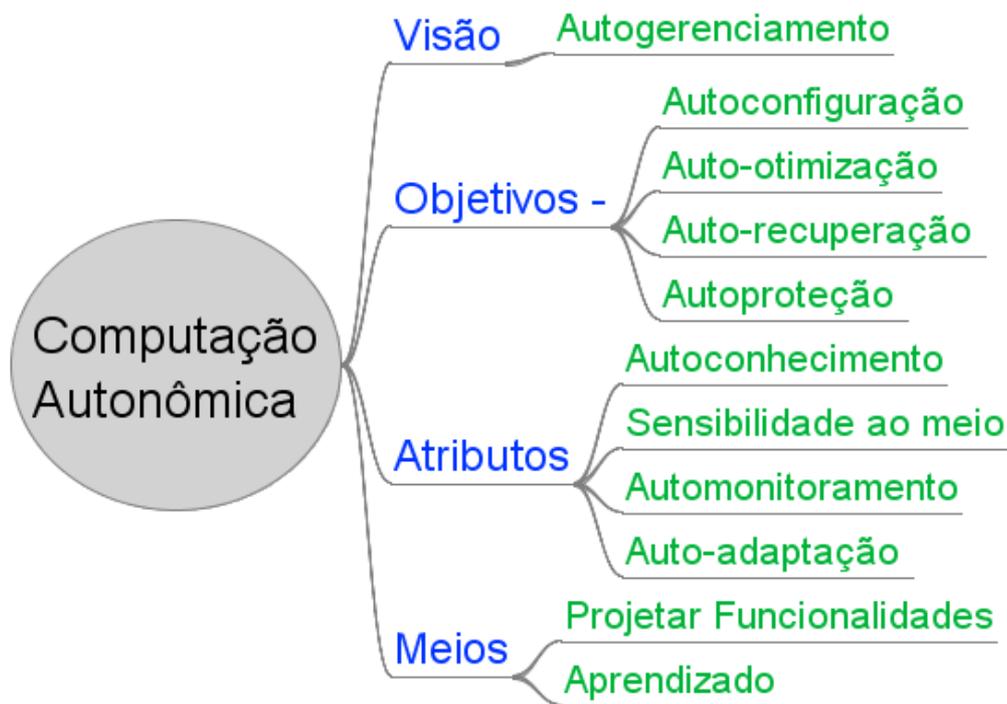


Figura 2 - Árvore de Propriedades Autônomicas
Adaptado de (PARASHAR; HARIRI, 2005)

Entre os objetivos básicos:

A **autoconfiguração** determina que a configuração de um sistema deva ocorrer automaticamente, assim como os ajustes dinâmicos devam ser realizados para que se encontre a melhor configuração para os ambientes em constante mudança. A dificuldade para os administradores realizar tais configurações de forma manual em sistemas dinâmicos complexos pode ser enorme e consumir um grande tempo, visto que alguns sistemas possuem centenas de configurações possíveis (SRINIVASAN; RAGHUNANDAN, 2004). Além disso, existe uma infinidade de fatores e variáveis a serem avaliados e monitorados simultaneamente numa mudança de configuração, pois as alternativas são multiplicadas na medida em que existem diversos dispositivos para acesso e estruturas de servidores espalhadas e interligadas em grandes redes públicas ou privadas. Por esse motivo, os sistemas autônomicos devem ser projetados para prover

esse aspecto como uma característica automática. Dessa forma, será possível adicionar funções dinamicamente à infra-estrutura da corporação com mínima intervenção humana. A autoconfiguração, além de incluir a habilidade para cada sistema individual configurar a si mesmo imediatamente, também deve permitir que outros sistemas dentro da empresa se configurem de acordo com a infra-estrutura de negócios da empresa. Levando tudo isso em consideração, a meta da computação autônômica é prover capacidade de autoconfiguração para toda a infra-estrutura de tecnologia da informação da corporação (GANEK; CORBI, 2003) e não apenas para servidores isolados, sistemas ou unidades de armazenamento.

A auto-otimização estabelece que um sistema autônômico não permaneça em posição estável. Ele deve estar sempre procurando maneiras para aperfeiçoar sua forma de trabalho e seus resultados. Deve ser capaz de monitorar todas as suas partes constituintes e fazer com que suas operações e transações estejam sob contínuo refinamento, buscando alcançar objetivos predeterminados de sistema, otimizando seu desempenho (MCCANN, J. A; HUEBSCHER, M. C, 2004). Balanceamento de carga de trabalho e abastecimento automático de recursos e insumos são exemplos tradicionais relacionados com a otimização de sistemas (KEPHART, JEFFREY O., 2005). O ambiente contemporâneo dos negócios apresenta crescente complexidade operacional e grande competitividade entre as empresas, portanto esse esforço consistente e contínuo para melhoria do desempenho é a maneira pela qual um sistema computacional pode se ajustar às demandas de sua organização. Para tomar as ações apropriadas, a auto-otimização precisa que os sistemas autônômicos sejam providos de mecanismos de controle e realimentação sofisticados. Por exemplo, o sistema precisa conhecer informações como a frequência de adoção de determinadas ações controladas, o tempo de atraso aceitável entre a ação e o seu resultado, e a frequência de ameaças à

estabilidade do sistema como um todo. Para oferecer características de auto-otimização são ainda necessárias inovações na aplicação das teorias computacionais, novas pesquisas, avanços na própria arquitetura de sistemas (KEPHART, JEFFREY O., 2005). Além disso, todos os componentes de um sistema autônomo, não importando sua complexidade, deverão poder ser controlados de uma maneira unificada.

A **auto-recuperação** propicia capacidade aos sistemas para detectar, diagnosticar e reparar seus problemas resultantes de falhas de software ou hardware. Para isso, o sistema precisa ser capaz de, por exemplo, utilizar conhecimento sobre sua configuração e possuir componentes de diagnóstico de problemas baseados em redes bayesianas para analisar informação de arquivos de logs e outras fontes monitoradas (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003). Dessa forma, o sistema poderia aplicar soluções correspondentes aos diagnósticos encontrados, ou mesmo alertar um programador humano se preciso, e testar novamente depois da solução aplicada. A auto-recuperação poderia ainda operar nos modos reativo, garantindo a recuperação após a ocorrência de falhas, ou preditivo, monitorando sinais vitais numa tentativa de prever e evitar problemas sistêmicos (STERRITT, 2005). Inicialmente, de acordo com (HORN, 2001), é provável que as recuperações sejam baseadas em regras geradas por especialistas humanos, mas à medida que mais inteligência é embutida nos sistemas autônomos, esses poderão descobrir novas regras de forma independente, para, por exemplo, utilizar redundância nos sistemas ou adicionar novos recursos para recuperação.

A **autoproteção** estabelece que o sistema deva ter a capacidade de detectar, identificar e proteger a si mesmo contra diferentes tipos de ataques, mantendo a completa integridade do sistema e garantindo sua segurança (HORN, 2001). De acordo com (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003), a autoproteção pode ser realizada em dois sentidos. Primeiro, defender o sistema como um todo contra problemas correlacionados

e de larga escala advindos de ataques mal intencionados ou falhas em cascata que permanecem após as medidas de auto-reparo. Segundo, antecipar problemas com base em relatórios primários de sensores e tomar medidas para evitá-los ou mitigá-los. Antes do advento da Internet, os computadores trabalhavam de forma isolada e era muito fácil protegê-los de ataques, geralmente algum tipo de vírus. Além disso, o tempo de disseminação dos vírus era de muitas horas, ou até mesmo semanas, pois a troca de informações era baseada em disquetes. A conectividade mudou esta realidade, pois os ataques podem agora vir de qualquer lugar do mundo e os vírus hoje se espalham em segundos pelas redes. Mais do que responder a falhas de seus componentes, ou rodar agentes periódicos para detecção de sintomas, os sistemas autônômicos necessitam ficar permanentemente em alerta, antecipar problemas e tomar as ações necessárias. De forma análoga ao sistema imunológico humano, o sistema autônômico deve detectar códigos suspeitos e distribuir a cura para os mesmos para as diversas partes do sistema. Além disso, todo esse processo deve ser realizado de forma transparente ao usuário, pois dado o veloz crescimento do número de sistemas e redes de computadores, existe até mesmo a possibilidade de não haver profissionais suficientes para lidar com todos esses acontecimentos (STOJANOVIC ET AL., 2004).

Os quatro atributos básicos são:

Autoconhecimento - conhecer a si mesmo e compreender os componentes que também possuam identidades no sistema. A existência de um sistema pode ser conferida em diferentes níveis. Um sistema autônômico para controlar a si mesmo precisa conhecer detalhadamente seus componentes, estar consciente do comportamento dos mesmos, da situação presente, bem como das situações passadas, conhecer as habilidades operacionais, capacidades suportadas e todas as conexões com outros sistemas. Essa concepção já não é simples, mas a complexidade pode aumentar

exponencialmente se consideramos um cenário composto por sistemas conectados a milhares de computadores via Internet, interdependentes, com uma rede de usuários capaz de realizar novas interligações e acessar outras interfaces tais como celulares, palmtops, televisões e aplicações inteligentes. Apesar disso, a computação autonômica exige exatamente essa preocupação com sistemas de alto nível. Um sistema não pode monitorar aquilo que ele não conhece, ou controlar pontos indefinidos em seu domínio. (PARASHAR; HARIRI, 2005).

Sensibilidade ao meio - Um sistema autonômico considerado sensível ao meio precisa conhecer seu ambiente e o contexto de suas atividades. Sobretudo, deve procurar ou criar regras para interagir da melhor forma possível com os sistemas vizinhos. Nesse sentido, deve verificar os recursos disponíveis e propor intercâmbios entre os sistemas, para que todos tenham um desempenho cada vez melhor, isto é, os sistemas autonômicos devem ser adaptáveis ao meio e às condições (PARASHAR; HARIRI, 2005). Essa habilidade permitirá grande confiabilidade operacional aos sistemas, mesmo sob diversas combinações de circunstâncias. Contudo, em contrapartida, os sistemas devem estar aptos a fornecer informações úteis, ao invés de dados confusos e distorcidos. Os sistemas autonômicos devem ser capazes de descrever a si próprios e informar seus recursos disponíveis para outros sistemas, além de serem capazes de descobrir outros dispositivos no ambiente. Nesse sentido, os esforços para compartilhar recursos de supercomputadores em estruturas de grades contribuem decisivamente para o desenvolvimento desta necessidade de sensibilidade ao meio (HORN, 2001).

Automonitoramento e a **auto-adaptação** compõem o laço de controle do gestor autonômico. Esses mecanismos habilitam o sistema autonômico a monitorar novas circunstâncias e executar adaptações de acordo com a necessidade (STERRITT, 2005). Para isso, o sistema deve ter conhecimento dos recursos disponíveis, seus

componentes, suas características de desempenho desejadas, o estado atual interno e da relação com sistemas vizinhos, além de regras e políticas sobre como realizar os ajustes. O sistema autônomo deve constantemente monitorar seu próprio uso (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003). Por exemplo, pode verificar por aprimoramentos de seus componentes. Caso avalie que um aprimoramento anunciado realmente valha à pena, então o sistema deve instalá-lo e se auto-reconfigurar conforme necessário. Quando detecta erros, o sistema deve reverter para uma versão mais antiga, enquanto seus algoritmos tentam isolar a fonte do problema.

Além dos quatro atributos básicos, existem outros como a interdependência, que afirma que um sistema autônomo não pode existir em um ambiente fechado (HORN, 2001). Embora um sistema autônomo possa gerenciar seus dispositivos de forma independente, precisa se relacionar com um mundo heterogêneo e diverso. Para isso, deve utilizar padrões abertos de implementação, por definição, não podendo ser uma solução proprietária. Tomando a natureza como exemplo, toda a espécie de organismos deve coexistir, a sobrevivência de um depende do outro, e mesmo a biodiversidade ajuda a estabilizar o ecossistema. Da mesma forma, no mundo de hoje de rápida evolução computacional, a mesma analogia para a coexistência e interdependência dos sistemas é inevitável. Os negócios conectam fornecedores, clientes e parceiros. Pessoas se conectam aos bancos, agências de viagem e lojas, independente dos sistemas e equipamentos que cada um utiliza. À medida que a tecnologia evolui, surgem novas invenções, dispositivos e uma proliferação de opções que conseqüentemente aumentam a demanda pela interdependência.

Além disso, os mecanismos que descrevem os objetivos e atributos básicos da computação autônoma não são entidades independentes, mas pelo contrário, atuam em conjunto. Por exemplo, um ataque malicioso ao sistema desencadeia ações de auto-

reparo, e para garantir a continuidade e fidelidade operacional do sistema, ações de autoconfiguração e auto-otimização. Mais tarde, poderá haver um incremento da autoproteção contra futuros ataques similares (STERRITT, 2005).

Finalmente, as abordagens consideradas como os meios para tornar a CA uma realidade são (STERRITT, 2005):

Projetar funcionalidades, o que envolve uma visão de engenharia de software implícita. Busca projetar funções autonômicas sobre sistemas individuais; e

Por aprendizado, que segue uma visão implícita da inteligência artificial, computação evolucionária e aprendizado adaptativo. Busca utilizar algoritmos e processos para alcançar comportamento autonômico.

2.1.2 – Níveis de Computação Autonômica

O progresso em direção a ambientes autonômicos maduros é considerado mais um processo evolucionário do que propriamente revolucionário. Muitos sistemas existentes não podem ser novamente desenvolvidos do zero para que sejam inseridas capacidades autonômicas. Preferencialmente, as capacidades de autogerenciamento devem ser adicionadas gradualmente de maneira crescente, isto é, um componente de cada vez. Assim, a injeção gradual de características autonômicas nos sistemas conduz a um incremento gradativo da funcionalidade autonômica. Dessa forma, a funcionalidade autonômica pode ser caracterizada em cinco níveis de maturidade: básico, gerenciado, preditivo, adaptativo e autonômico (MULLER ET AL., 2006), conforme mostrado na figura 3.

Conforme evoluem entre os níveis autonômicos, os clientes podem se beneficiar de diversos aspectos, tais como: aumento da disponibilidade operacional de sistemas, incremento dos recursos técnicos e de pessoal, maior controle e segurança nas

mudanças, melhoria no desempenho e redução do tempo de desenvolvimento de novos sistemas.

Nível 1 Básico	Nível 2 Gerenciado	Nível 3 Preditivo	Nível 4 Adaptativo	Nível 5 Autônomo
- Múltiplas fontes de dados geradas por sistemas	- Consolidação de dados através de ferramentas de gerenciamento	- Sistema monitora, correlaciona e recomenda ações	- Sistema monitora, correlaciona e toma ações	- Componentes integrados gerenciados dinamicamente por regras e políticas
- Requer pessoal de TI altamente treinado e caro	- Pessoal de TI analisa e toma ações	- Pessoal de TI aprova e inicia as ações	- Pessoal de TI gerencia desempenho através de acordos de nível de serviço	- Pessoal de TI focado em habilitar necessidades dos negócios
MANUAL		>>>>>>>>		AUTÔNOMICO

Figura 3 – Níveis Autônomicos

Adaptado de *IBM Global Services and Autonomic Computing, IBM White Paper, Outubro 2002;*

O nível básico representa o ponto de partida dos ambientes da tecnologia da informação nas empresas. Cada elemento da infra-estrutura é gerenciado independentemente pelos profissionais das TI, que fazem a configuração, monitoramento e até eventual substituição de componentes.

No nível gerenciado, sistemas de gerenciamento podem ser utilizados para coletar informações de sistemas, ajudando a diminuir o tempo que o administrador leva para coletar e sintetizar a informação. As ferramentas de mineração de dados e data warehouse, são importantes nesta etapa.

No nível preditivo são introduzidas novas tecnologias para prover correlações entre diversos elementos da infra-estrutura. Estas tecnologias podem reconhecer padrões, prever configurações ótimas e fornecer conselhos das ações que o administrador de sistema deve tomar.

No nível adaptativo as tecnologias autômicas são mais evoluídas e as pessoas sentem-se mais confortáveis com o aconselhamento e poder de predição dos elementos autômicos. O ambiente de TI pode automaticamente tomar as ações certas, baseando-

se nas informações disponíveis e no conhecimento do que está acontecendo no ambiente.

Finalmente, no nível autonômico a infra-estrutura possui componentes integrados e pode ser governada dinamicamente por regras de negócios e objetivos. Os usuários interagem com tecnologias autonômicas para monitorar processos de negócios e alterar objetivos. O pessoal de TI pode então trabalhar focado em habilitar as necessidades de negócio (GANEK; CORBI, 2003).

A evolução em direção aos os níveis mais elevados da computação autonômica não é realizada somente com tecnologias ou ferramentas. Sobretudo, são necessárias diversas mudanças em habilidades, processos e indicadores de eficiência. À medida que as empresas avançam nos cinco níveis de computação autonômica, os processos, ferramentas e indicadores tornam-se mais sofisticados, e as habilidades requeridas tornam-se mais alinhadas com o negócio (FINK; FRINCKE, 2007).

2.1.3 – Principais Trabalhos em Computação Autonômica

Nesta seção revisamos as contribuições mais significativas de diversos autores para o desenvolvimento da Computação Autonômica, além das contribuições combinadas entre Computação Autonômica e Gestão de Processos de Negócios.

No manifesto publicado pela IBM (HORN, 2001) foi descrita pela primeira vez a idéia de Computação Autonômica. Capacidades de adaptação, aprendizagem e decisões baseadas em necessidades são pontos básicos para o novo paradigma.

Para atingir o autogerenciamento, as políticas e estratégias da corporação precisam ser adequadas às novas necessidades. A tecnologia servirá como complemento eficaz e confiável do trabalho das pessoas (WALDROP, 2003).

A computação autonômica é mais do que uma tecnologia de middleware, na verdade, é uma solução sólida para o problema da complexidade dos sistemas. Requer

uma série de diferentes áreas de pesquisa, especialidades e características para se tornar realidade (MULLER ET AL., 2006).

SRINIVASAN (2004) apresenta considerações lógicas sobre a existência de sistemas de computação autônoma. Conclui que fornecer um modelo matemático para esse conceito é complexo, pois, em princípio, há muitos fatores envolvidos, sobretudo, um sistema autônomo é um sistema auto-referenciado, que necessita funcionar sem a intervenção humana. Os sistemas autônomos devem ser adaptáveis ao ambiente e requerem padrões abertos da indústria de software para antecipar a otimização de recursos necessária, enquanto se abstrai a complexidade dos sistemas.

Segundo KEPHART e CHESS (2003), os elementos autônomos compõem a estrutura de um sistema AC e interagem com outros elementos e pessoas através do laço de controle dos gerenciadores autônomos. Apresenta vários desafios científicos, de engenharia e tecnológicos que precisam ser enfrentados, para que se consiga atingir a plenitude do conceito.

