

## Reorganização Dinâmica em Situações de Gestão de Crise

Sérgio Guerreiro

Instituto de Sistemas e Robótica

IST Torre Norte, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

[slguerreiro@clix.pt](mailto:slguerreiro@clix.pt)

José Tribolet

INESC-INOVAÇÃO

Rua Alves Redol 9, 1000-029 Lisboa, Portugal

[jose.tribolet@inesc.pt](mailto:jose.tribolet@inesc.pt)

João Sequeira

Instituto Superior Técnico / Instituto de Sistemas e Robótica

IST Torre Norte, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

[jseq@isr.ist.utl.pt](mailto:jseq@isr.ist.utl.pt)

### Resumo

O presente artigo apresenta um paradigma para a reorganização dinâmica de processos de negócio baseado na gestão de situações de crise. A reorganização é originada pelas variações ocorridas no ambiente externo e resulta no alinhamento entre objectivos estratégicos e implementação dos processos. É utilizado o conceito de medidas de desempenho do processo para efectuar o disparo das reorganizações. O comportamento dinâmico é obtido incluindo os processos de negócio e as metodologias de controlo numa malha de realimentação. São apresentados resultados experimentais obtidos num exemplo de navegação de um robot num ambiente desconhecido a priori.

**Palavras chave:** Gestão de crise, simulação, reorganização dinâmica, realimentação, decisão

### 1 Introdução

Este artigo propõe uma abordagem para a gestão de situações de crise [Crisis] em ambientes empresariais recorrendo à reorganização dinâmica dos processos de negócio. Num ambiente empresarial uma empresa é um sistema dinâmico que está constantemente a enfrentar alterações do ambiente externo [Laudon, K.]. A escolha da reorganização correcta em cada instante é tipicamente um problema de decisão.

Recorre-se a ferramentas automáticas de suporte à reorganização dinâmica com o objectivo de por um lado simular cenários de reorganização e por outro para automatizar a formulação de decisões.

A ideia chave na implementação de ferramentas automáticas é a definição do conceito de eventos. Os eventos são baseados em estados das variáveis do ambiente e são utilizados para despoletar opções estratégicas de reorganização. Estas opções são definidas *a priori* a partir do conhecimento específico do ambiente e da dinâmica dos processos de negócio empresariais. Um

exemplo conhecido de uma metodologia de reorganização dinâmica pode ser encontrado em [Malone et al. 1999]. No entanto, o principal foco desta metodologia é a criação das acções de reorganização e não a sua implementação efectiva nos processos de negócio. O presente artigo preocupa-se em fazer a ligação entre as acções de reorganização que cumprem os objectivos estratégicos da Empresa e as acções que implementam as reorganizações sobre os respectivos Sistemas de Informação.

Para fornecer uma vertente prática sobre a teoria de reorganização dinâmica apresentada neste artigo é formulada uma plataforma de simulação que permite testar reorganizações sobre um exemplo bem conhecido na área da Robótica: a navegação em ambientes desconhecidos.

O artigo encontra-se organizado da seguinte forma: a secção 2 apresenta os principais conceitos relacionados com o paradigma da reorganização dinâmica. A secção 3 apresenta uma ferramenta concebida para suportar a reorganização dinâmica. A secção 4 detalha um contexto de utilização para um caso de estudo na área da Robótica (que contém as principais características de um processo de negócio empresarial). A secção 5 apresenta os resultados experimentais. Finalmente, a secção 6 apresenta as conclusões e trabalho futuro.

## 2 Principais conceitos da proposta de reorganização dinâmica

A funcionalidade da reorganização dinâmica é a de estabelecer uma relação entre os objectivos estratégicos de negócio e os processos de negócio. Sempre que existe algum desalinhamento entre estratégia e sistemas este deverá ser identificado na altura correcta e tomada(s) a(s) acção(ões) correctivas necessárias. Será ainda expectável que, numa situação em que não seja possível atingir todos os objectivos estratégicos propostos, seja feita uma selecção dos sub-objectivos a atingir, por exemplo: no caso de falha de uma missão espacial Robótica a Marte deverão ser definidos outros subobjectivos que permitam que a missão tenha algum tipo de retorno.

A Figura 1, representa um diagrama de transição de estado em UML (ver [OMG 2002]) que descreve a proposta a nível lógico da reorganização dinâmica de processos de negócio. Para estabelecer a ponte entre objectivos estratégicos e implementação de sistemas é utilizada a metodologia CEO<sup>1</sup>, [Caetano A. 2001].

O Reorganization Module (RM) comporta em 3 diferentes passos: (passo 1) a definição e aquisição de um conjunto pré-definido de variáveis de desempenho do processo - Process Measure Mediation, (passo 2) analisa se alguma expressão pré-definida está a ser violada - Risk Mapping e o (passo 3) que resolve os conflitos entre acções candidatas para reorganização – Reorganization. Os 3 passos do RM são invocados sempre que o Process Module (PM) despoleta uma necessidade de reorganização. À informação envolvida nos 3 passos do RM dá-se o nome de plano estratégico. Quando não existe uma solução de reorganização para as condições apresentadas pelo RM então diz-se que os processos de negócio estão numa situação de *deadlock* (usualmente é definido como: a situação em que um processo está à espera de um evento produzido por outro processo, mas em que o segundo não está em condições de o produzir, num *deadlock* os processos não acabam a sua execução e os recursos alocados por cada um deles não são libertos).

O RM é identificado como o módulo que contém o conceito de controlo reactivo, isto é, recebe as condições actuais do processo e reage realimentando o PM com as respectivas acções correctivas. As acções correctivas são entregues ao Goal Modelling Methodology (GMM) que é responsável por mapear as ordens de alto nível em ordens ao nível dos Sistemas de Informação,

---

<sup>1</sup> Acrónimo para Centro de Engenharia Organizacional do INESC INOV.

tendo a preocupação constante de prever situações de potencial risco. Contém assim o conceito de controlo pro-activo.