Para HARIRI ET AL. (2006) a Computação autônoma endereça de forma integrada uma série de disciplinas, tais como: tolerância a falhas, inteligência artificial, alta disponibilidade, sistemas agentes, entre outros.

De acordo com PARASHAR e HARIRI (2005), a computação autônoma oferece uma visão holística aos sistemas de TI. Possibilitando que o desenvolvimento e arquitetura dos sistemas sejam passíveis de adaptações próprias para alcançar requerimentos, tais como desempenho, tolerância a falhas, confiabilidade e segurança, sem a necessidade de intervenção humana.

Para MCCANN e HUEBSCHER (2004) as atividades de pesquisa em sistemas autônomos podem ser categorizadas em quatro áreas: monitoramento de componentes, interpretação dos dados monitorados, criação de um plano de reparação e execução do

plano. Baseado nisto, escolheu-se agrupar os sistemas autônômicos em duas categorias principais: sistemas inteligentes multiagentes e concepção e arquitetura de sistemas baseados em sistemas autônômicos.

Segundo FINK e FRINCKE (2007) , os administradores de sistema devem considerar a computação autônômica como uma posição de maior responsabilidade e respeito, pois podem se tornar consultores de gerenciamento ao invés de tecnicistas. Além disso, poderão utilizar ferramentas mais avançadas que complementarão seu trabalho intelectual nas organizações.

STOJANOVIC ET AL. (2004) destacam a integração semântica como meio de garantir a interoperabilidade na computação autônômica. Para alcançar este conceito propõe o uso de ontologias como a espinha dorsal de mecanismos de correlação conceitual. Esses mecanismos são componentes centrais que realizam tarefas automatizadas, análise e interpretação contínua de dados, eventos em tempo real, entre outros, com o intuito de detectar ameaças, padrões complexos de ataques e falhas e iniciar ações inibidoras.

Já BARRETT ET AL. (2005) argumentam que a administração de sistemas é uma tarefa difícil e tem rapidamente se tornado mais difícil à medida que os sistemas se tornam mais complexos. A iniciativa de computação autônômica pretende transformar de forma drástica a maneira que os sistemas são gerenciados ao introduzir a automação em todos os seus níveis. Nesse sentido, eles apresentaram uma série de diretivas para o projeto de interfaces humanas para a computação autônômica. Embora, sejam de difícil realização, potencializam o alívio da carga de trabalho dos administradores simultaneamente com a diminuição dos riscos do autogerenciamento.

KOEHLER ET AL. (2003) propõem uma arquitetura genérica para Computação Autônômica baseada em processos de comunicação. Cada processo encapsula alguma

função de alto nível como deliberação, observação, negociação, execução e recuperação de falhas. Cada sistema autônomo está situado em algum ambiente ou contexto. A interação entre o sistema e seu ambiente ocorre através dos processos de comunicação.

BURGESS e COUCH (2006) apresentaram um modelo para regulação de sistemas autônicos baseado no sistema imunológico. O modelo garante o autogerenciamento através do uso da teoria das promessas. A teoria das promessas funciona como base em declarações de intenções dos agentes, o que seria mais adequado em um ambiente no qual ninguém possui controle total sobre os outros. Da mesma forma que definir políticas refere-se a decidir de antemão ou modelar cenários possíveis, a teoria das promessas é uma teoria preditiva baseada nas ações esperadas do conjunto de agentes.

VERMA e SHETH (2005) afirmam que embora os negócios estejam aptos a garantir os acordos de nível de serviço através do uso de recursos autônicos, os benefícios poderiam ser ainda maiores se os processos de negócio que controlam a infra-estrutura também fossem autônicos. Assim, seria reduzido o envolvimento humano na configuração de processos e na recuperação de falhas. Além disso, os processos de negócio poderiam ser auto-otimizáveis e altamente reativos às mudanças no ambiente.

PAUTASSO ET AL. (2007) designaram agentes de controle autônicos para a coordenação de processos de negócio. Os agentes atuam de acordo com combinações de planos, metas e precondições. Esses controladores formam um elemento autônomo com o mecanismo de laço de controle, o qual provê autoconfiguração e auto-otimização aos processos de negócio gerenciados. Eles também demonstraram que o desempenho de um controlador autônomo depende de dados reais, além das políticas utilizadas para seleção e otimização.

STROHMAIER e YU (2006) discutem os princípios de Computação Autônoma aplicados ao Gerenciamento de Workflow. Correlacionaram os cinco níveis autônomicos de maturidade com os sistemas gerenciadores de workflow autônomicos, definindo cinco graus autônomicos de operação dos workflows.

GREENWOOD (2007) apresenta uma abordagem para autogerenciar processos de negócio através de um controlador autônomico orientado por planos e metas, responsável por todos os aspectos do ciclo de vida do processo. Essencialmente, permite aos processos a autoconfiguração e auto-otimização de acordo com os requerimentos estratégicos e restrições operacionais.

BREITGAND ET AL. (2005) reconhecem o problema e a dificuldade de configurar controladores autônomicos que atuam com base em indicadores de desempenho de baixo nível. Se por um lado já é difícil estabelecer a configuração ótima de um sistema tradicional, configurar de maneira ótima um controlador autônomico é um problema ainda mais difícil.

PAUTASSO e HEINIS (2008) realizaram um estudo com agentes autônomicos que utilizam políticas que dispensam configuração. Argumentaram que os controladores autônomicos que precisam ser configurados, através de parâmetros, faixas de limites, ou mesmo regras 'se-então', falham no objetivo autônomico da autoconfiguração, pois não auxiliam realmente os administradores a lidar com a complexidade do gerenciamento de seus sistemas. Também apresentaram estudo sobre o uso de políticas e metas de alto nível.

HUEBSCHER e MCCANN (2008) promoveram um abrangente levantamento sobre Computação Autônoma. Nesse trabalho, utilizaram os termos auto-adaptativo, autogerenciado e autônomico de forma alternativa. Acreditam que o futuro da

Computação Autônoma será semelhante à disciplina de Sistemas Distribuídos, ou seja, estará tão embutida em todas as áreas que não mais será considerada isoladamente.

2.2 – Gestão de Processos de Negócio

Esta seção apresenta a lógica por trás da combinação entre Gerenciamento de Processos de Negócio – GPN e Computação Autônoma - CA, através da utilização do workflow em uma configuração autônoma. De acordo com VAN DER AALST ET. AL (2003), existem muitas definições para GPN, mas a maioria dos casos claramente inclui o gerenciamento de workflow no ciclo de vida do GPN. Dessa forma, procuramos relacionar workflow autônomo com o contexto mais amplo do Gerenciamento de Processos de Negócio.

A GPN consolida objetivos, estruturas, metodologias e ferramentas, os quais têm sido propostos em diferentes abordagens. Durante os anos 90, havia a cultura da melhoria contínua e do Gerenciamento da Qualidade Total. Mais recentemente, temos visto o Seis Sigmas e o conceito de negócios ágeis (WESKE, MATHIAS, 2007).

As metas perseguidas no aperfeiçoamento da gestão de processos de negócio têm evoluído desde a simples racionalização do processo até ao alinhamento entre os objetivos do processo e a estratégia da organização (JESTON; NELIS, 2006). Cada metodologia possui um foco específico para tratar a melhoria dos processos.

Para DAVENPORT (1990), por exemplo, os objetivos deveriam ser:

Redução de custo: um importante objetivo da remodelagem em combinação com outros, mas insuficiente por si só. A atenção excessiva a redução de custos geralmente resulta em mudanças inaceitáveis para os patrocinadores do processo.

Redução de tempo – tem sido apenas um objetivo secundário na engenharia industrial tradicional. Hoje em dia, um crescente número de companhias está competindo com base no tempo. Uma abordagem comum para cortar tempo em projeto

de produtos é ter passos começando simultaneamente, ao invés de sequencialmente, usando TI para coordenar as direções do projeto entre os vários participantes.

Qualidade do produto – freqüentemente, é o foco da melhoria de processos em ambientes de produção. É igualmente importante para provedores de serviço. A avaliação específica da qualidade do produto deve ter uniformidade, variedade ou ausência de defeitos, de acordo com definição do cliente.

Qualidade de vida no trabalho, aprendizado, capacitação – Raramente é possível aperfeiçoar todos esses objetivos simultaneamente. Além disso, em muitas empresas a maior pressão é por resultados tangíveis. Entretanto, gerentes que ignoram essa dimensão arriscam falhar na remodelagem de processos de negócio, devido a fatores organizacionais e motivacionais.

Na Reengenharia de processos de Negócio (HAMMER, 1995) o foco era fundamentalmente repensar e radicalmente remodelar um processo para trazer ganhos dramáticos em desempenho.

JESTON e NELIS (2006) estabeleceram que a estratégia da organização deve ser alinhada com as metas dos processos de negócio. Além disso, as metas e os benefícios identificados na estratégia de negócios devem seguir uma linha base, ser rastreados, monitorados e maximizados no processo automatizado. Adicionalmente, os processos de negócio devem já ter sido melhorados antes da automação, ou tudo que a automação fará é ampliar as ineficiências dos processos.



Figura 4 - Ciclo de vida do GPN
 Adaptado de (AALST; TER HOFSTEDE; ET AL., 2003)

A figura 4 representa as fases do ciclo de vida do processo de acordo com a Gestão de Processos de Negócios. Até a última década, o foco do gerenciamento de workflow tradicional estava na fase de configuração do sistema. A fase de configuração é responsável pela implementação dos modelos de processo. A implementação geralmente é realizada através da utilização de sistemas de informação que gerenciam e executam os processos com base nos modelos. Entre outras coisas, havia pouco suporte para a fase de diagnóstico e poucos sistemas de workflow suportavam a coleta e interpretação de dados em tempo real. A fase de diagnóstico do ciclo de vida do GPN deve analisar o processo operacional, tentar identificar problemas e encontrar aprimoramentos (AALST; TER HOFSTEDE; ET AL., 2003). Essas características pouco suportadas anteriormente, como identificação de problemas e aprimoramentos, por exemplo, estão entre as características fundamentais oferecidas por sistemas autônomicos.

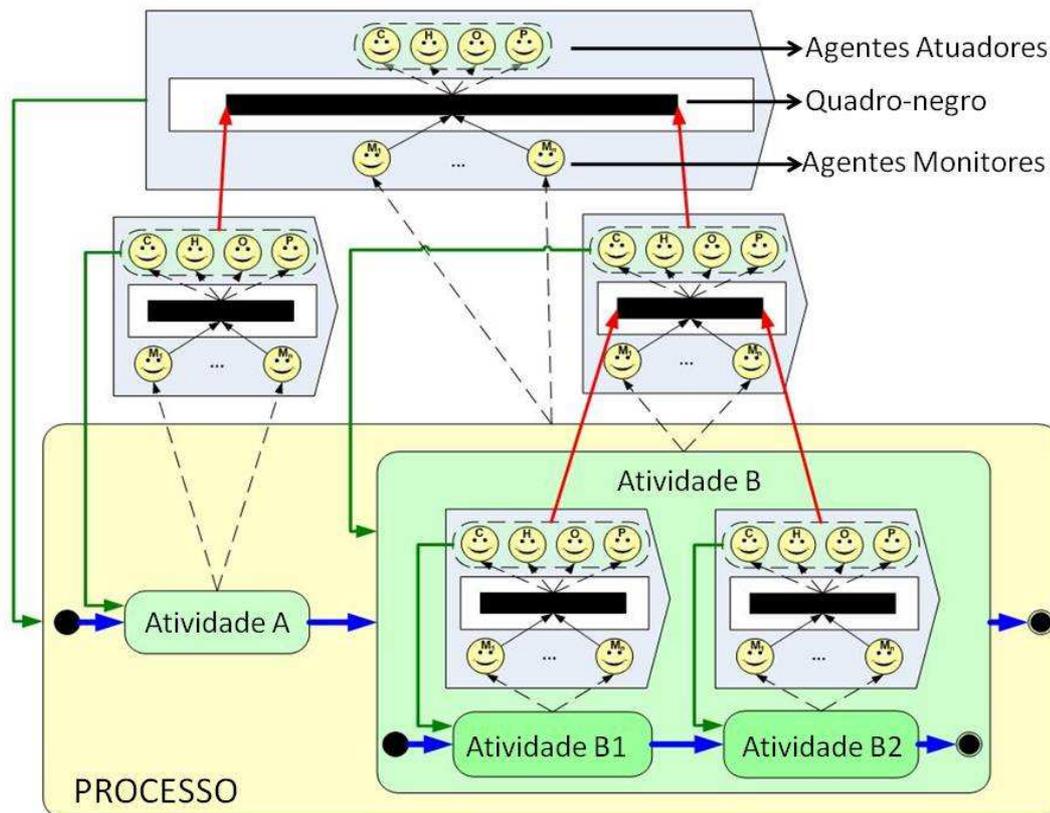


Figura 5 - Arquitetura da Gestão Autônoma de Processos

MONTEIRO ET AL. (2008) propõem um sistema para o tratamento de GPN de um modo autônomo. De acordo com o seu trabalho, a grande dinâmica dos mercados demanda organizações capazes de lidar com constantes mudanças nos negócios, sempre desenvolvendo uma posição estratégica melhorada. Argumentam que tal cenário requer novas abordagens para o gerenciamento de processos. Na visão deles, os princípios da Computação Autônoma podem ser adaptados para ajudar as organizações a sobreviverem em tais cenários. Da combinação entre gestão de processos de negócio e computação autônoma propõem a arquitetura da Gestão Autônoma de Processos de Negócio, representada na figura 5. Como forma de operacionalizar essa arquitetura, foi proposto o Gerenciador Autônomo de Processos de Negócio, uma extensão de um sistema de workflow que trata exceções, corrige problemas, reconfigura tarefas ou propõe otimizações do workflow. A figura 6 abaixo representa a arquitetura AWE do

Gerenciador Autônomo de Processos de Negócio. O projeto inicia no nível estratégico da organização, já que seu foco é monitorar e controlar a organização como um todo, inclusive seus processos.

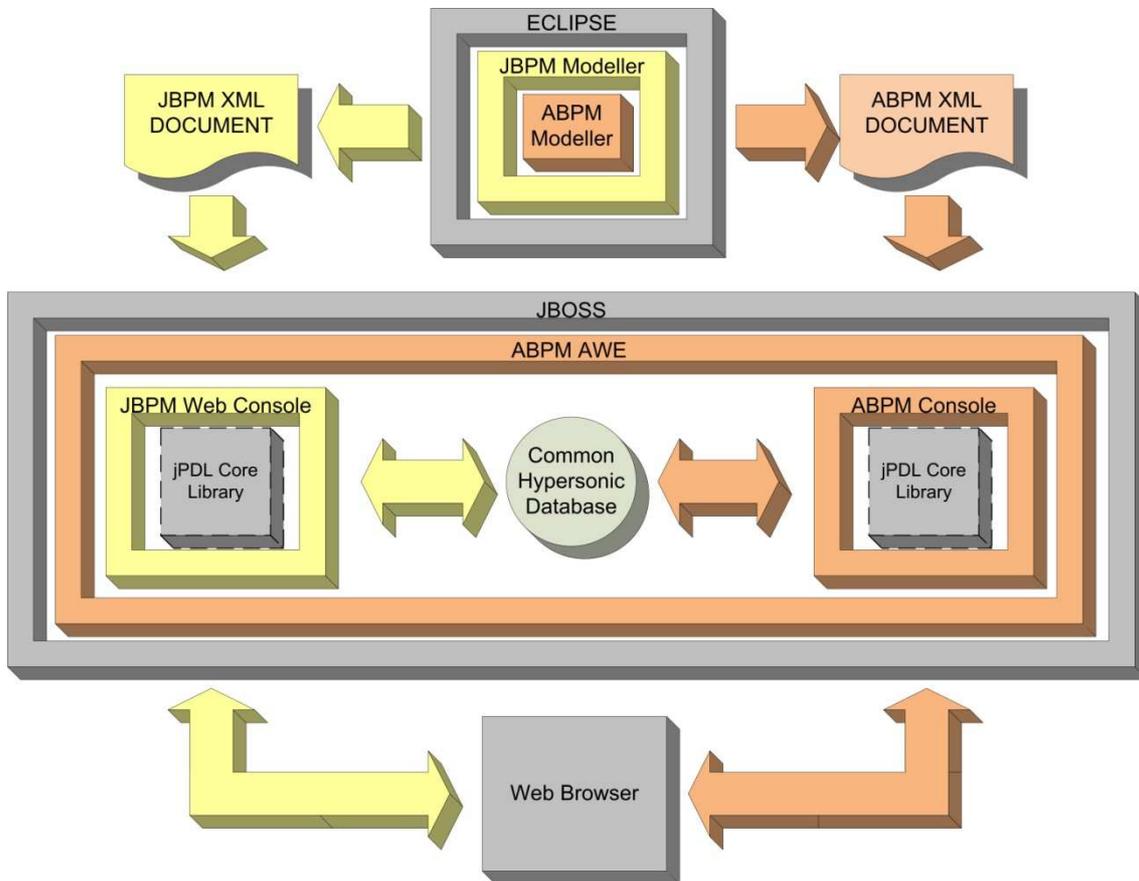


Figura 6 - Arquitetura do Gerenciador Autônomo de Processos AWE

Diante do exposto, à medida que os objetivos perseguidos por GPN evoluem com o passar do tempo, novas abordagens são necessárias para suportar a automação de processos de negócio. Da mesma forma, os processos candidatos mais adequados para aproveitar essas novas abordagens podem variar também de acordo com os objetivos desejados. Por essa razão, nosso método proposto foi criado para apoiar a atual abordagem de Automação Autônoma de Processos de Negócio. Consideramos um cenário no qual as mudanças ambientais são frequentes e uma organização que deve alinhar sua estratégia corporativa com as metas dos processos de negócio.

2.2.1 – Workflow

De acordo com a WFMC (1999), workflow é a automação de um processo de negócio, total ou em parte, na qual documentos, informações ou tarefas são passadas de um participante para outro, de acordo com um conjunto de regras procedimentais. Processo de Negócio, por sua vez, é considerado como o conjunto de uma ou mais atividades articuladas que coletivamente concretizam um objetivo do negócio ou uma meta, geralmente inserido no contexto de uma estrutura organizacional definindo papéis funcionais e relacionamentos (WFMC, 1999).

A automação de processos de negócios é debatida desde a década de 70. Inicialmente, os sistemas criados visavam à automação de escritórios. Muitos produtos envolviam tecnologias bastante complexas para a época e a presença do computador nos escritórios não era bem vista (ELLIS; NUTT, 1996). Com o passar do tempo, as modificações de trabalho promovidas pela ampla utilização do computador, juntamente com o avanço das tecnologias associadas à automação de processos tornaram possível a construção e a utilização dos conhecidos Sistemas Gerenciadores de Workflow.

Em um processo de negócio, o trabalho percorre uma rota e interage com diferentes executores, que assumem papéis definidos. A ordem e o contexto dessas atividades estão constituídos em um conjunto de regras que organizam as atividades para execução. Os modelos de workflow especificam as atividades que compõem o processo de negócio, a ordem e as condições que as atividades devem ser executadas, os executores de cada atividade, as ferramentas a serem utilizadas e os documentos manipulados durante sua execução (CASATI, F. ET AL., 1998). Embora não evidenciem todos os detalhes de uma organização, os modelos de workflow devem possuir informações suficientes para permitir a compreensão, avaliação, melhoria e automação dos processos de negócio. Além disso, para realizar a automação dos

processos, o modelo de workflow deve estar numa forma computacionalmente acessível, e descrever os elementos que compõem o processo de negócio (BEAUDOUIN-LAFON; OTHERS, 1999) (WFMC, 1999). Os elementos de um processo de negócio que devem estar representados no modelo de workflow são os seguintes:

- Atividade: unidade de trabalho que forma um passo lógico dentro de um processo. Pode ser executada de forma manual, automática ou de forma mista. Uma atividade em um modelo de workflow pode requerer recursos humanos ou equipamentos para suportar sua execução. Quando um recurso humano for requerido, a atividade será alocada a um participante do workflow;

- Papel: Um participante do processo assume um papel quando desempenha uma atividade. A definição de um papel abstrai quem irá executar a atividade, sendo assim, um mesmo participante pode assumir mais de um papel;

- Atores, ou participantes: desempenham os papéis. Podem ser uma pessoa, uma máquina ou um sistema computacional;

- Documentos: Cada atividade pode possuir documentos de entrada e de saída. É possível estabelecer um significado para o trabalho realizado a partir da avaliação dos documentos de uma atividade;

- Modelo ou definição de processo: É a representação de um processo de negócio em uma forma que suporta manipulação automatizada. O modelo consiste de uma rede de atividades e seus relacionamentos; e

- Instância de Processo: um processo em execução representa uma instância do modelo do processo. Várias instâncias de um mesmo processo poderão estar ocorrendo simultaneamente.

A tecnologia de workflow é objeto de aprimoramento constante em áreas tradicionais como modelagem e coordenação de processos de negócio, além de outras áreas emergentes (VAN DER AALST ET AL., 2003). A seguir, vamos tratar de uma das extensões da tecnologia de workflow combinada com características da computação autônoma.

2.2.2 – Workflow Autônomo

Nesta seção estamos interessados no relacionamento dos princípios da computação autônoma com a automação de processos de negócio, ou workflow, tal como a definição de workflow pela WfMC (1999).

Entre outras coisas, a Computação Autônoma provê um conjunto de metodologias para gerenciar adaptações em sistemas durante sua execução (KEPHART, J.O.; CHESS, 2003). Nesse sentido, o workflow autônomo difere do tradicional por contar com técnicas autônomas para gerenciar adaptações durante sua execução. Dessa forma, o workflow autônomo possibilita configurações dinâmicas e automáticas de sua definição, de suas atividades e recursos. Além disso, o workflow autônomo também permite autoconfiguração, auto-ajuste e auto-reparo (HEINIS ET AL., 2005).

Entre os trabalhos que tratam sobre workflow autônomo, ZHANG ET AL (2007) propuseram uma nova abordagem para a execução autônoma de processos de negócio. A arquitetura proposta por eles habilita o gerenciamento de workflow *grids* ser dinamicamente especificados e adaptados através de regras do tipo ECA (Event *if* Condition *do* Action) (CASATI, FABIO ET AL., 1999). Com isso, o sistema como um todo dispõe de alto desempenho e alta disponibilidade. BAE ET AL. (2004) também utilizaram regras ECA automaticamente disparadas por um banco de dados ativo para a execução de processos de negócio.

O workflow autônomo deve ser provido de inteligência que analise situações e deduza adaptações em tempo de execução. Instâncias nas quais atividades possuem potencial de falhas podem ser automaticamente substituídas por outras atividades, representando uma adaptação preditiva. Também é possível reparar automaticamente falhas lógicas, em uma adaptação reativa, através da utilização de soluções planejadas e técnicas de resolução de problemas (STROHMAIER; YU, 2006).

Para alcançar esse tipo de comportamento, o workflow autônomo deve contar com um sistema gerenciador capaz de: 1) detectar falhas no processo e mudanças ambientais, 2) determinar adaptações necessárias, 3) identificar instâncias de workflow a serem adaptadas, 4) introduzir as mudanças correspondentes a elas e 5) notificar os respectivos usuários. Entre as abordagens existentes para realizar tais comportamentos estão a baseada em regras, a baseada em objetivos e a dirigida por processos (RINDERLE ET AL., 2004).

Em um workflow autônomo, a capacidade de percepção e adaptação às condições ambientais, tais como indisponibilidade de recursos e sobrecarga, pode ser de grande benefício, reduzindo o tempo de execução através da reação positiva a problemas e oportunidades no ambiente (LEE, K. ET AL., 2007).

Outra característica diferencial dos workflows autônomos é a possibilidade de construir ou aprimorar automaticamente a definição do workflow de acordo com análise de dados de execuções passadas ou de adaptações já realizadas (STROHMAIER; YU, 2006). A Mineração de Processos, por exemplo, representa uma técnica que permite o descobrimento de padrões e a construção automática de novas definições de workflow (AALST; DONGEN; ET AL., 2003).

Em resumo, de forma similar aos sistemas autônomos, as diversas características de um workflow autônomo apresentadas anteriormente podem ser

sintetizadas em quatro características básicas de gerenciamento de workflow (HEINIS ET AL., 2005) (STROHMAIER; YU, 2006): Autoconfiguração - confere a habilidade de mudar a configuração do sistema durante seu funcionamento sem intervenção manual e mais importante, sem interromper o sistema. Isto requer que a máquina de execução do workflow ofereça mecanismos que exponham o estado de sua configuração bem como suportem meios dinâmicos e eficientes para mudar a configuração;

Auto-otimização - deve garantir que a reconfiguração do workflow leve a uma configuração ótima em relação à carga de trabalho;

Auto-reparo - o sistema deve ser capaz de detectar mudanças de configurações devidas a eventos externos, tais como falhas de nodos, e realizar as ações de recuperação necessárias; e

Autoproteção - é responsável por antecipar, detectar, identificar e proteger a si mesmo de ataques, erros ou resultados de qualidade indesejável.

Para alcançar essas habilidades, os sistemas de workflow autônômicos precisam de grande flexibilidade para permitir mudanças em tempo de execução, nas regras de decisão e na própria definição do workflow. Os sistemas utilizam ajustes de configuração dinâmicos e automáticos de acordo com a análise de execuções passadas ou adaptações realizadas. Além disso, possuem características especiais que permitem a análise e resolução de falhas em atividades durante a execução, através de técnicas de resolução de problemas, ou do uso de soluções planejadas. Assim, podem identificar e preventivamente adaptar instâncias de processos que possuam atividades com potencial de falhas. Finalmente, o sistema autônômico de workflow tem capacidades de monitoração e controle que percebem alterações nas condições ambientais e realizam os ajustes necessários na execução do processo.

Devido a essas características, um candidato ideal a workflow autônomo possui quesitos diferentes do candidato ideal a workflow tradicional. Basicamente, um gerenciador de workflow tradicional não possui facilidades para gerenciar adaptações tais como um gerenciador de workflow autônomo. Em um workflow tradicional, é o gerente do processo quem geralmente realiza esses ajustes, correções, reconfigurações e propostas de otimização (RODRIGUES NT. ET AL., 2008). Além de serem potencialmente complexas, essas mudanças também requerem um conhecimento profundo do contexto do processo, incluindo processos relacionados e recursos. Como o custo de um gerente é geralmente alto para a organização, o workflow autônomo objetiva reduzir a necessidade de intervenções gerenciais na execução dos processos de negócio (MONTEIRO JR ET AL., 2008). Por isso, os candidatos a workflow autônomos podem ser mais suscetíveis a mudanças no processo, variações ambientais, falhas em atividades ou recursos, enquanto tais quesitos não são desejáveis em candidatos a workflow tradicionais.

Um método de seleção específico para candidatos a workflow autônomo pode identificar processos com características mais adequadas para obter mais vantagens das facilidades de gerenciamento de adaptações em tempo de execução do que os métodos tradicionais de seleção para workflow. Assim, um método específico, orientado a identificar características de um bom candidato à automação autônoma, pode priorizar processos tais como: não totalmente maduros; sujeitos a evoluções frequentes; dependentes do ambiente; com elevado número de recursos; e com regras de decisão complexas e evolutivas.

Até onde conhecemos, não existe um método específico para seleção de processos candidatos a transformação em workflow autônomo. Entretanto, existem diferentes métodos que abordam a seleção de candidatos ao workflow tradicional. A

seguir apresentamos alguns trabalhos que exploram diferentes abordagens de seleção de workflow tradicionais.

2.3 – Seleção para Workflow

Não encontramos na literatura métodos específicos para seleção de candidatos a workflow autônômicos, portanto, realizamos estudo entre as metodologias existentes de seleção de candidatos a workflow tradicional. Dentre eles, SHARP e MCDERMOTT (2001) defendem uma abordagem mais rigorosa do que a intervenção divina ou a inspiração gerencial para a seleção dos processos candidatos. A abordagem inicia com a identificação de fatores críticos de sucesso, ou FCS. Um FCS é uma entre um pequeno número de coisas que precisam ir excepcionalmente bem para que o negócio atinja seus objetivos. Em seguida, identifica os principais processos, geralmente em número de 7, ou às vezes mais. Em terceiro lugar, elabora uma matriz entre processos e fatores críticos. Em cada célula determina o impacto, de 1 a 5, que o processo tem no fator. Quarto, classifica cada processo de acordo com sua maturidade. Finalmente, determina quais processos priorizar, através de uma classificação ordenada dos processos.

CASATI ET AL. (2002) tipicamente elegem como candidatos os processos de negócios que obterão vantagens maiores que os custos de desenvolvimento. As vantagens são medidas em termos de redução de custos operacionais, incrementos de qualidade e velocidade de execução. Em particular, consideram a automação aplicável se o processo é repetível, pois assim o custo de desenvolvimento pode ser aproveitado por muitas execuções. Além disso, também consideram bons candidatos processos que requeiram agendamento manual de tarefas, transferência de responsabilidades não triviais, monitoração e detecção de exceções. Por sua vez, avaliam positivamente a frequência de mudanças de um processo, tendo em vista as características superiores de

gerenciamento de mudanças e “versionamento” dos sistemas de workflow em relação ao desenvolvimento tradicional de sistemas de informação.

Em (BECKER ET AL., 1999), a metodologia também é baseada num modelo de pontuação. Inicialmente, são escolhidos os critérios que serão utilizados para avaliar o potencial dos processos. Para isso, fazem um cruzamento entre objetivos desejáveis do gerenciamento de processos de negócio e as melhorias específicas oferecidas por gerenciamento de workflow. Os objetivos do gerenciamento de processos de negócio considerados são: eficiência do processo, dos recursos, de mercado, de delegação e de motivação do pessoal. Os critérios selecionados são agrupados em três categorias: técnicos, organizacionais e econômicos. Em seguida, prescreve a eliminação de processos irrelevantes através de critérios de corte. Com os processos restantes utilizam uma tabela de pontuação. Finalmente, somam os pontos acumulados e apresenta uma lista ordenada.

GRUBER e HUEMER (2008) apresentam uma estrutura para avaliação de processos de negócio visando decidir sobre a lucratividade de sua automação por um Sistema Gerenciador de Workflow. De forma similar a BECKER ET AL. (1999), eles utilizam três categorias principais de critérios: 1 - Automaticidade, descrevendo a capacidade técnica de realização; 2 – Potencial Econômico, que descreve os efeitos econômicos esperados; e 3 – Aspectos Organizacionais, que descreve benefícios não econômicos. Eles também determinam um peso para cada critério com o objetivo de marcar sua relevância na decisão e para descrever sua importância relativa aos outros critérios. Após calcular o resultado final de cada categoria de critério, eles utilizam um portfólio para decidir quais processos são mais adequados para a automação, priorizando seu desenvolvimento. O portfólio considera em uma dimensão a capacidade técnica de realização e na outra o potencial econômico. Os aspectos organizacionais são

utilizados apenas para processos de negócio pertencentes a áreas conjuntas. Em resumo, o objetivo principal é identificar candidatos com estruturas capazes de serem representadas em um Sistema Gerenciador de Workflow e com benefícios econômicos esperados maiores que os custos de desenvolvimento. Além disso, assumem que a avaliação deve ser independente de qualquer Sistema Gerenciador de Workflow.

Na tabela 1 abaixo, apresentamos um quadro comparativo das metodologias discutidas nesta seção.

Tabela 1 - Quadro Comparativo de Metodologias

Autor	Fundamentos do Método	Crítérios principais
Sharp e McDermott	Descobrimto dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) da organização. Somatório do impacto de cada candidato nos FCS Avalia maturidade resultado em lista ordenada	- FCS - possibilidade de otimização - processos estáveis
Casati et Al.	1. A automação de um candidato deve reunir vantagens maiores que os custos de desenvolvimento 2. Vantagens = redução de custo operacional, incremento de qualidade e velocidade. 3. Processos com grande número de execuções. 4. Processos com escalonamento manual	- alta frequência de execução - agendamento manual - mudanças e evoluções
Becker e Uthmann	1. Cruzamento entre vantagens esperadas do gerenciamento de processos e melhorias oferecidas pelo gerenciamento de workflow.	- Técnicos, organizacionais e econômicos - processos estáveis
Gruber e Huemer	1. Viabilidade Técnica de o processo ser representado em um Gerenciador de Workflow. 2. Benefícios econômicos maiores que os custos de desenvolvimento. 3. Avaliação independente do sistema gerenciador de workflow	- viabilidade técnica - potencial econômico - aspectos organizacionais

Nosso trabalho difere dos anteriores por discutir e propor critérios específicos para a avaliação da adequabilidade técnica de workflows candidatos à automação autônoma. Além disso, também apresentamos uma ferramenta que implementamos, que automatiza tal avaliação, reduzindo sensivelmente o esforço necessário para a seleção, quando existe um grande número de processos.

Capítulo 3 – Solução Proposta

3.1 – Descrição do Problema

Em geral, uma organização que deseja automatizar seus processos enfrenta um dilema para escolher os processos mais adequados à automação. Há uma oscilação entre uma abordagem analítica de seleção e a simples indicação gerencial dos processos. A nova abordagem de automação autônoma amplifica esta dificuldade, pois possui requisitos e benefícios próprios.

Nos últimos anos, temos visto um crescente número de trabalhos relacionados com automação autônoma de processos de negócio explorando novas características autônomas em diferentes cenários de negócio (VERMA; SHETH, 2005) (ZHANG, G. ET AL., 2007) (MONTEIRO JR ET AL., 2008) (ANDONOFF ET AL., 2009) (GREENWOOD, 2008). Além disso, há um grande número de trabalhos relacionados com gerenciadores autônomos de workflow e seus quesitos de implementação (HEINIS ET AL., 2005) (RODRIGUES NT. ET AL., 2008) (LEE, K. ET AL., 2007) (STROHMAIER; YU, 2006) (PAUTASSO; HEINIS, 2008). Entretanto, as características de um processo de negócio necessárias para considerá-lo adequado a automação autônoma ainda permanecem como um vasto campo de estudo. Indicar quais processos de negócio de uma organização são os melhores candidatos para uma automação e como selecioná-los é o propósito principal deste trabalho.

3.2 – Seleção de Processos para Automação Autônoma

O fundamento que serve de sustentação para esse método de seleção é a medida das vantagens específicas oferecidas ao processo de negócio por uma automação

autonômica. Nesse sentido, procuramos relacionar métricas de processo de negócio, exemplificadas na tabela 2, às vantagens do workflow autonômico, discutidas na seção 2.2.2.

Conforme apresentamos anteriormente, as vantagens do workflow autonômico e suas características de autogerenciamento objetivam diminuir a necessidade de intervenção humana no gerenciamento de processos. Primeiramente, procuramos identificar, através da análise das métricas, características do processo de negócio que indiquem a necessidade de intervenção humana no gerenciamento da sua execução. Assim, os processos de negócio indicados como mais adequados à automação autonômica pelo método proposto serão aqueles que possuírem maior potencial para apresentarem problemas ou que demandem preocupação constante com suas execuções. Isso decorre do fato de tais processos necessitarem, teoricamente, de mais intervenção humana para os seus gerenciamentos e, portanto, poderem ser mais beneficiados por uma solução de autogerenciamento, como a automação autonômica.

Tabela 2 - Métricas de Processo de Negócio

Métrica	Descrição
Número de atividades	Contagem de atividades do processo.
Número de atividades ligadas a sistemas	Contagem de atividades dependentes de sistemas de informação.
Número de atores	Recursos humanos que executam atividades.
Número de sistemas	Número de sistemas de informação distintos que suportam o processo.
Número de conectores de regras tipo XOR	Indica o número de caminhos alternativos. Em um processo de negócio, caminhos alternativos representam variações no fluxo de trabalho principal decorrentes de tratamentos diferenciados para diferentes situações e ocorrências.
Número de conectores de regras tipo AND	Indica paralelismo de atividades e necessidade de sincronização de resultados.
Maturidade do processo	Avaliação do grau de desenvolvimento e estabilidade
Ritmo de mudanças ambientais	Frequência de mudanças de contexto de recursos, carga de trabalho, etc
Erros imprevistos	Instâncias suspensas, recursos indisponíveis, duração de atividades maior do que limites estabelecidos.

Métrica	Descrição
Execuções mensais	Número médio de instâncias executadas no mês. Para medir o desempenho, dividimos o número de execuções mensais em 6 faixas de valores, de acordo com uma projeção baseada no uso diário ou semanal, considerando 5 dias de trabalho em uma semana: a) 1 a 5 vezes, equivalente a até uma execução por semana; b) 6 a 10 vezes, equivalente a até duas vezes por semana; c) de 11 a 20, média de uma vez por dia; d) de 21 a 50, aproximadamente até duas execuções por dia; e) de 51 a 100, aproximadamente entre duas e cinco execuções por dia ; f) 101 ou mais
Frequência de variação de regras	Estabilidade das regras de negócio. Regras são declarações condicionais especificando lógica de negócios (STRONG; MILLER, 1995). Para estimar a medida adotamos a seguinte escala comparativa: "1 Muito baixa", "2 Baixa", "3 Média", "4 Alta", "5 Muito alta".
Capacidade de gerenciamento	Número de exceções conhecidas. De acordo com GRIGORI ET AL. (2001), uma exceção é um desvio da execução ótima do processo, que evita a produção de resultados com a qualidade desejada.
Sensibilidade a legislação	Mudanças referentes a alterações na legislação que podem impactar o processo.
Distribuição das atividades	Grau de distribuição das tarefas e distância entre os atores. Para viabilizar essa medição, adotamos somente os graus local ou remoto.
Sincronismo das atividades	Sim, se o processo possui atividades que necessitam de sincronismo para finalizar ou para iniciar. Não, se o processo não possui.