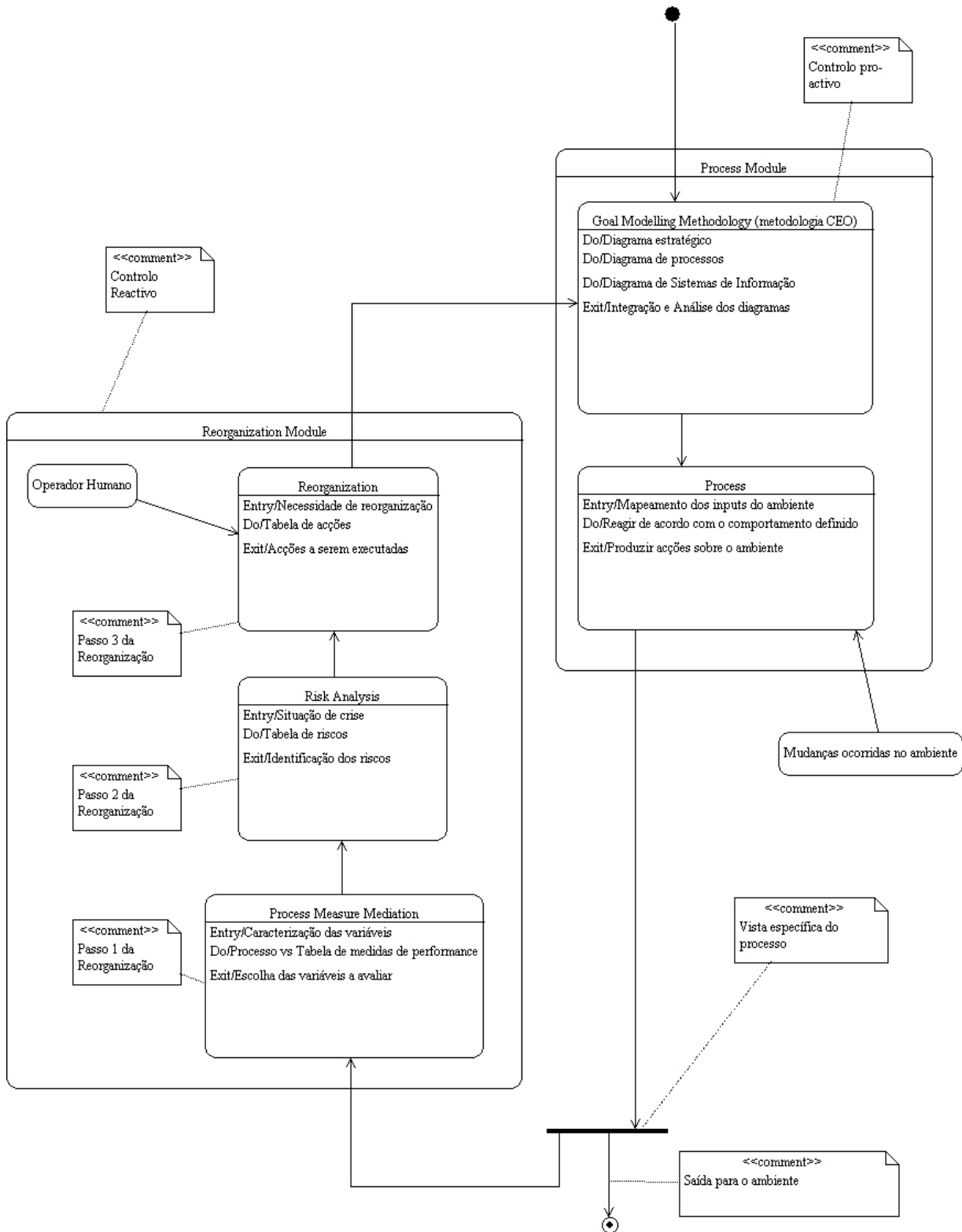


Figura 1 - Ciclo de reorganização dinâmica de processos de negócio

Na Figura 1 apresenta-se a metodologia CEO para modelação dos objectivos estratégicos de negócio, contudo pode ser utilizada outra metodologia desde que permita fazer a ponte entre objectivos estratégicos e implementação de sistemas.

O PM contém todas as definições específicas dos processos de negócio. A metodologia CEO define um conjunto de diagramas estáticos dos processos de negócio: diagrama estratégico, diagrama de processos, diagrama de Sistemas de Informação e diagrama de integração entre os diversos diagramas. O diagrama de Sistemas de Informação é um conjunto de acções de baixo nível que são aplicadas directamente ao processo.

A separação lógica entre RM e PM apresentada na Figura 1 permite uma maior flexibilidade nas configurações de teste para cenários de utilização. Toda a informação de nível estratégico reside no RM e toda a informação específica relacionada com processos de negócio reside no PM. É possível testar abordagens estratégicas diferentes sobre o mesmo processo de negócio alterando apenas o RM.

### 3 Ferramenta para suportar a reorganização dinâmica: Apresentação do simulador

Para simular a reorganização dinâmica apresentada de forma conceptual na Secção 2, desenvolveu-se uma plataforma de simulação. Este simulador tem uma arquitectura aberta para permitir a reusabilidade e permite o estudo de múltiplos cenários de reorganização sobre uma grande variedade de problemas.

A Figura 2 apresenta a arquitectura funcional do simulador, utilizando um digrama de transição de estado em UML, ver [OMG 2002]. Sumariamente o simulador consiste num Sistema de Informação que (1) recebe um plano estratégico, (2) simula um processo de negócio pré-definido e (3) usa o plano estratégico para reorganizar o processo quando necessário. As principais entidades de dados manipuladas no simulador são apresentadas na Tabela 1.