Para qualificar o relacionamento de cada métrica com a necessidade de intervenção humana, consideramos, para cada uma das métricas, a necessidade de intervenção humana para garantir cada uma das características da computação autônoma – CHOP: configurar (C), reparar (H), otimizar (O) e proteger (P). Dessa forma, queremos identificar a intervenção humana requerida no suporte à execução de diferentes aspectos do processo. Por exemplo, analisando um processo com relação à métrica *Número de Sistemas* envolvidos em sua execução, percebemos que as dimensões de proteção (P) e otimização (O) demandam a intervenção humana para sua garantia, caso a execução do processo não seja suportada por um sistema autônomo

de gerenciamento de workflow. Ainda, quanto maior o valor dessa métrica mais intervenção humana será necessária.

A tabela 3, apresenta cada métrica e a sua associação com características autônômicas de gerenciamento. A análise e a associação de cada métrica às características autônômicas são realizadas de acordo com referências pesquisadas na literatura, indicadas em cada uma das métricas, que sugeriram a associação entre a variação da métrica e a necessidade de um maior ou menor gerenciamento por intervenção humana.

Tabela 3 - Métrica versus tipo de intervenção humana em suporte

Métrica	Características autônômicas de gerenciamento implementadas por intervenção humana	C	H	O	P	total
Número de atividades e número de atores	Um maior número de atividades e atores naturalmente aumenta o número de transferências ou transportes entre atividades. Segundo (MUEHLEN; ROSEMAN, MICHAEL, 2000) os esforços de coordenação aumentam a eficiência do processo através da eliminação ou diminuição de tempos excedentes de transporte entre atividades e atores. Consideramos estes esforços para eliminar tempos excedentes como intervenções relacionadas com a otimização do processo.					1
Número de Sistemas	A interação com sistemas de informação legados, banco de dados e serviços terceirizados demanda coordenação em interoperabilidade e integração (CASATI, FABIO ET AL., 2002). A interoperabilidade e integração de sistemas no processo, por sua vez, requerem esforços para garantir a correção e confiabilidade do processo perante a presença de falhas nos sistemas externos (Proteção) e evitar problemas de desempenho e escalabilidade (Otimização) (GEORGAKOPOULOS ET AL., 1995).					2
Número de atividades ligadas a sistemas	Esta métrica representa a dependência entre atividades e sistemas externos. Estas atividades demandam proteção contra falhas ou exceções nos sistemas externos.					1
Número de Execuções mensais	O esforço requerido para definir, testar e distribuir um processo pode ser mais explorado por muitas execuções (CASATI, FABIO ET AL., 2002). Um alto número de execuções mensais potencializa a quantidade de intervenção humana em atividades de suporte e evidencia as necessidades de melhora na eficiência do processo. A busca por eficiência no processo é semelhante às ações para otimização de sistemas.					1

Métrica	Características autonômicas de gerenciamento implementadas por intervenção humana	C	H	O	P	total
Conectores de regras	Também chamados de nós de regras, são pontos de decisão que determinam o fluxo da execução através de regras de direcionamento associada para cada opção. Genericamente, regras de direcionamento são declarações condicionais especificando lógica de negócios (STRONG; MILLER, 1995). Conectores de regras demandam coordenação de decisões de direcionamento e pelo monitoramento de <i>deadlines</i> (MUEHLEN; ROSEMAN, MICHAEL, 2000). A manutenção das regras de direcionamento demanda esforços semelhantes à configuração de sistemas. O monitoramento e recuperação de <i>deadlines</i> assemelham-se às atividades de proteção de sistemas.					2
Maturidade do Processo	A maturidade indica se a estrutura do processo está sujeita a mudanças no futuro ou se ela mostra alguma estabilidade (BECKER ET AL., 1999). Processos imaturos precisam ser continuamente melhorados depois de colocados em operação (LEE, J. ET AL., 2010). A redefinição do processo visando sua evolução requer revisão e intervenção humana em todas as dimensões: configuração, proteção, otimização e reparos.					4
Ritmo de mudanças ambientais	Monitorar e adaptar-se a mudanças ambientais tais como falhas de rede, em sistemas de informação, em bancos de dados, indisponibilidade de atores, sobrecarga ou ociosidade de atores, atraso em tarefas, sobrecarga em dispositivos requer todos os tipos de intervenção humana.					4
Sensibilidade à Legislação	Mudanças na legislação é uma forma especial de modificação de regras e definições de workflow (MANOLESCU; JOHNSON, 1998). Nesse sentido, demanda o mesmo tipo de intervenção humana que a variação de regras de negócio.					4
Frequência de Variação de Regras de Negócio	Regras são declarações condicionais especificando lógica de negócios (STRONG; MILLER, 1995). De acordo com (SHAN, E. Y. ET AL., 2006), os usuários devem realizar um curso significativo de ações para redefinição de processos visando modificar regras de negócio: 1 suspender ou cancelar todas as instâncias de processos criadas de acordo com a definição em desuso do processo; 2 criar novas definições de processos para refletir a estratégia atual e a lógica operacional da companhia; 3 iniciar novas instâncias de processos; 4 Se necessário, migrar estados das instâncias de processos antigos suspensos para novas instâncias respectivas; 5 reiniciar a execução de instâncias suspensas. De acordo com o exposto, a variação das regras de negócio demanda intervenções similares à redefinição de processo, indicado pela medida de maturidade.					4

Métrica	Características autonômicas de gerenciamento implementadas por intervenção humana	C	H	O	P	total
Número de exceções	De acordo com GRIGORI ET AL. (2001), uma exceção é um desvio da execução ótima do processo, que evita a produção de resultados com a qualidade desejada. Ações para tratar as exceções podem ser tão simples quanto pular uma atividade, ou tão complicadas quanto mudar a definição do workflow. O trabalho também apresenta uma abordagem para a análise, predição, prevenção e reparo. Estas ações são relacionadas com as intervenções humanas de configuração, reparo e proteção contra ocorrência de novas exceções. DAYAL ET AL. (2001) também aconselha a entender e prever exceções, por exemplo, identificar que fatores são fortemente correlacionados com prazos perdidos ou outras violações de acordos de nível de serviço. Outra definição aponta exceções como erros ou ocorrências aleatórias e incomuns de uma execução normal do processo. Estabelece que devem ser identificadas e eliminadas (STRONG; MILLER, 1995).					3
Distribuição dos atores	Nos estudos realizados por (REIJERS ET AL., 2007) a localização geográfica e a distância entre os atores foi um fator principal de diferenciação na performance do processo. De acordo com o estudo, esforços explícitos devem ser tomados para evitar a degradação da performance do processo. Relacionamos estes esforços com proteção e otimização .					2
Sincronismo das atividades	Processamento dependente de atividades com relação à sincronicidade no processamento de dados requer esforços em discussão, apuração de votos e interação entre os participantes (BECKER ET AL., 1999).					2

A contagem final obtida, representada pela coluna “total”, é igual ao número de características autonômicas que, na ausência de um sistema autonômico, devam ser desempenhadas por intervenção humana direta. Assim, considerando tais relacionamentos, concluímos que essas métricas podem ser utilizadas como critérios de seleção para a automação autonômica, visto que diferentes processos devem demandar maior ou menor intervenção humana, para garantir as características autonômicas associadas à métrica.

Por exemplo, se um processo tem ou utiliza muitos sistemas externos então intervenção humana será necessária para coordenar a interoperabilidade e a integração entre os sistemas. Alguns autores apóiam que processos de negócio com sistemas

externos demandam coordenação da interoperabilidade (CASATI, FABIO ET AL., 2002). A interoperabilidade considera os tipos de sistemas que podem ser integrados e as tarefas que podem ser suportadas. Nesse sentido, interoperabilidade demanda esforços de coordenação para garantir desempenho, escalabilidade, correção e confiança em ambientes com presença de concorrência ou falhas (GEORGAKOPOULOS ET AL., 1995). Nesse caso, entendemos que esses processos de negócio requerem um tipo de intervenção humana equivalente às dimensões autonômicas otimização e proteção. A classificação associada à métrica de sistemas externos é, portanto, igual a dois.

Provavelmente, será raro encontrar dados sobre todos os critérios discutidos acima prontamente disponíveis em uma organização. Além disso, alguns desses critérios são mutuamente dependentes, i.e., existe uma sobreposição na contribuição de diferentes critérios devido ao compartilhamento de fatores determinantes, por exemplo, “Sensibilidade à Legislação” e “Frequência de Variação de Regras de Negócio” são critérios que compartilham fatores determinantes. Visto que, mudanças na legislação que impactam o processo de negócio são tratadas como um caso especial de variação de regras de negócio (MANOLESCU; JOHNSON, 1998). Nesse sentido, quanto mais sensível for um processo a legislação, maior a probabilidade de ocorrência de mudanças nas regras de negócio do processo. Visando diminuir esse efeito, agrupamos os critérios em cinco categorias de acordo com a similaridade entre os critérios.

LAGUS ET AL. (2001) mostraram um método para agrupamento de variáveis mutuamente dependentes, mas amplamente independentes de variáveis de outros grupos. Ele declara que estimar um modelo para cada grupo separadamente produz uma representação mais compacta do que aplicar o modelo a todo o conjunto de variáveis. Representações mais compactas são computacionalmente tratadas de melhor forma e, além disso, oferecem melhor generalização. Usualmente tal agrupamento de variáveis é

realizado por um especialista do domínio, preferencialmente do que modelar através de métodos automáticos ou adaptativos.

Na tabela 4, de acordo com a classificação obtida por cada métrica, produzimos uma lista de critérios para avaliação de candidatos para automação autônoma. Em seguida, agrupamos os critérios em cinco categorias: tamanho, diversidade, frequência, evolução da definição o processo e distribuição.

Consolidamos uma classificação para a categoria através da média das classificações dos membros. Ao final, de acordo com o somatório das médias, obtemos o peso percentual representativo do valor de cada categoria. O peso percentual é utilizado para calcular o resultado ponderado de cada processo.

Tabela 4 - Categorias de Critérios

Critérios	Classificação	Categorias		
		Nome	Média	Peso %
Número de atividades	1	Tamanho	1	0,11
Número de atividades ligadas a sistemas	1			
Número de atores	1	Diversidade	1,66	0,18
Número de sistemas	2			
Número de conectores de regras	2			
Número de execuções mensais	1	Frequência	1	0,11
Tempo humano médio dispensado	1			
Maturidade do processo	4	Evolução da Definição do Processo	3,4	0,38
Frequência de mudanças ambientais	4			
Frequência de ocorrência de exceções	3			
Frequência de variação de regras	3			
Sensibilidade a legislação	3			
Distribuição das atividades	2	Distribuição	2	0,22
Sincronismo das atividades	2			

3.3 – Confrontando Candidatos e Critérios

Depois da definição dos critérios, nossa metodologia utiliza a Teoria da Utilidade (DYER, J., 2005) que fundamentalmente orienta a comparação de candidatos através do uso de critérios definidos de seleção.

Operacionalmente, avaliamos cada candidato em cada um dos critérios de seleção. Os resultados obtidos nos critérios avaliados são utilizados para calcular o valor consolidado para a categoria. O resultado final de cada processo candidato é calculado através da média ponderada dos resultados das categorias. Seguindo a metodologia, o produto fornecido é uma lista em ordem de preferência dos candidatos à automação, segundo o resultado final de cada processo candidato.

A figura 7 apresenta esquematicamente a arquitetura da solução proposta.

1. A partir de um pacote de processos de negócios exportados em formato XPDL – XML Process Definition Language realizamos a avaliação das métricas presentes nos modelos de processo.
2. A seguir, é iniciado o questionário para obter métricas adicionais.
3. Em paralelo, a ferramenta que veremos a seguir permite para efeito de comparação a condução da avaliação segundo o Método dos Fatores Críticos de Sucesso.
4. Para isso, é necessário definir os fatores críticos e
5. Avaliar o impacto de cada processo em cada fator crítico.
6. Em seguida, as informações coletadas são armazenadas em um banco de dados para permitir a continuidade da avaliação.
7. Depois, de acordo com todas as métricas obtidas é realizada a classificação dos processos candidatos.

8. Finalmente, é apresentada uma lista ordenada e um gráfico para comparação dos resultados.

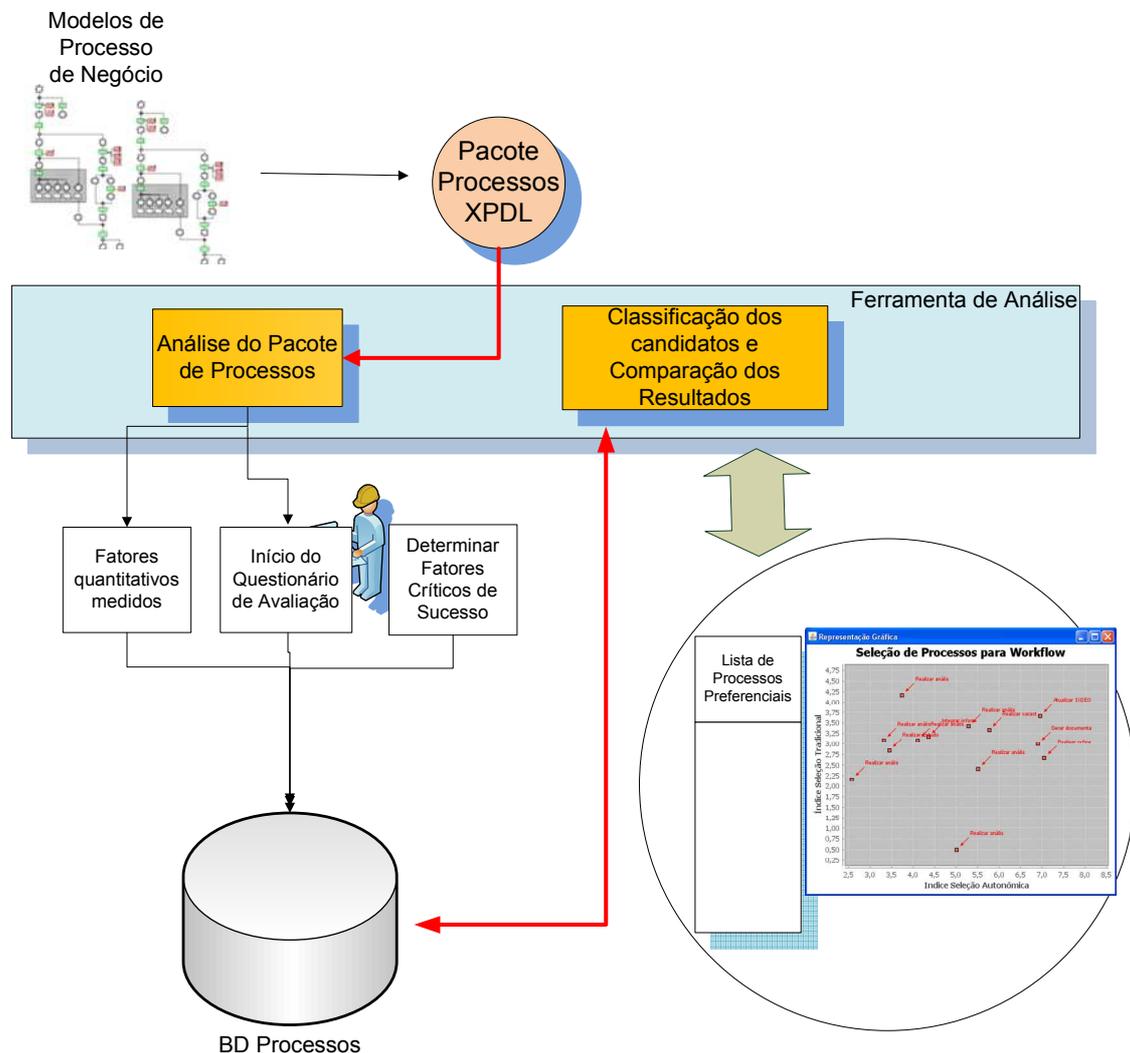


Figura 7 – Visão Geral do Processo de Priorização de Processos para Automação Autônoma

3.4 – Ferramenta de Apoio à Automação de Processos - FAAP

Neste capítulo vamos descrever a ferramenta FAAP que dá apoio à análise do processo de negócio. Para conduzir e facilitar a aplicação da metodologia proposta, desenvolvemos um programa em Java, mostrado na figura 8, que analisa arquivos XML contendo os modelos de processos de negócio candidatos à automação. A ferramenta

FAAP pode automaticamente analisar modelos de processo e quantificar critérios como número de atividades, de atores, de recursos acessados, de sistemas de informação, de atividades dependentes de sistemas, de caminhos alternativos, de regras.

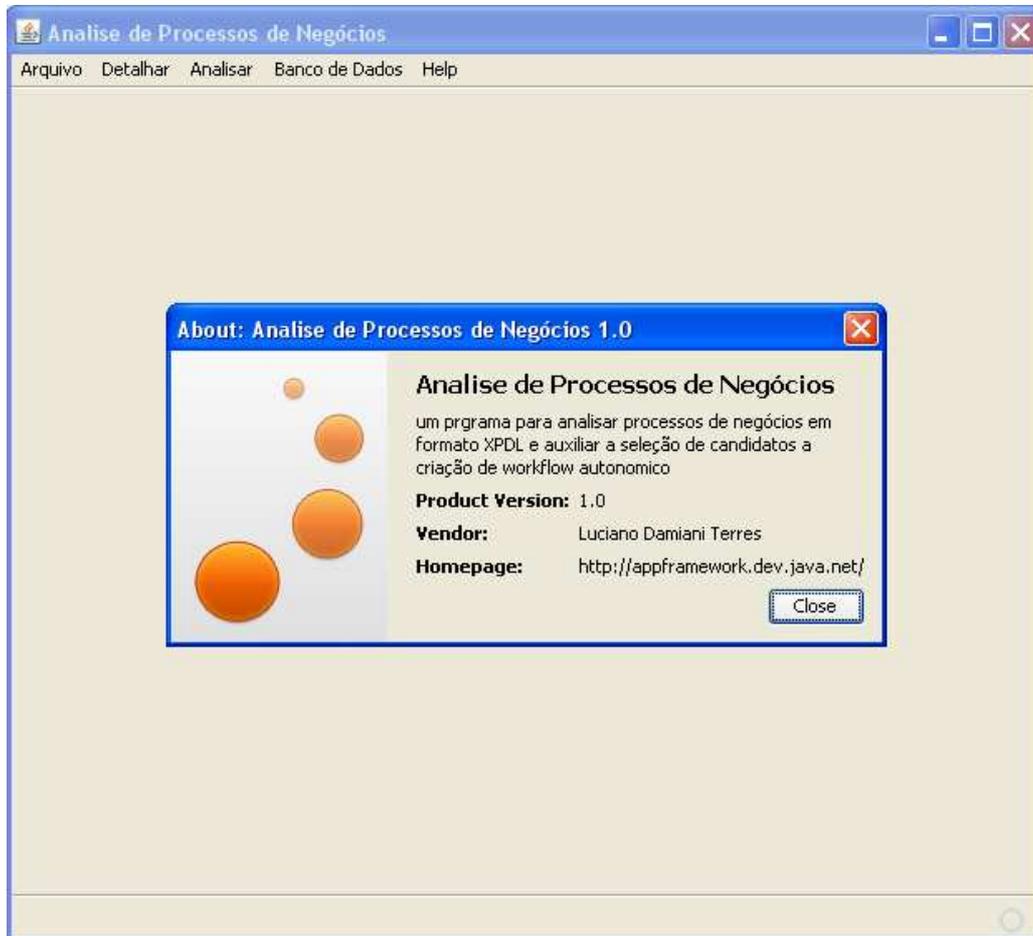


Figura 8 – Ferramenta FAAP de Avaliação de Modelos

A ferramenta FAAP pode analisar modelos de processo exportados no formato XPDL (WFMC, 2008), *XML Process Definition Language*, tal como definido pela Workflow Modeling Coalition – WfMC. O *Aris Business Process Modeler*tm (SCHEER, 2000) e o *TIBCO Business Studio*tm (TIBCO, 2000), por exemplo, são ferramentas capazes de exportar seus modelos de processo neste formato.

Primeiramente, a construção da ferramenta FAAP foi baseada em grande parte no processo “Priorizar Processos de Negócios para Automação Autônoma”, exposto

pele diagrama de atividades modelado em UML, mostrado na figura 9. O diagrama exibe o fluxo principal do processo e conta com 3 raias que representam os principais atores e o sistema. O Responsável técnico por processos representa o cliente, ou usuário final, que deseja automatizar seus processos de negócio e identificar os melhores candidatos para uma automação autônoma. O Especialista em Automação representa o analista que irá conduzir a metodologia de seleção apoiado pelo sistema.

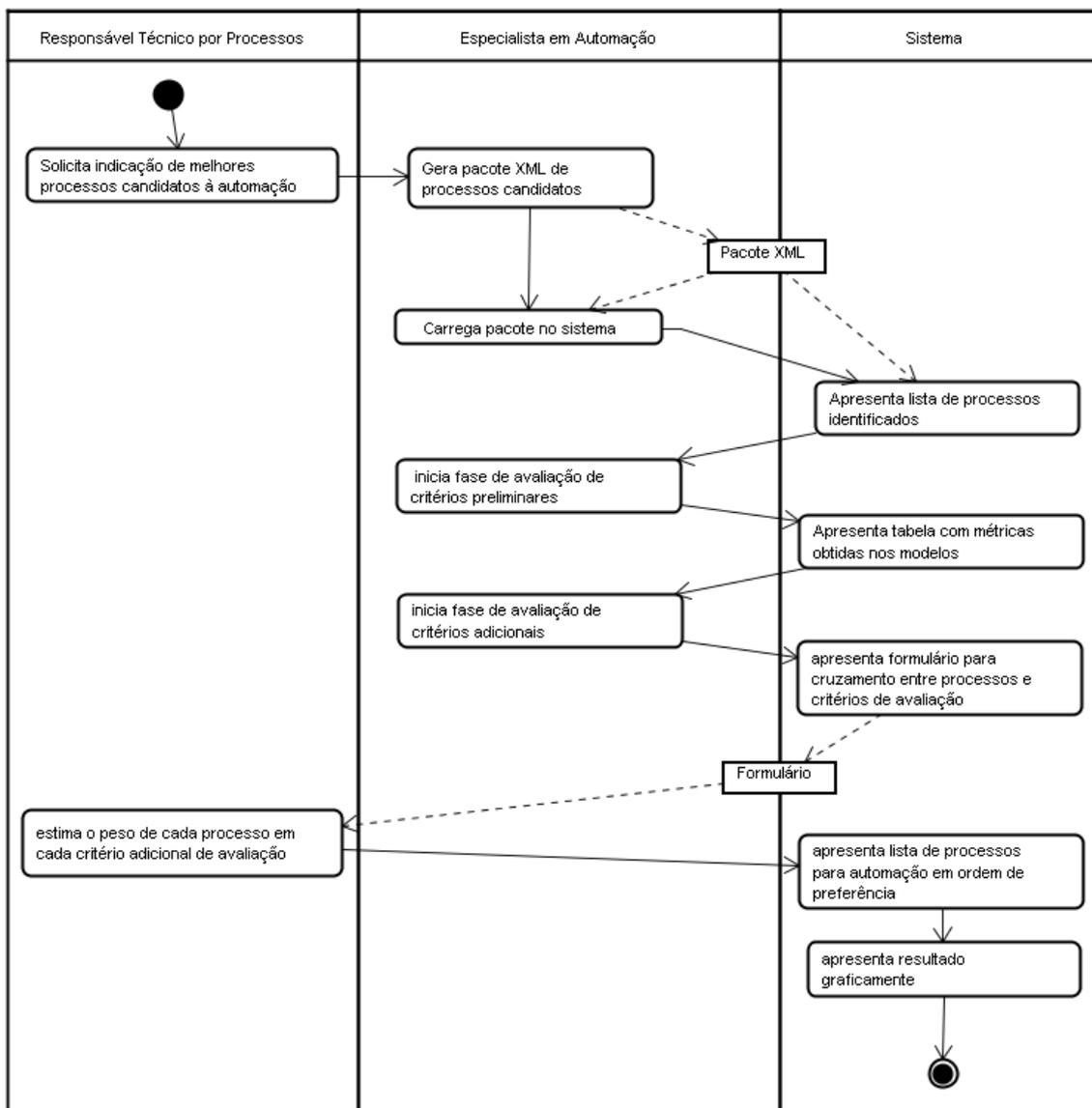


Figura 9 – Processo Priorizar Processos de Negócios para Automação Autônoma

A partir da solicitação de priorização de processos de negócio candidatos à automação autônoma, encomendada pelo Responsável Técnico, a análise tem início com o carregamento no sistema do pacote de processos de negócio, conforme figura 10 abaixo. O pacote gerado reúne todos os processos a serem analisados.

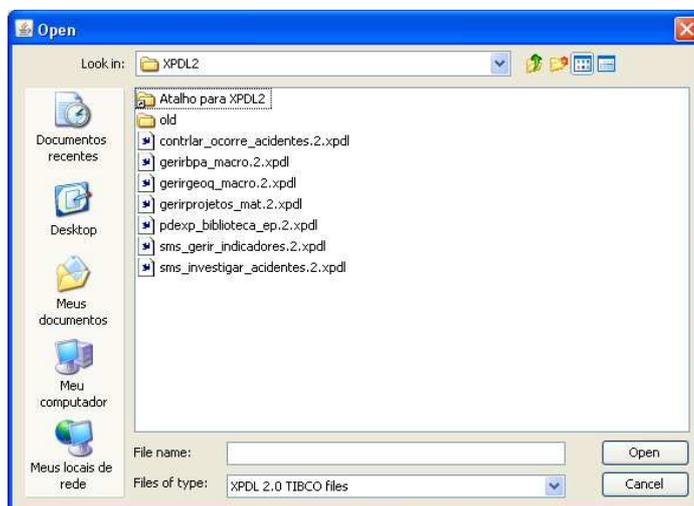


Figura 10 – Carga de Pacote de Processos de Negócio

Realizada a importação do pacote de processos, a ferramenta FAAP apresenta uma tabela de critérios quantificáveis através do modelo, como mostrado na figura 11.

Nome	Atividades	Atores	Sistemas	Dif Atores	Dif Sistemas	op. XOR
Realizar Análise de Sensoriamento Remoto	14	11	15	2	5	1
Caracterizar Óleos e Índicios	26	16	25	3	11	5
Caracterizar Rochas Geradoras	21	13	20	3	9	2
Distribuir Amostras	28	0	0	0	0	3
Realizar Análise de Cromatografia Líquida	46	4	4	1	3	20
Realizar Análise de Isótopos	80	30	41	1	6	37
Realizar Interpretação Geoquímica de Reservatório	27	17	26	2	11	3
Realizar Interpretação de Geoquímica de Superfície	49	15	24	3	11	15
Receber, Preparar e Distribuir Amostras (LPA)	63	11	12	1	7	12
Realizar Análise de Carbono Orgânico Total e Pirólise	18	8	7	3	4	6
Caracterizar Gases	19	15	22	3	8	2
Realizar Análise de Maturação e Palinofáceis (Petro...)	32	17	17	2	8	4
Identificar a Origem de Óleos Derramados	14	10	20	3	10	4
Realizar Análise de Inclusões Fluidas	39	8	8	3	4	11
Realizar Estudo de Estratigrafia Química	24	0	0	0	0	8
Preparar Amostras para Análises	62	0	0	0	0	26
Realizar Isolamento de n-Alcanos	16	2	2	2	2	1
Realizar Análise de Carbonatos	51	0	0	0	0	15
Realizar Interpretação de Geoquímica Ambiental	19	11	11	3	4	2
Realizar Laminação	41	0	0	0	0	14
Realizar Análise de Cromatografia Gasosa	43	15	16	1	6	11
Avaliar Rochas reservatórias Siliciclásticas	52	0	0	0	0	12
Realizar Microscopia Eletrônica de Varredura	52	0	0	0	0	18
Realizar Análise de Sedimentologia	45	0	0	0	0	13
Realizar Análise de Biomarcadores	29	20	29	1	14	17

Figura 11 - Critérios avaliados no modelo do processo

Depois disso, aplicamos um questionário, tal como a figura 15, ao pessoal da área de negócio. O questionário objetiva avaliar critérios que não podem ser automaticamente extraídos dos modelos de processo, tais como número de execuções mensais, tempo médio gasto na utilização de recursos humanos, estatísticas sobre ocorrência de exceções, maturidade do processo, frequência de variação de regras, sensibilidade à legislação e grau de distribuição das atividades.

Para poder consolidar critérios com diferentes grandezas em um índice final único, normalizamos os valores de todos os critérios através da Equação 1 mostrada abaixo. Os valores normalizados por esta equação resultam em valores entre 0 e 1.

X_0 – representa o valor a ser normalizado

X_{\min} – representa o menor valor observado no conjunto de dados

X_{\max} – representa o maior valor observado no conjunto de dados

$$\frac{x_0 - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Equação 1 – Normalização por mínimos e máximos

Finalmente, depois de avaliar todos os critérios para cada candidato, consolidamos os critérios através de uma tabela de ponderação. O resultado de cada processo é apresentado em uma tabela ordenada, conforme figura 12. Os candidatos com as maiores pontuações são considerados os mais apropriados para a automação autônoma.

Nome	Atores	Ativi...	Siste...	Dif ...	Dif ...	op....	Ifexe	Itmrh	Imo	Ima	Ife	Ivr	Isl	Ida	...
Realizar refinamentos Bioestratigráficos e Paleoe...	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	7,05...
Atualizar SIGEO	0,8	0,2	1,0	0,3	1,0	0,1	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,5	6,95...
Gerar documentação técnica	1,0	0,6	0,8	1,0	0,7	0,0	1,0	0,0	1,0	0,8	0,2	0,8	0,2	1,0	6,90...
Realizar caracterização e cadastramento da amo...	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,8	0,8	1,0	0,5	1,0	0,5	0,8	0,5	5,76...
Realizar análise de Nanofósseis	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	0,8	0,8	0,2	1,0	0,5	1,0	5,51...
Realizar análise de Foraminíferos	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,8	0,8	0,0	0,8	0,5	0,8	1,0	5,29...
Realizar análise de Microbiofácies	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	0,8	0,0	0,5	0,0	0,2	0,8	0,8	1,0	5,01...
Integrar informações dos métodos investigados	0,4	0,1	0,5	0,7	1,0	0,0	0,8	0,5	0,5	0,8	0,2	1,0	0,5	0,0	4,35...
Realizar análise de Ostracodes	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	1,0	0,5	0,0	4,10...
Realizar análise no laboratório MEV	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	0,8	0,8	0,5	0,0	0,8	0,5	0,8	0,0	3,73...
Realizar Estudo de Estratigrafia Química	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,8	0,5	0,8	0,2	1,0	0,5	0,0	3,44...
Realizar análise de Palinologia	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,8	0,0	0,8	0,8	0,2	1,0	0,5	0,0	3,32...
Realizar análise de Foraminíferos (Quaternário)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,5	0,8	0,5	0,0	2,57...	

Figura 12 – Tabela de Consolidação dos Resultados para Autônomico

Adicionalmente, a ferramenta FAAP também oferece e o analista pode optar por realizar a avaliação dos mesmos processos segundo um método tradicional de seleção de processos. Nesta versão, implementamos o método dos Fatores Críticos de Sucesso (SHARP; MCDERMOTT, 2001), descrito na seção 2.3. Neste método, é preciso definir os fatores críticos da organização, avaliar através de formulário o impacto de cada processo em cada fator crítico e o grau de maturidade de cada Processo. A figura 13 apresenta a lista ordenada dos processos segundo o método tradicional.

Nome	FCS1	FCS2	FCS3	FCS4	Maturidade	Indice Trad
Gerar documentação técnica	0,3	0,7	0,3	0,7	1,0	3,00000
Realizar análise de Ostracodes	0,3	0,7	0,7	0,7	0,8	3,08333
Realizar análise de Microbiofácies	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,50000
Realizar Estudo de Estratigrafia Química	0,7	0,7	1,0	0,0	0,5	2,83333
Integrar informações dos métodos investig...	1,0	0,0	1,0	0,7	0,5	3,16667
Realizar análise de Palinologia	1,0	0,7	0,0	0,7	0,8	3,08333
Realizar análise de Nanofósseis	1,0	0,7	0,0	0,0	0,8	2,41667
Realizar análise de Foraminíferos (Quatern...	0,0	0,7	1,0	0,0	0,5	2,16667
Realizar análise no laboratório MEV	1,0	1,0	1,0	0,7	0,5	4,16667
Realizar análise de Foraminíferos	0,0	1,0	1,0	0,7	0,8	3,41667
Realizar caracterização e cadastramento d...	0,7	1,0	0,0	0,7	1,0	3,33333
Atualizar SIGEO	0,7	1,0	0,0	1,0	1,0	3,66667
Realizar refinamentos Bioestratigráficos e ...	0,7	0,0	0,0	1,0	1,0	2,66667

Figura 13 – Consolidação de Resultados para Tradicional

Ao final do processo, é possível visualizar os resultados graficamente, conforme figura 14. O gráfico permite a comparação entre as duas metodologias, medidas em eixos perpendiculares. Caso a intenção seja apenas ranquear os processos, então

geramos o gráfico com os processos candidatos dispostos apenas no eixo autonômico de seleção.



Figura 14- Gráfico de Comparação de Candidatos

Seleção de Candidatos à Workflow

1. Número de execuções mensais.
Quantas execuções por mês em média para cada processo?

	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	101+
Gerar documentação técnica	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise de Ostracodes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise de Microbiofácies	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar Estudo de Estratigrafia Química	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Integrar informações dos métodos investigados	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise de Palinologia	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise de Nanofósseis	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise de Foraminíferos (Quaternário)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise no laboratório MEV	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar análise de Foraminíferos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar caracterização e cadastramento da amostra	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Atualizar SIGEO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Realizar refinamentos Bioestratigráficos e Paleoecológicos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>				

Cancela Anterior Próximo

Figura 15 – Questionário para levantamento qualitativo

3.5 – Metamodelos

Para definir nossa metodologia tivemos que experimentar diferentes ferramentas e formatos de exportação de processos de negócio. Nesse sentido, procuramos os mais adequados às nossas intenções de análise. O formato XPDL, por exemplo, foi utilizado pois os processos de negócios que tínhamos a disposição para trabalho estavam modelados na ferramenta *Aris Business Process Modeler*tm e esse formato está entre os disponíveis para exportação. Consideramos esse formato é de fácil entendimento e possui um conjunto suficiente de conceitos implementados que suportam nossa análise.

Na ferramenta Aris, os processos de negócio geralmente são modelados no padrão EPC. O EPC, ou *Event-driven process chain*, exemplificado na figura 16, é um padrão gráfico de representação e modelagem de processos de negócio que intercala eventos e atividades, ligados por conectores lógicos do tipo “e” e “ou” (LIST; KORHERR, 2006). Adicionalmente, o formato de exportação nativo do ARIS é o AML – Aris Markup Language. O AML é uma extensão proprietária do padrão XML, de tamanho excessivo, bastante complicado e com muita informação que não interessa aos nossos propósitos, por exemplo, cores, tamanho de objetos e coordenadas de posição. Sendo assim, decidimos não utilizá-lo. Estamos interessados em conceitos de metamodelos tais como atividades, ligações, nodos de controle de fluxo ou regras, papéis, atores e sistemas externos.

Contudo, outros padrões como o BPMN (LIST; KORHERR, 2006), Business Process Modeling Notation, e BPEL (LIST; KORHERR, 2006) – Business Process Execution Language, poderiam ser utilizados como entrada com pequenas modificações no processo de carga da ferramenta FAAP.

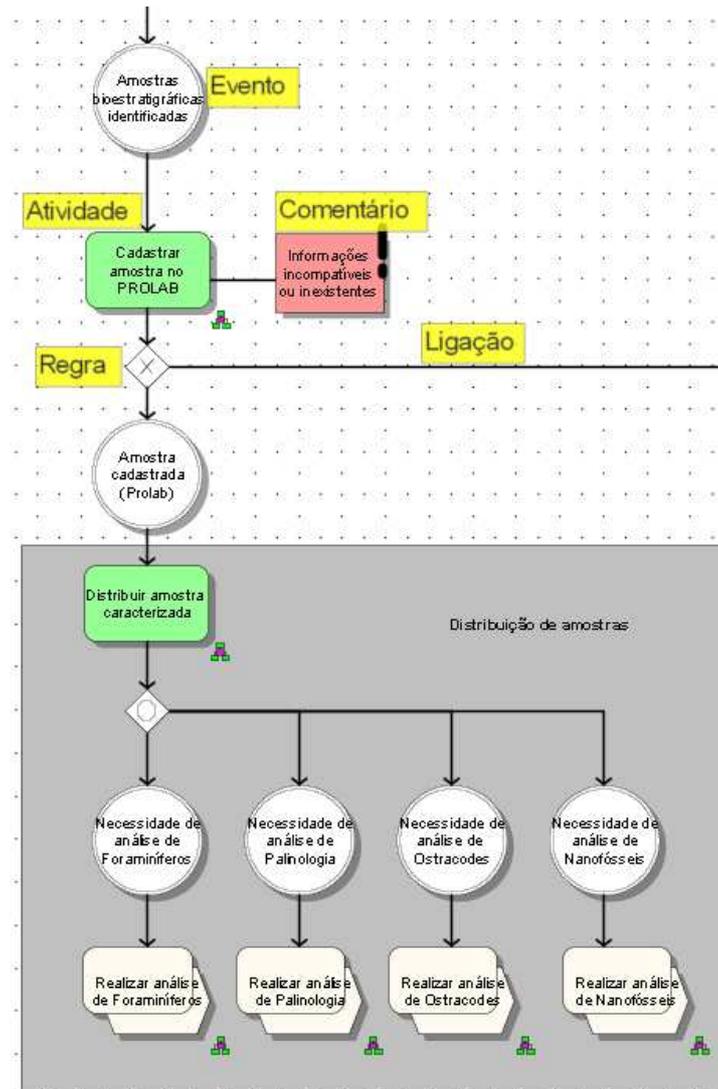


Figura 16 – Conceitos usados no modelo de processo EPC

Tendo em vista que os pacotes de processos exportados encontram-se no formato XPDL consultamos a especificação deste padrão (WFMC, 2008). Com base no Metamodelo de Classes para Pacote de Processos de Negócio da especificação, figura 17, e no Metamodelo de Classes para Processo, figura 18, criamos uma modelo de classes simplificado para importar os arquivos contendo as definições de processo, figura 19.