<i>Entidade de dados</i>	<i>Propriedades</i>	<i>Descrição</i>
Evento	Risco, Prioridade	Sinal disparado por uma combinação das variáveis do ambiente
Medida de performance	Variável do processo, valor, descrição	Variável que quantifica uma propriedade específica do processo
Ambiente actual	Variável do processo, estado, valor	Conjunto de todas as variáveis do processo
Lista de variáveis	Variáveis do processo, estados, valores	Um conjunto de variáveis filtradas produzidas pelo Process Measure Mediation e baseadas no ambiente actual
Risco	Expressão, prioridade, identificador da regra, descrição	Situação especial que cria um estado instável sobre o processo
Regra	Ordem, identificador, descrição	Acções a tomar sob condições predefinidas
Plano estratégico	Variáveis de medida de performance do processo, riscos, regras	Abordagens estratégicas para simular uma reorganização particular
Acção correctiva	Acção	Uma decisão estratégica para fazer face a um risco ocorrido no processo. Contém um significado semântico muito rico. É a informação trocada entre o RM e o PM.
Reorganização	Ambiente actual, acção	Forma de redesenhar o funcionamento de um processo

Resultados para o utilizador	Elemento, valor	Informação utilizada para criar análises gráficas e estatísticas sobre o processo
------------------------------	-----------------	---

Tabela 1 – Principais entidades de dados da ferramenta de suporte à reorganização dinâmica

As três principais partes constituintes do simulador são (1) o Simulator Engine (SE) que implementa o sequenciamento de invocação dos restantes componentes do simulador, (2) o Reorganization module (RM) que é responsável pelo controlo reactivo da reorganização dinâmica e (3) o “*plug-in*” Process module (PM) que contém as especificidades de implementação de cada contexto. A Tabela 2 apresenta uma descrição detalhada dos componentes envolvidos na plataforma de simulação. O SE é um componente estático (não muda ao longo do tempo), o RM é um componente configurável para cada plano estratégico que se pretende testar e o PM é um componente desenhado de raiz e por isso chamado de “*plug-in*”.

<i>Componente</i>	<i>Descrição</i>
Engine	Responsável por sequenciar a invocação a todos os componentes do simulador
Process Measure Mediation	Recebe todas as variáveis do ambiente e mapea-as num subconjunto
Risk analysis	Recebe um subconjunto de variáveis do ambiente e verifica se alguma regra está a ser violada
Reorganization	Recebe as regras violadas e mapea-as na acção correctiva apropriada
" <i>Plug-in</i> " Goal Modeling methodology	Interpretação e implementação das acções correctivas
" <i>Plug-in</i> " Process	Representação do mundo para um dado contexto
" <i>Plug-in</i> " Rules Mappings	Repositório de dados, pré-definido, contendo as regras para simulação
" <i>Plug-in</i> " Risk Mappings	Repositório de dados, pré-definido, contendo os riscos para simulação
" <i>Plug-in</i> " Process measure Mappings	Repositório de dados, pré-definido, contendo as medidas de desempenho dos processos para simulação
Entrada	Configuração efectuada pelo utilizador para alimentação de dados da simulação
Saída	Interpretação dos resultados da simulação

Tabela 2 - Principais componentes da ferramenta de suporte à reorganização dinâmica

Em cada ciclo do componente RM são executadas três acções: (1) filtragem de variáveis – Process Measure Mediation, (2) cálculo ds condições pré-definidas – Risk Analysis e (3) resolução de conflito entre acções correctivas – Reorganization. O RM contém o conceito de plano estratégico, na prática consiste na definição do comportamento para a reorganização dinâmica. É baseado num conjunto de expressões condicionais com o formato: *if* <condição> *then* <consequência> *else* <alternativa>. Quando duas ou mais expressões são verdadeiras então o componente Reorganization é responsável por executar uma política de prioridades.

#### 4 Estudo de exemplo: Vigilância Robótica

Esta secção detalha um caso de estudo na área da Robótica que serve de aplicação prática da reorganização dinâmica de processos de negócio apresentada na Secção 2. Consiste na utilização de um Robot móvel para efectuar tarefas de vigilância. Este exemplo permite fazer um paralelismo com processos de negócio na área empresarial: (1) da mesma forma existem agentes (automáticos e/ou operadores Humanos), (2) existem comunicações entres os agentes, (3) existem constrangimentos de vários tipos, (4) existem objectivos a atingir e (5) existem diferentes formas de actuar quando necessário (sinais de controlo). Segundo [Brooks, R.] o melhor domínio para desenvolver um sistema artificial inteligente é na área da Robótica Móvel, pois defende que a utilização de um Robot sobre um ambiente que não foi especialmente estruturado para ele tem todas as características de uma aplicação do mundo real.

O Robot está equipado com um conjunto de formas de locomoção pré-definidas. Dada uma missão (por exemplo: atingir um ponto final) o Robot deve alterar a sua trajectória de forma evitar os obstáculos. Este exemplo possibilita a comparação directa com métodos de navegação bem conhecidos da comunidade Robótica, possibilitando desta forma uma capacidade de avaliar a qualidade da proposta de reorganização dinâmica.