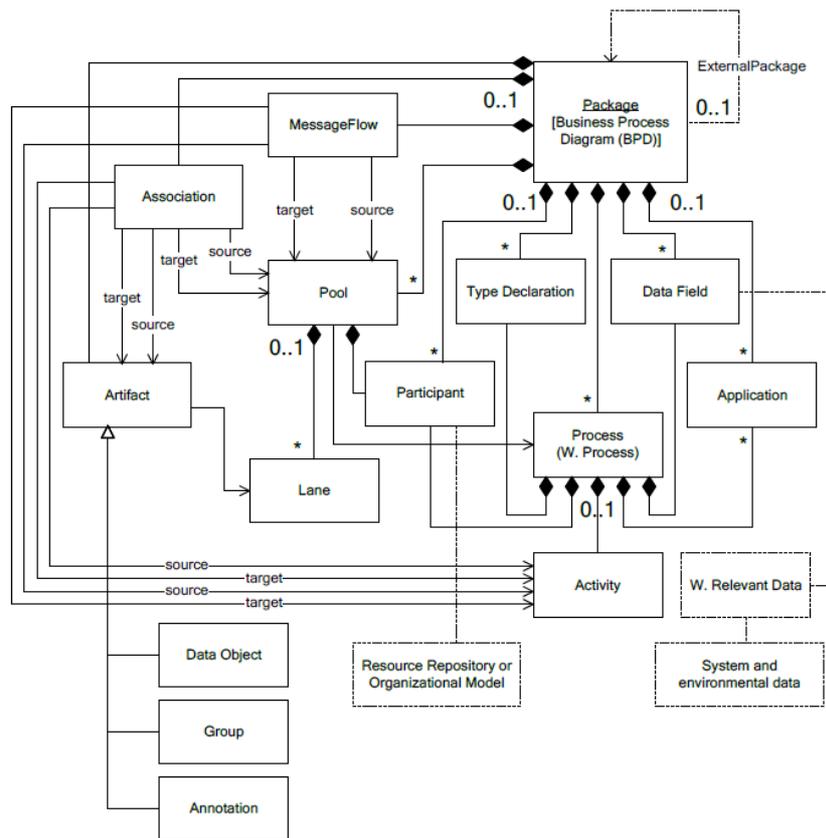


Figura 17 - Metamodelo de Classes para Pacote de Processos de Negócio
 Extraído de (WFMC, 2008)

O Pacote reúne múltiplas definições de processos em um único modelo de definição. Age como um recipiente para agrupar um conjunto de definições de processo individuais, com um conjunto de recursos e entidades de dados, definidos uma única vez e aplicáveis a todas as especificações de processo.

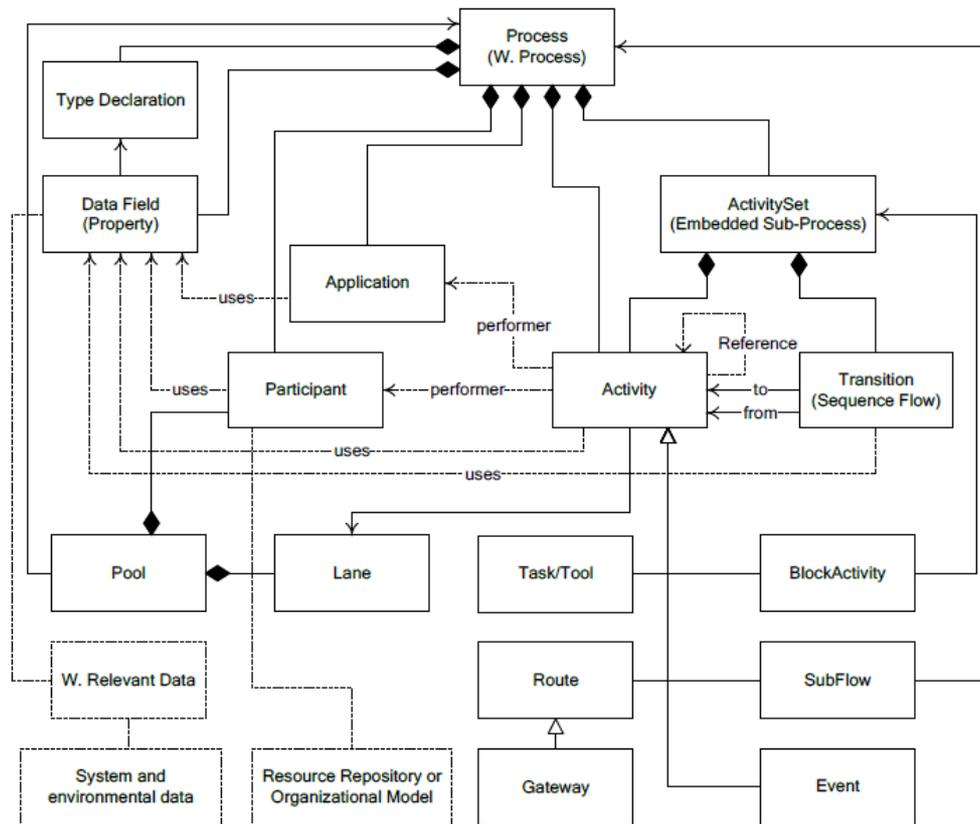


Figura 18 - Metamodelo de Classes para Processo
 Extraído de (WFMC, 2008)

O metamodelo de processo, figura 18, identifica o conjunto básico de entidades e atributos para a exportação de definições de processos, segundo a WfMC.

Por sua vez, nossa representação interna, mostrada na figura 19, consiste de um modelo de classes simplificado contendo os conceitos significativos para a análise que iremos proceder. A classe Pacote é uma composição formada pelas classes Processo, Participantes e Sistemas. A classe Processo, por sua vez, é uma composição formada por componentes que representam eventos, regras de associação, recursos e atividades realizadas na geração de ‘ para o cliente, do pedido até a entrega do produto. A classe Componente é a superclasse usada para definir as classes Evento, Regra e Atividade. A classe Atividade representa cada uma das sub-tarefas do processo, também chamada de tarefa ou função. A classe Regra representa uma condição lógica de associação que

define o fluxo do processo. A classe evento representa um estado ou situação intermediária do processo entre uma atividade e outra. A classe Transição define as ligações entre os componentes do processo, de acordo com o fluxo modelado do processo. A classe Participante e a classe Sistema são componentes da classe Pacote, assim suas instâncias podem ser compartilhadas por mais de uma instância de Processo, ou seja, um pacote possui um conjunto de participantes e sistemas que podem ser compartilhados pelos processos inseridos no pacote.

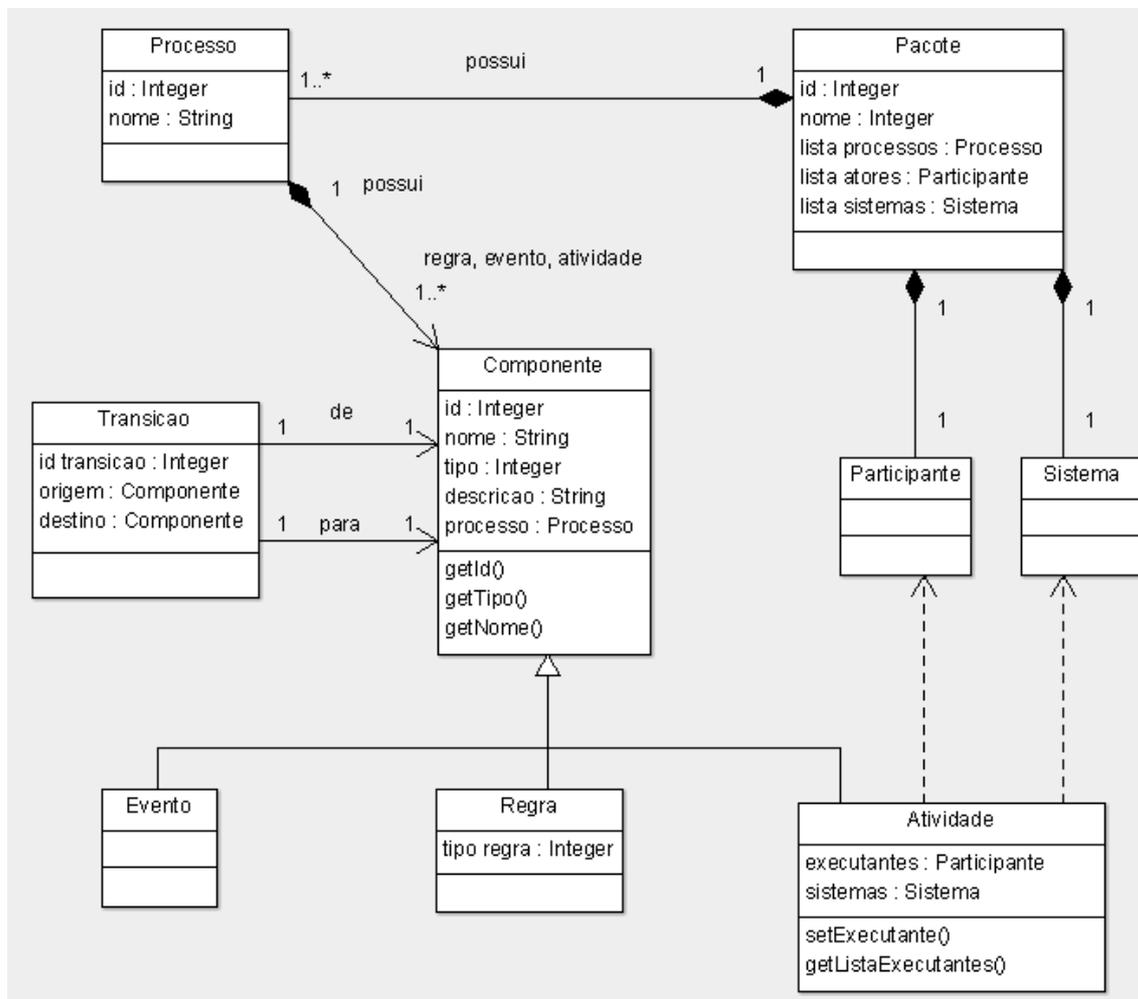


Figura 19 – Modelo de Classe do Pacote de Processos

Capítulo 4 – Estudo de Caso

Neste trabalho validamos os resultados da solução proposta através da realização de um estudo de caso, tal qual em outros trabalhos correlatos focados em busca e seleção de workflow ou de componentes de workflow (BECKER ET AL., 1999) (CALABRESE ET AL., 2006) (DIO, 2007) (KVALØY ET AL., 2005). Além disso, de forma complementar aos trabalhos citados, comparamos os resultados da solução proposta com os resultados obtidos por outro método de seleção para workflows não autônomicos e também por uma pesquisa com especialistas na área.

O estudo de caso foi realizado através de uma cooperação entre uma empresa do segmento de óleo e gás e a Linha de Banco de Dados da PESC/COPPE/UFRJ. Trata da análise e classificação de sete processos de negócio pertencentes ao Laboratório de Análise de Rochas da companhia de petróleo. Este estudo contou com a colaboração de gerentes e empregados da companhia para obter toda a informação necessária.

Primeiramente, realizamos a análise de acordo com um método tradicional baseado em Fatores Críticos de Sucesso (SHARP; MCDERMOTT, 2001). Em seguida, conduzimos uma pesquisa com especialistas do campo de computação autônoma e processos de negócio. Nesta pesquisa os participantes indicam suas preferências para os candidatos mais apropriados para automação autônoma. Terceiro, analisamos o mesmo conjunto de processos de acordo com o método proposto neste trabalho. Por último, confrontamos e analisamos os resultados.

Os processos em análise estão descritos na tabela 6, e classificados de acordo com os indicadores especificados na tabela 5. Os indicadores utilizados no estudo de

caso a tabela 5 são os mesmos disponíveis na tabela 2, entretanto, para facilitar o estudo de caso, principalmente a pesquisa com especialistas, realizamos algumas adaptações:

- Alteramos o nome do critério “Número de conectores de regras tipo XOR” para “Número de Caminhos Alternativos no processo”;
- Agrupamos no indicador “Grau de Intervenção Humana” as métricas Maturidade do processo, Ritmo de mudanças ambientais, Erros imprevistos, Frequência de variação de regras, Capacidade de gerenciamento e Sensibilidade a legislação; e
- Agrupamos no indicador “Grau de Distribuição” as métricas Distribuição e Sincronismo das atividades.

Tabela 5 – Lista de Indicadores

Letra	Indicadores dos Processos
A	Número de Atividades
B	Numero de Atividades dependentes de sistemas
C	Número de Atores
D	Número de Sistemas
E	Número de Caminhos Alternativos no processo
F	Grau de Frequência Execução
G	Grau de Intervenção Humana
H	Grau de Distribuição

Tabela 6 – Detalhamento dos Processos do Estudo de Caso

Processo e Descrição	Indicadores							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Sistema de Geologia Atualizar Sistema de Geologia – ao final das etapas de análises laboratoriais é preciso repassar os resultados para o sistema de informação de Geologia.	13	6	1	3	1	Muito alta	pouca	não

Processo e Descrição	Indicadores							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Gerar Relatórios Gerar Relatórios Técnicos – ao final das análises imprimir documentos para remeter aos clientes demandantes e gerar versões eletrônicas dos documentos para arquivamento.	23	5	3	2	0	alta	média	pequena
Integrar métodos Integrar informações dos métodos investigados – uma análise laboratorial completa é composta por diferentes métodos de análise. Para produzir o resultado final é necessário primeiro integrar e consistir os resultados de cada método de análise.	11	3	2	3	0	alta	pouca	não
Análise de Foraminíferos Realizar análise de Foraminíferos – um dos métodos de análise. É especializado na espécie foraminíferos de micro-organismos fósseis.	31	16	2	8	4	alta	alta	pequena
Análise MEV Realizar análise no laboratório MEV - um dos métodos de análise. Utiliza o microscópio eletrônico de varredura-MEV para analisar microestruturas da amostra, geralmente um fragmento de rocha.	19	1	1	1	7	média	média	não
Distribuição da amostra Realizar caracterização e cadastramento da amostra – processo responsável por receber, caracterizar, cadastrar, preparar, distribuir e redistribuir as amostras entre os diversos laboratórios que realizarão as análises encomendadas para a amostra.	35	9	6	5	10	Muito alta	alta	Média
Estudo de Estratigrafia Realizar Estudo de Estratigrafia Química - um dos métodos de análise. É responsável pela identificação química das camadas estratigráficas da amostra e elaboração de um modelo geológico para o solo.	23	13	1	9	8	média	pouca	Pequena

4.1 – Avaliação Segundo Método dos Fatores Críticos de

Sucesso

Os estágios seguintes foram desenvolvidos em conjunto com gerentes e membros da equipe da organização estudada. O laboratório de Rochas provê serviços e análises de rochas para a indústria petrolífera. Entre outras coisas, suas técnicas incluem estimar a idade de amostras, determinar o paleoambiente¹ sedimentar e realizar estudos de estratigrafia química. Sua missão é utilizar, desenvolver e aperfeiçoar tecnologias para a exploração e o desenvolvimento de campos de óleo e gás nas bacias sedimentares. O laboratório possui a visão de ser um símbolo de excelência na tecnologia de exploração de petróleo.

De acordo com as bases estratégicas e operacionais descritas acima, selecionamos juntamente com a equipe gerencial da organização quatro fatores críticos de sucesso para a organização. Embora, o processo de identificação de fatores críticos pela equipe gerencial pudesse continuar e identificar cinco ou mais fatores, os quatro selecionados são suficientes para aplicação do método, de acordo com orientação da metodologia dos Fatores Críticos.

I – Manter a qualidade e integridade das amostras

II – Treinamento da equipe e fundamentação acadêmica

III - Garantia da qualidade dos resultados e relatórios

IV – Manter alta satisfação dos clientes

¹ Os paleoambientes correspondem aos ambientes antigos no qual ocorreu a formação das rochas. A reconstituição dos paleoambientes exige o estudo dos fácies, características litológicas e paleontológicas das formações geológicas, que permite compreender e interpretar o ambiente existente quando o estrato sedimentar se formou. In Infopédia [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2010. [Consult. 2010-08-11]. Disponível na www: <URL: [http://www.infopedia.pt/\\$paleoambientes](http://www.infopedia.pt/$paleoambientes)>.

Em seguida, determinamos o impacto de cada processo sobre cada FCS, variando de 1 (pequeno impacto) a 5 (alto impacto). Além disso, de acordo com percepção dos empregados e gerentes da organização, estimamos a situação de cada processo, em uma escala de 1 a 5: 1 se o processo é robusto e eficiente, 5 se é ineficiente e tende ao fracasso. O método procura por processos ineficientes e que possuem um alto impacto em um número significativo de FCS. De acordo com SHARP e MCDERMOTT (2001), isso irá identificar os primeiros processos a serem considerados, embora outros aspectos ainda devam ser examinados antes de uma decisão de automação, tais como se existe suporte e patrocínio para uma nova definição do processo e outras questões organizacionais. A tabela 7 abaixo resume os resultados obtidos:

Tabela 7 - Método Fatores Críticos de Sucesso

Processo	FCS				Aval. Imaturidade	Soma
	I	II	III	IV	Situação	
A – Atualizar sistema de geologia	1	1	5	5	4	16
B – Gerar documentação Técnica	1	1	5	5	5	17
C – Integrar resultados de análise	1	3	5	4	5	18
D – Realizar análise de foraminíferos	2	4	3	4	2	15
E – Conduzir análise MEV	2	2	3	4	2	13
F – Distribuir amostras de rocha	5	2	3	2	3	15
G – Conduzir estudo de estratigrafia	2	4	3	4	2	15

De acordo com a abordagem proposta e seguindo a avaliação acima chegamos à classificação apresentada na tabela 8 abaixo. O processo “C – Integrar resultados de análise” obteve a pontuação mais alta e é o candidato indicado, seguido por “B – Gerar Documentação Técnica”.

Tabela 8 – Resultados do Método FCS

Processo	Resultado	Normalizado
C – Integrar resultados de análise	18	1
B – Gerar documentação Técnica	17	0,8
A – Atualizar sistema de geologia	16	0,6
D – Realizar análise de foraminíferos	15	0,4
F – Distribuir amostras de rocha	15	0,4
G – Conduzir estudo de estratigrafia	15	0,4
E – Conduzir análise MEV	13	0

4.2 – Avaliação Segundo Pesquisa com especialistas

Para realizar esta pesquisa, convidamos especialistas no campo da computação autônoma e automação de processos de negócio para analisar o mesmo cenário composto por sete casos e indicar suas preferências para automação autônoma, conforme apresentado na figura 20.

Seleção de Processos de Negócio para Workflow Autônomo [Exit this survey](#)

1. Boas Vindas

<div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px;"></div>	17%
--	-----

Obrigado por aceitar o nosso convite!

O levantamento trata da análise e comparação aos pares de 7 processos de negócio quanto a adequação da utilização de Computação Autônoma em suas implementações. O propósito é descobrir a opinião de especialistas em Computação Autônoma ou Processos de Negócio sobre a automação, com o uso da Computação Autônoma, de tais processos. O cenário é apresentado sucintamente, junto com alguns dados relevantes sobre cada um dos processos. Utilize tais informações para orientar suas escolhas.

Em caso de dúvida, por favor, entre em contato diretamente com Luciano Terres pelo fone (21) 8226-8013 ou por email lucianoterres@gmail.com.

Cordialmente,

Luciano Damiani Terres

UFRJ/COPPE/PESC/Banco de Dados
Orientador: Jano Moreira de Souza
Co-orientador: José Rodrigues Neto

1. Por favor, preencha seu nome abaixo

Name:

Figura 20 – Apresentação do Levantamento

No experimento, os especialistas receberam os mesmos dados utilizados nos outros métodos utilizados no estudo de caso. De acordo com a figura 21, apresentamos as características da organização, as definições e métricas de cada processo e as vantagens que um workflow autônomo oferece para a automação de processos de negócio.

2. Introdução

Em Computação Autônoma[1], um sistema autônomo deve conhecer a si mesmo, ser capaz de se auto-configurar e reconfigurar quando confrontado com situações imprevistas, procurar por otimizações, ser capaz de se auto-curar e auto-recuperar de falhas críticas, se auto-protger, compreender o ambiente e o contexto em torno das atividades, antecipar otimizações de recursos necessários e esconder a complexidade do usuário. Com base nestes requisitos foram concebidas as regras autônomas CHOP: auto-configuração, auto-cura, auto-otimização e auto-proteção as quais determinam as características de um sistema autônomo.

Os princípios da Computação Autônoma quando empregados na gestão de recursos de infraestrutura como em um *storage*, por exemplo, podem minimizar a intervenção humana para otimizar ou corrigir falhas neste equipamento de armazenamento de dados. O recurso pode sozinho monitorar e detectar uma falha em algum de seus discos rígidos, distribuir automaticamente os dados entre os discos restantes e enviar um chamado para o fabricante solicitando a substituição do disco defeituoso.

Em nosso trabalho estamos interessados na aplicação dos princípios da computação autônoma na gestão de processos de negócio, mais especificamente na automação autônoma de processos, ou workflow autônomo.

Os workflows autônomos são considerados como uma nova abordagem autônoma de execução de processos de negócios baseada em workflow [2] Compõem sistemas capazes de gerenciar a si mesmo com o mínimo de intervenção humana. Permitem ser dinamicamente especificados e adaptados através de regras do tipo Event-Condition-Action (ECA).

O workflow autônomo deve ser provido de inteligência que analise situações e deduza adaptações em tempo de execução. Instâncias nas quais atividades possuem potencial de falhas podem ser automaticamente substituídas por outras atividades, representando uma adaptação preditiva. Também é possível reparar automaticamente falhas lógicas, em uma adaptação reativa, através da utilização de soluções planejadas e técnicas de resolução de problemas. [3]

Geralmente, as adaptações, correções, reconfigurações ou propostas de otimização no workflow são feitas diretamente pelo gerente. Além de potencialmente complexas também demandam conhecimento completo do contexto do processo, envolvendo processos relacionados e recursos necessários. Como o tempo do gerente é geralmente muito caro para a organização, o workflow autônomo objetiva reduzir a necessidade de intervenção gerencial durante a execução do processo de negócio.[4]

Assim, por exemplo, os candidatos a workflow autônomos podem ser mais suscetíveis a mudanças no processo, variações ambientais, falhas em atividades ou recursos, enquanto tais quesitos não são desejáveis em candidatos a workflow tradicionais.

[1] R. Murch, *Autonomic Computing*, IEM Press, 2004.
 [2] G. Zhang, C. Jiang, J. Sha, e P. Sun, "Autonomic Workflow Management in the Grid," *Computational Science – ICCS 2007*, 2007, pp. 220-227.
 [3] M. Strohmaier e E. Yu, "Towards autonomic workflow management systems," *Proceedings of the 2006 conference of the Center for Advanced Studies on Collaborative research*, Toronto, Ontario, Canada: ACM, 2006, p. 34.
 [4] J. Rodrigues Nt, P. Monteiro, J. de O. Sampaio, J. de Souza, e G. Zimbrão, "Autonomic Business Processes Scalable Architecture," *Business Process Management Workshops*, 2008, pp. 78-83.

Prev Next

Figura 21 – Apresentação do Contexto

A seguir, os participantes iniciam a etapa de comparação, mostrada na figura 22, na qual avaliam cada processo candidato. A pesquisa consiste de uma comparação aos pares entre os sete processos de negócio, seguindo o Processo Analítico Hierárquico – ou AHP. O AHP, acrônimo para Analytic Hierarchy Process, é um método para auxiliar as pessoas na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o AHP ajuda as pessoas a escolher e a justificar a sua escolha. Baseado em matemática e psicologia, utiliza um índice de consistência para verificar se os valores atribuídos aos critérios são coerentes quando considerados em conjunto. Foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas Saaty e tem sido extensivamente estudado e refinado desde então (DYER, R. F.; FORMAN, 1992). Utilizamos o serviço oferecido

pelo site [surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com) e a ferramenta Expert Choice™ (EXPERT CHOICE, 2000), figura 24, para conduzir a pesquisa segundo o método AHP.

http://www.surveymonkey.com/s.aspx?PREVIEW_MODE=DO_NOT_USE_THIS_LINK_FOR_COLLECTION&sm=6prQ9EGB6Ueg4vI7vAESN65XNIMDpktZy%2bt5wrXIdA0%3d

Seleção de Processos de Negócio para Workflow Autônomo [Exit this survey](#)

6. Avaliação Final - Comparação aos Pares

100%

Com base nestas definições gostaríamos de saber sua opinião sobre a adequação dos processos à automação autônoma. Qual processo obterá mais vantagens de soluções autônomas do tipo CHOP oferecidas em um workflow autônomo executado em um gerenciador autônomo de workflow ?

Classificação:
Muito Inferior
Inferior
Indiferente
Superior
Muito Superior

Exemplo:
A Inferior B - o processo A é menos adequado à automação comparado ao processo B.
A Superior B - o processo A é mais adequado à automação comparado ao processo B.

1. Classifique o Processo "A.Sistema de Geologia" com relação a cada um dos processos abaixo.

	muito inferior	inferior	indiferente	superior	muito superior
B.Gerar Relatórios	<input type="radio"/>				
C.Integrar métodos	<input type="radio"/>				
D.Análise de Foraminíferos	<input type="radio"/>				
E.Análise MEV	<input type="radio"/>				
F.Distribuição da amostra	<input type="radio"/>				
G.Estudo de Estratigrafia	<input type="radio"/>				

2. Comparando o Processo "B.Gerar Relatórios" com os processos abaixo, indique a sua preferência na escolha para a automação do processo com utilização de Computação Autônoma.

	muito inferior	inferior	indiferente	superior	muito superior
C.Integrar métodos	<input type="radio"/>				
D.Análise de Foraminíferos	<input type="radio"/>				
E.Análise MEV	<input type="radio"/>				
F.Distribuição da amostra	<input type="radio"/>				
G.Estudo de Estratigrafia	<input type="radio"/>				

Figura 22 – Formulário do Levantamento

Oito especialistas responderam ao estudo e seus resultados combinados, conforme figura 23, obtiveram um índice de inconsistência muito baixo de 0.0083, próximo ao ideal. Entre as avaliações, a taxa média de inconsistência foi de 0.05, enquanto a maior inconsistência foi de 0.094. A taxa medida de inconsistência de um conjunto segue a propriedade transitiva. O método AHP considera aceitáveis todos os

julgamentos com taxa de inconsistência menor do que 0.10. Dessa forma, não foi preciso descartar nenhum julgamento por falta de consistência.

PÁGINA: AVALIAÇÃO FINAL - COMPARAÇÃO AOS PARES

1. Classifique o Processo "A.Sistema de Geologia" com relação a cada um dos processos abaixo. [Criar gráfico](#) [Baixar](#)

	muito inferior	inferior	indiferente	superior	muito superior	Média de avaliação	Contagem de resp.
B.Gerar Relatórios	37,5% (3)	25,0% (2)	25,0% (2)	12,5% (1)	0,0% (0)	-0,88	8
C.Integrar métodos	0,0% (0)	12,5% (1)	50,0% (4)	25,0% (2)	12,5% (1)	0,38	8
D.Análise de Foraminíferos	57,1% (4)	14,3% (1)	28,6% (2)	0,0% (0)	0,0% (0)	-1,29	7
E.Análise MEV	25,0% (2)	0,0% (0)	50,0% (4)	25,0% (2)	0,0% (0)	-0,25	8
F.Distribuição da amostra	50,0% (4)	12,5% (1)	12,5% (1)	25,0% (2)	0,0% (0)	-0,88	8
G.Estudo de Estratigrafia	25,0% (2)	25,0% (2)	25,0% (2)	25,0% (2)	0,0% (0)	-0,50	8
						questão respondida	8
						questão ignorada	0

Figura 23 – Resultado do Levantamento

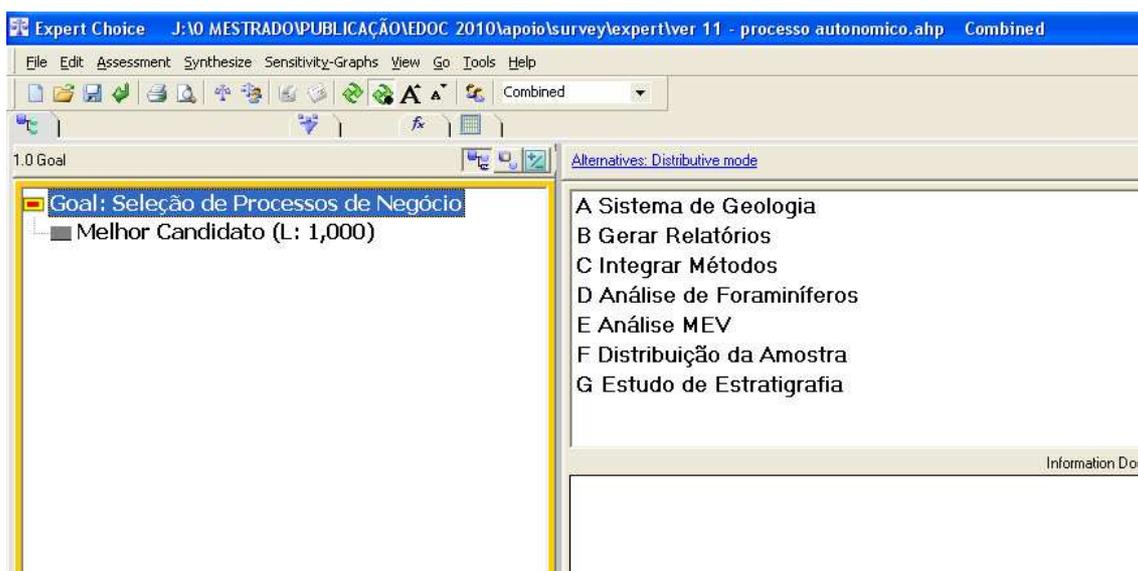


Figura 24 – Expert Choice – Ferramenta de Análise AHP

O resultado combinado da avaliação dos especialistas, apresentado graficamente na figura 25 e na tabela 9 abaixo, indica o processo “F - Distribuir amostras de Rocha” seguido por “D- Executar Análise de Foraminíferos” como os processos preferidos para automação autônoma.

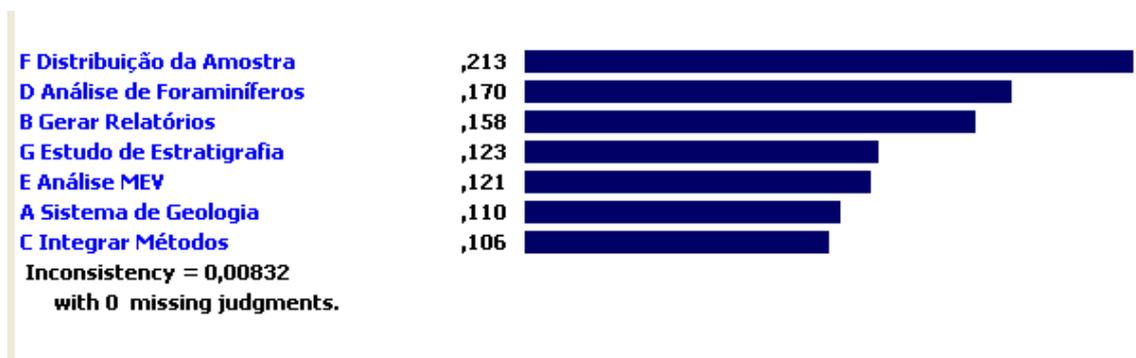


Figura 25 – Resultado da análise AHP

Tabela 9 – Resultado do levantamento com os especialistas

Processo	Resultado	Nor*
F – Distribuir amostras de rocha	0,213	1,00
D – Realizar análise de foraminíferos	0,170	0,6
B – Gerar documentação Técnica	0,158	0,49
G – Conduzir estudo de estratigrafia	0,123	0,16
E – Conduzir análise MEV	0,121	0,14
A – Atualizar sistema de geologia	0,110	0,04
C – Integrar resultados de análise	0,106	0,00

Nor* - resultado normalizado

4.3 – Avaliação Segundo Método de Seleção para Automação

Autônoma

Nesse método de avaliação dos processos utilizamos as seguintes categorias de critérios: A - Tamanho, B-Diversidade, C- Frequência, D- Evolução, E – Distribuição. Como visto, cada categoria representa um conjunto de critérios mensuráveis. Para auxiliar a análise dos processos foi utilizada a ferramenta FAAP de inspeção de modelos de processo para obter medições dos critérios disponíveis. Os critérios não

disponíveis no modelo foram obtidos por consulta aos gerentes da área e inseridos no questionário da ferramenta FAAP.

A tabela 10 apresenta os resultados finais obtidos.

Tabela 10 – Resultado do Método Workflow Autônomo

Processo	A	B	C	D	E	Resultado	Normal*
F – Distribuir amostras de rocha	7,59	8,33	8	8	6	7,57	1,00
D – Realizar análise de foraminíferos	8,61	4,92	6	9	4	5,89	0,69
B – Gerar documentação Técnica	3,52	1,75	6	7	4	4,00	0,35
G – Conduzir estudo de estratigrafia	5,83	6	4	3	4	3,31	0,23
E – Conduzir análise MEV	1,11	2,33	4	5	2	2,87	0,15
C – Integrar resultados de análise	0,65	1,5	6	4	2	2,51	0,08
A – Atualizar sistema de geologia	2,04	1,17	8	2	2	2,07	0,00

Nor* - resultado normalizado

Os valores das colunas A – Tamanho e B-Diversidade foram obtidos através da análise dos modelos de processo. A análise dos modelos foi processada de forma automática pela ferramenta FAAP, normalizados de acordo com a fórmula descrita na Equação 1 e, para manter a mesma escala, multiplicados por 10. Os valores C- “Frequência”, D- “Evolução” e E – “Distribuição” foram obtidos através de entrevistas junto aos empregados e gerentes da empresa participante. Os resultados possíveis da avaliação destas colunas variavam entre 0 e 10. O resultado final também foi normalizado de acordo com a Equação 1.

A seguir, ordenamos os processos de acordo com o resultado produzido pelo método. O processo que obteve resultado mais alto foi “*F-Distribuir amostras de rochas*” seguido por “*Realizar análise de Foraminíferos*”. Dessa forma, de acordo com a método proposto, estes são os dois processos mais indicados à automação autônoma.

4.4 – Comparação de Resultados

De acordo com o resultado de cada metodologia, observamos que houve uma grande correspondência entre os métodos “*Seleção para Workflow Autônomo*” e a “*Pesquisa com especialistas*”. A correspondência foi quase exata. Houve uma reversão de posição apenas entre os dois últimos candidatos, ou seja, entre os processos menos apropriados para automação autônoma. Além disso, ambos os métodos indicaram os mesmos dois processos como melhores processos. Igualmente, observamos que estes processos pontuaram muito alto nos grupos “*evolução*” e “*distribuição*”. Como mostrado na tabela 4, esses grupos possuem as mais altas avaliações no quesito intervenção humana em coordenação dos processos em execução. Isso consistentemente os assinala como bons candidatos potenciais, pois suas execuções podem obter mais benefícios da computação autônoma, reduzindo dessa forma a intervenção humana em coordenação.

Por outro lado, não há correlação entre os resultados do método de fatores críticos de sucesso e os outros dois métodos empregados neste trabalho. A ordem é muito diferente, tal qual mostrada na tabela abaixo. Antes de tudo, o processo C é o mais apropriado indicado pelo método FCS, mas está entre os menos indicados pelos outros dois métodos. Dessa forma, mostramos que um método tradicional para a seleção de processos para automação não pode ser prontamente utilizado para a seleção de processos visando à automação autônoma. Igualmente, demonstramos que nosso método analítico de avaliação obteve um resultado muito próximo da avaliação de um grupo de especialistas da área, com a vantagem de poder ser sistematicamente repetível por usuários não especializados, bastando para isso mensurar os critérios estabelecidos.

Tabela 11 - Comparação dos Métodos

Ordem de indicação	FCS²	Pesquisa com especialistas	SAA¹
1.	C	F	F
2.	B	D	D
3.	A	B	B
4.	G	G	G
5.	F	E	E
6.	D	A	C
7.	E	C	A

1 – SAA – Seleção para Automação Autônoma

2- FCS – Fatores Críticos de Sucesso

Capítulo 5 – Conclusão

Este capítulo apresenta as considerações finais, relembra o problema e mostra a solução proposta juntamente com as contribuições. Posteriormente, são discutidas propostas de trabalhos futuros para uma possível continuação.

Para tratar com o aumento da complexidade dos sistemas computacionais, surgiu a teoria da Computação Autônômica. A partir da combinação entre computação autônômica e gestão de processos de negócios foi proposta a automação autônômica de processos de negócio. O objetivo principal da automação autônômica é contribuir para a melhoria dos processos através de seu autogerenciamento, reduzir a intervenção humana no gerenciamento, tratar os impactos negativos gerados pelas exceções e assegurar que os recursos sejam disponibilizados de forma ótima.

Devido ao caráter inovador da idéia de automação autônômica e à incerteza para indicar um processo de negócio apropriado à automação autônômica, entendemos ser necessário sistematizar um método de seleção de processos de negócio candidatos a este tipo de automação.

Neste trabalho, propomos uma metodologia baseada nos benefícios esperados que ajuda a indicar os processos de negócio mais apropriados para uma automação autônômica. Para esse fim, analisamos métricas de processos de negócio, os tipos associados de intervenção humana para gerenciamento do processo, e propomos critérios de avaliação específicos para a automação autônômica. Dividimos esses critérios em grupos por similaridade e ponderamos seu peso de acordo com a contribuição associada a cada critério. Esses grupos de critérios ponderados são a base para a avaliação e ordenamento dos processos candidatos.

Não encontramos nos trabalhos relacionados métodos específicos de seleção de processos para automação autônoma. Nesse sentido, nosso trabalho é pioneiro na discussão de critérios específicos e na formulação de uma metodologia para solucionar o problema.

Neste trabalho validamos os resultados através da realização de um estudo de caso, tal qual em outros trabalhos correlatos de busca e seleção de workflow ou de componentes de workflow (BECKER ET AL., 1999) (CALABRESE ET AL., 2006) (DIO, 2007) (KVALØY ET AL., 2005). Entretanto, de forma complementar aos trabalhos citados, comparamos os resultados com outros métodos de seleção para workflows tradicionais e também com uma pesquisa realizada com especialistas na área.

Baseado nesses resultados, por um lado mostramos que a metodologia proposta é um caminho estruturado que pode ser utilizado satisfatoriamente como uma alternativa a opinião de especialistas. Por outro lado, mostramos que os métodos tradicionais de seleção de processos de negócio para automação não-autônoma não podem ser utilizados prontamente e de maneira satisfatória visando métodos autônicos de automação.

Com intuito de apoiar a metodologia foi desenvolvida a ferramenta FAAP de análise de processos. A ferramenta FAAP automatiza a análise de uma massa de dados sobre processos de negócio, encapsulada em um pacote de processos no formato XPDL, permitindo trabalhar de forma mais satisfatória com um grande número de processos de negócio. O pacote de processos em XPDL é a ponte para interação com outras ferramentas de modelagem e automação de Processos de Negócio como Aris Business Modeler e TIBCO Business Studio.

Até onde fomos capazes de investigar, este trabalho contribui para utilização da metodologia de automação autonômica, abordando questões importantes para o sucesso de um projeto de automação autonômica.

Além da metodologia de seleção e da ferramenta FAAP de análise de processos, também foi definido um processo para seleção de processos de negócio candidatos à automação autonômica

5.1 – Trabalhos Futuros

Como uma primeira proposta de trabalho futuro, seria muito interessante realizar uma implementação autonômica dos processos de negócio indicados. Dessa forma, teríamos outra forma para validar e aprimorar o método de seleção através da análise de métricas e da intervenção humana no suporte à execução, medidas antes e depois da automação do processo de negócio.

O alinhamento mais dinâmico entre a estratégia corporativa e as metas dos processos de negócio introduz novos desafios para a automação autonômica de processos. Novas pesquisas podem ser realizadas para identificar como mapear e transferir alterações na estratégia corporativa para modificações nas metas dos processos e no gerenciamento autonômico destes processos. Para isso, seria importante definir quais os elos entre as metas dos processos de negócio e a gestão autonômica do workflow. De forma coerente com essas ligações teríamos diferentes critérios para identificação dos melhores candidatos para uma automação autonômica focada no cumprimento de metas. Além disso, ainda é preciso estudar que tipos de metas podem ser mais facilmente satisfeitas pelo gerenciamento do workflow autonômico.

Outra oportunidade para progressão na análise de candidatos é olhar mais fundo nos modelos de processos. Nesse sentido, é possível procurar, analisar e indicar atividades, recursos e nós de ligação mais apropriados para receber regras autonômicas

e assim auxiliar na modelagem do workflow autônomo. Além disso, essas atividades candidatas também poderiam ser mais uma medida na seleção de processos candidatos à automação.

De forma semelhante, outra possibilidade é analisar logs de workflows tradicionais visando identificar processos de negócio mais apropriados para uma automação autônoma.

Referências Bibliográficas

- AALST, W. M. P. V. D.; DONGEN, B. F. V.; ET AL. Workflow mining: a survey of issues and approaches. **Data Knowl. Eng.**, v. 47, n. 2, p. 237-267, 2003.
- AALST, W. M. P. V. D.; TER HOFSTEDE, A. H.; WESKE, M. Business Process Management: A Survey. In: **Business process management: international conference, BPM 2003, Eindhoven, the Netherlands, June 26-27, 2003: proceedings**, p. 1, 2003.
- VAN DER AALST, W.; KIEPUSZEWSKI, B.; BARROS, A. Workflow Patterns. **Distributed and Parallel Databases**, v. 14, n. 1, p. 5-51 doi: 10.1023/A:1022883727209, 2003.
- ANDONOFF, E.; BOUAZIZ, W.; HANACHI, C.; BOUZGUENDA, L. An Agent-Based Model for Autonomic Coordination of Inter-Organizational Business Processes. **Informatica**, v. 20, n. 3, p. 323-342, 2009.
- BAE, J.; BAE, H.; KANG, S. H.; KIM, Y. Automatic control of workflow processes using ECA rules. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, v. 16, n. 8, p. 1010–1023, 2004.
- BARRETT, R.; MAGLIO, P. P.; KANDOGAN, E.; BAILEY, J. Usable autonomic computing systems: The system administrators' perspective. **Advanced Engineering Informatics**, v. 19, n. 3, p. 213–221, 2005.
- BEAUDOUIN-LAFON, M.; OTHERS. **Computer supported co-operative work**. Wiley, 1999.
- BECKER, J.; UTHMANN, C.; ZUR MUHLEN, M.; ROSEMANN, M. Identifying the workflow potential of business processes. In: **System Sciences, 1999. HICSS-32. Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on**.

- Track5, p.10 pp. doi: 10.1109/HICSS.1999.772962, 1999.
- BREITGAND, D.; HENIS, E.; SHEHORY, O. Automated and Adaptive Threshold Setting: Enabling Technology for Autonomy and Self-Management. In: **Proceedings of the Second International Conference on Automatic Computing**p.204-215 IEEE Computer Society., 2005.
- BURGESS, M.; COUCH, A. Autonomic computing approximated by fixed-point promises. In: **Proceedings of the First IEEE International Workshop on Modeling Autonomic Communication Environments (MACE), Multicon Verlag**p.197–222, 2006.
- CALABRESE, F.; DI DIO, G.; FASOLINO, A.; TRAMONTANA, P. A Methodology for Searching Reusable Business Processes. In: **Telecommunications, 2006. AICT-ICIW '06. International Conference on Internet and Web Applications and Services/Advanced International Conference on**p.153, 2006.
- CASATI, F.; CERI, S.; PERNICI, B.; POZZI, G. Workflow evolution. **Data Knowl. Eng.**, v. 24, n. 3, p. 211-238, 1998.
- CASATI, F.; CERI, S.; PARABOSCHI, S.; POZZI, G. Specification and implementation of exceptions in workflow management systems. **ACM Trans. Database Syst.**, v. 24, n. 3, p. 405-451 doi: 10.1145/328939.328996, 1999.
- CASATI, F.; GRAZIA FUGINI, M.; MIRBEL, I.; PERNICI, B. WIRES: A Methodology for Developing Workflow Applications. **Requirements Engineering**, v. 7, n. 2, p. 73-106 doi: 10.1007/s007660200006, 2002.
- DAVENPORT, T. H.; JAMES, E. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. **Sloan Management Review**, p. 11–27, 1990.

- DAYAL, U.; HSU, M.; LADIN, R. Business process coordination: State of the art, trends, and open issues. In: **Proceedings of the 27th International Conference on Very Large Data Bases** p.3–13, 2001.
- DIO, G. D. ARWOPS: A Framework for Searching Workflow Patterns Candidate to be Reused. In: **Proceedings of the Second International Conference on Internet and Web Applications and Services** p.33 IEEE Computer Society., 2007.
- DYER, J. Maut — Multiattribute Utility Theory. In: **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys** p.265-292, 2005.
- DYER, R. F.; FORMAN, E. H. Group decision support with the analytic hierarchy process. **Decis. Support Syst.**, v. 8, n. 2, p. 99-124, 1992.
- ELLIS, C. A.; NUTT, G. J. Workflow: The process spectrum. In: **Proceedings of the NSF Workshop on Workflow and Process Automation in Information Systems** p.140–145, 1996.
- EXPERT CHOICE, I. **Expert Choice Decision Support Software**. RWS publications, Pittsburg, USA, 2000.
- FINK, G. A.; FRINCKE, D. **Autonomic Computing: Freedom or Threat?** Richland, WA - US: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), 2007.
- GANEK, A. G.; CORBI, T. A. The dawning of the autonomic computing era. **IBM Systems Journal**, v. 42, n. 1, p. 5–18, 2003.
- GEORGAKOPOULOS, D.; HORNICK, M.; SHETH, A. An overview of workflow management: From process modeling to workflow automation infrastructure. **Distributed and Parallel Databases**, v. 3, n. 2, p. 119-153 doi: 10.1007/BF01277643, 1995.
- GREENWOOD, D. Autonomic goal-oriented business process management. **PROC. OF THE 3TH INT'L CONF. ON AUTONOMIC AND AUTONOMOUS**

- SYSTEMS. WASHINGTON: IEEE COMPUTER SOCIETY**, p. 43--48, 2007.
- GREENWOOD, D. Goal-Oriented Autonomic Business Process Modeling and Execution: Engineering Change Management Demonstration. In: **Business Process Management**p.390-393, 2008.
- GRIGORI, D.; CASATI, F.; DAYAL, U.; SHAN, M. C. Improving business process quality through exception understanding, prediction, and prevention. In: **Proceedings Of The International Conference On Very Large Data Bases**p.159–168, 2001.
- GRUBER, H.; HUEMER, C. Selecting business processes for automation by WFMS: An Evaluation Framework. In: , 2008.
- HAMMER, M. **The Reengineering Revolution**. 1° ed. Harper Paperbacks, 1995.
- HARIRI, S.; KHARGHARIA, B.; CHEN, H.; ET AL. The autonomic computing paradigm. **Cluster Computing**, v. 9, n. 1, p. 5–17, 2006.
- HEINIS, T.; PAUTASSO, C.; ALONSO, G. Design and Evaluation of an Autonomic Workflow Engine. In: **Proceedings of the Second International Conference on Automatic Computing**p.27-38 IEEE Computer Society., 2005.
- HORN, P. Autonomic computing: IBM's Perspective on the State of Information Technology. IBM, 2001.
- HUEBSCHER, M. C.; MCCANN, J. A. A survey of autonomic computing: degrees, models, and applications. **ACM Comput. Surv.**, v. 40, n. 3, p. 1-28 doi: 10.1145/1380584.1380585, 2008.
- JESTON, J.; NELIS, J. **Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations**. illustrated edition ed. Butterworth-Heinemann, 2006.

- KEPHART, J.; CHESS, D. The vision of autonomic computing. **Computer**, v. 36, n. 1, p. 41-50 doi: 10.1109/MC.2003.1160055, 2003.
- KEPHART, J. O. Research challenges of autonomic computing. In: **Proceedings of the 27th international conference on Software engineering**p.15-22 St. Louis, MO, USA: ACM. doi: 10.1145/1062455.1062464, 2005.
- KOEHLER, J.; GIBLIN, C.; GANTENBEIN, D.; HAUSER, R. On autonomic computing architectures. **Research Report (Computer Science) RZ**, v. 3487, 2003.
- KVALØY, T. A.; RONGEN, E.; TIRADO-RAMOS, A.; SLOOT, P. Automatic Composition and Selection of Semantic Web Services. In: **Advances in Grid Computing - EGC 2005**p.184-192, 2005.
- LAGUS, K.; ALHONIEMI, E.; VALPOLA, H. Independent Variable Group Analysis. In: **Artificial Neural Networks — ICANN 2001**p.203-210 Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/3-540-44668-0_29. Acesso em: 25 Mar 2010, 2001.
- LEE, J.; LEE, D.; KANG, S. An Overview of the Business Process Maturity Model (BPMM). In: **Advances in Web and Network Technologies, and Information Management**p.384-395, 2010.
- LEE, K.; SAKELLARIOU, R.; PATON, N. W.; FERNANDES, A. A. A. Workflow adaptation as an autonomic computing problem. In: **Proceedings of the 2nd workshop on Workflows in support of large-scale science**p.29-34 Monterey, California, USA: ACM. doi: 10.1145/1273360.1273366, 2007.
- LIST, B.; KORHERR, B. An Evaluation of Conceptual Business Process Modelling Languages. , 2006.
- MANOLESCU, D. A.; JOHNSON, R. E. **Patterns of workflow management facility**. Citeseer, 1998.

- MCCANN, J. A.; HUEBSCHER, M. C. Evaluation issues in autonomic computing. **Lecture notes in computer science**, p. 597–608, 2004.
- MONTEIRO JR, P. C.; RODRIGUES NT, J. A.; OLIVEIRA, J.; SOUZA, J. ABPM: Autonomic Business Process Manager. In: **LAACS 2008** GRamado, 2008.
- MUEHLEN, M. Z.; ROSEMANN, M. Workflow-Based Process Monitoring and Controlling - Technical and Organizational Issues. In: **Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences-Volume 6 - Volume 6**p.6032 IEEE Computer Society. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=820360>. Acesso em: 2 Ago 2009, 2000.
- MULLER, H. A.; O'BRIEN, L.; KLEIN, M.; WOOD, B. Autonomic computing. **Technical Note by Carnegie Mellon University**, 2006.
- PARASHAR, M.; HARIRI, S. Autonomic computing: An overview. **Lecture notes in computer science**, v. 3566, p. 257–269, 2005.
- PAUTASSO, C.; HEINIS, T. Automatic Configuration of an Autonomic Controller: An Experimental Study with Zero-Configuration Policies. In: , 2008.
- PAUTASSO, C.; HEINIS, T.; ALONSO, G. Autonomic resource provisioning for software business processes. **Information and Software Technology**, v. 49, n. 1, p. 65-80 doi: 10.1016/j.infsof.2006.08.010, 2007.
- REIJERS, H.; SONG, M.; JEONG, B. On the Performance of Workflow Processes with Distributed Actors: Does Place Matter? In: **Business Process Management**p.32-47, 2007.
- RINDERLE, S.; REICHERT, M.; DADAM, P. Correctness criteria for dynamic changes in workflow systems: a survey. **Data Knowl. Eng.**, v. 50, n. 1, p. 9-34, 2004.
- RODRIGUES NT, J. A.; MONTEIRO JR, P. C.; OLIVERIA, J.; DE SOUZA, J. M.;

- ZIMBRÃO, G. Towards an Autonomic Enterprise: From Autonomic Business Processes to Autonomic Balanced Scorecard. , 2007.
- RODRIGUES NT., J.; MONTEIRO, P.; DE O. SAMPAIO, J.; DE SOUZA, J.; ZIMBRÃO, G. Autonomic Business Processes Scalable Architecture. In: **Business Process Management Workshops**p.78-83, 2008.
- SCHEER, A. W. **ARIS-business process modeling**. Springer Verlag, 2000.
- SHAN, E. Y.; CASATI, F.; DAYAL, U. Self-managed workflow process execution. **International Journal of Business Process Integration and Management**, v. 1, n. 2, p. 55–64, 2006.
- SHARP, A.; MCDERMOTT, P. **Workflow Modeling: Tools for Process Improvement and Application Development**. 1º ed. Artech House Publishers, 2001.
- SRINIVASAN, R.; RAGHUNANDAN, H. P. On the existence of truly autonomic computing systems and the link with quantum computing. **Arxiv preprint cs.LO/0411094**, 2004.
- STERRITT, R. Autonomic computing. **Innovations in Systems and Software Engineering**, v. 1, n. 1, p. 79-88 doi: 10.1007/s11334-005-0001-5, 2005.
- STOJANOVIC, L.; SCHNEIDER, J.; MAEDCHE, A.; ET AL. The role of ontologies in autonomic computing systems. **IBM Systems Journal**, v. 43, n. 3, p. 598–616, 2004.
- STROHMAIER, M.; YU, E. Towards autonomic workflow management systems. In: **Proceedings of the 2006 conference of the Center for Advanced Studies on Collaborative research**p.34 Toronto, Ontario, Canada: ACM. doi: 10.1145/1188966.1189012, 2006.
- STRONG, D. M.; MILLER, S. M. Exceptions and exception handling in computerized

- information processes. **ACM Transactions on Information Systems (TOIS)**, v. 13, n. 2, p. 233, 1995.
- TIANFIELD, H.; UNLAND, R. Towards autonomic computing systems. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 17, n. 7, p. 699, 689, 2004.
- TIBCO, P. E. TIBCO Software Inc. **Palo Alto, CA, USA**, 2000.
- VERMA, K.; SHETH, A. Autonomic Web Processes. In: **Service-Oriented Computing - ICSOC 2005**p.1-11 , 2005.
- WALDROP, M. M. Autonomic computing: The technology of self-management. **Foresight and Governance Project, Woodrow Wilson International Center for Scholars**, 2003.
- WESKE, M. **Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures**. Springer., 2007.
- WFMC. **Workflow Management Coalition Workflow Standard: Workflow Process Definition Interface – XML Process Definition Language (XPDL) (WFMC-TC-1025)**. Lighthouse Point, Florida, USA, 2002.
- WFMC. Terminology & Glossary, The Workflow Management Coalition Specification. , 1999.
- ZHANG, G.; JIANG, C.; SHA, J.; SUN, P. Autonomic Workflow Management in the Grid. In: **Computational Science – ICCS 2007**p.220-227, 2007.