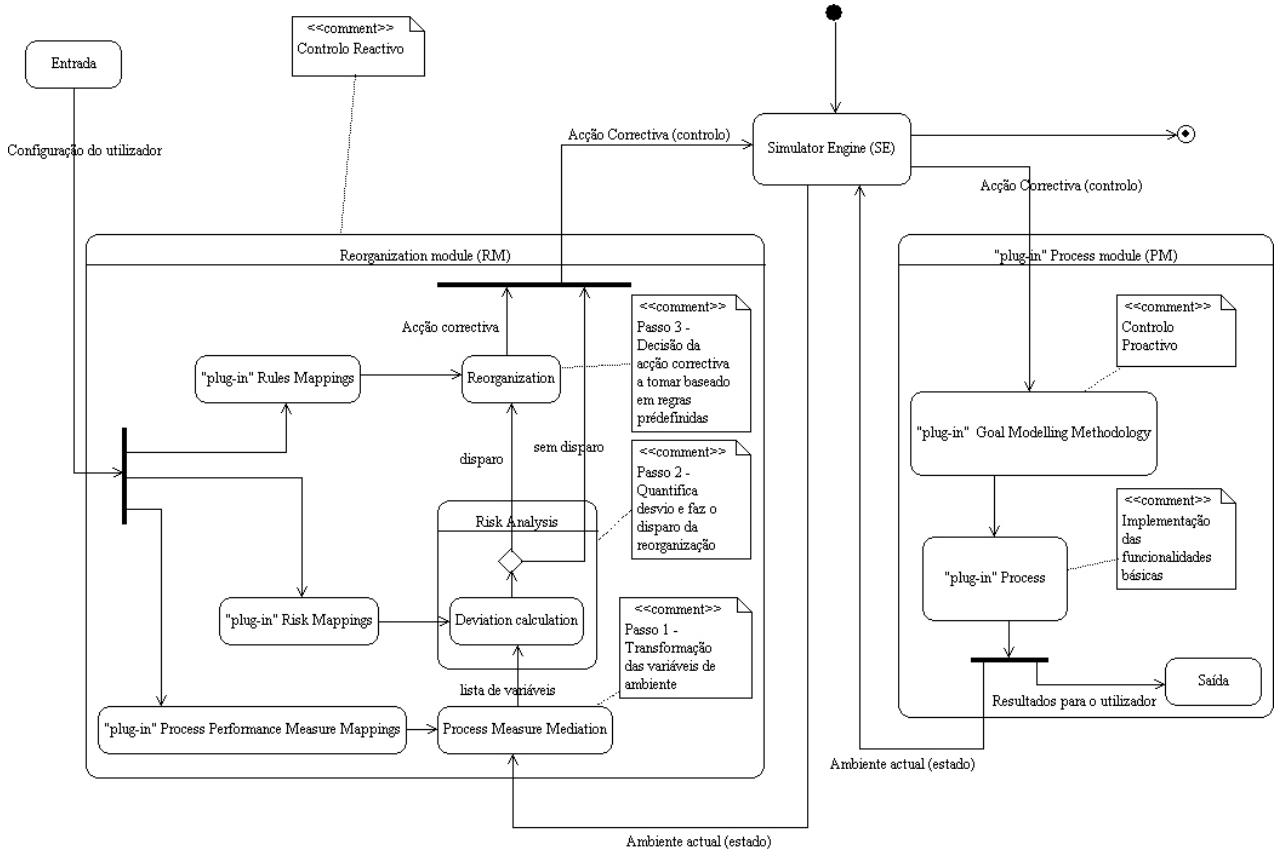


Figura 2 - Arquitectura funcional da ferramenta de reorganização dinâmica

O comportamento típico de um Robot a executar tarefas de vigilância é o de explorar terreno, como por exemplo: um escritório, um armazém ou um simples espaço aberto. Este problema embora seja conhecido levanta uma questão a resolver a nível estratégico: como navegar num ambiente onde existem obstáculos sem conhecimento prévio das suas localizações?

O Robot móvel é representado neste caso de estudo como um ponto (não é considerada a cinemática do Robot) e é capaz de se mover em quatro direcções diferentes (Ir para a esquerda, Ir para a direita, Ir para a frente e Ir para trás) com uma velocidade pré-definida. Os obstáculos são representados por rectângulos de diferentes áreas. Quando a missão começa o Robot navega para o ponto final até que a vizinhança de algum obstáculo seja atingida, quando acontece o processo de reorganização dinâmica é invocado.

## 5 Resultados

Foram testados dois diferentes planos estratégicos sobre o caso de estudo de vigilância Robótica:

- **Plano estratégico 1:** este plano estratégico consiste numa função baseada na relação entre a posição do Robot e a posição do obstáculo. A Figura 3 ilustra o plano em detalhe. No centro da imagem está representado o obstáculo. O espaço à volta do obstáculo é

dividido em 8 diferentes áreas. Em cada um destas áreas é decidida uma orientação diferente para a trajectória do Robot (representado pelas setas), por exemplo: se o Robot se encontrar na área 7 então a direcção para a trajectória é ir em frente.

- **Plano estratégico 2:** O plano estratégico apresentado na Figura 4 é mais detalhado do que o plano estratégico 1. É baseado na posição do Robot em relação à posição do obstáculo e do ponto final. Da mesma forma a direcção da trajectória do Robot é definida pela direcção de cada seta. Por exemplo: se o Robot se encontra na área 6 e o ponto final se encontra à esquerda, então a direcção para a trajectória é ir para a esquerda.

Quando existe um conflito de condições, isto é, duas ou mais expressões verdadeiras, (por exemplo, o ponto final poderá estar localizado à direita e em cima em relação à posição do robot) é utilizada uma política de prioridades. É escolhida a condição com a prioridade mais alta.

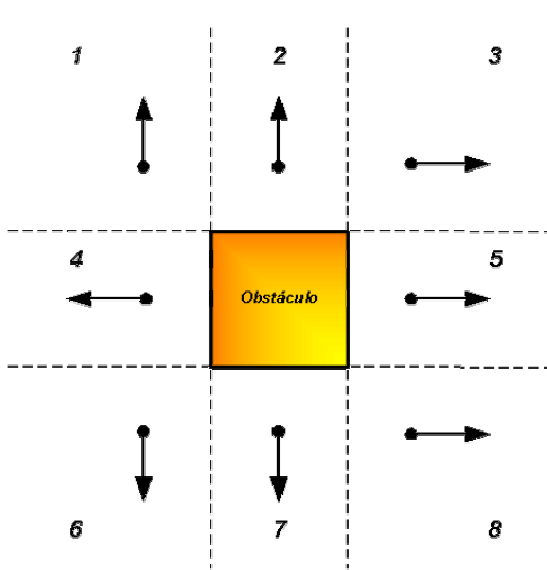


Figura 3 – Estratégia 1 para atingir o ponto final

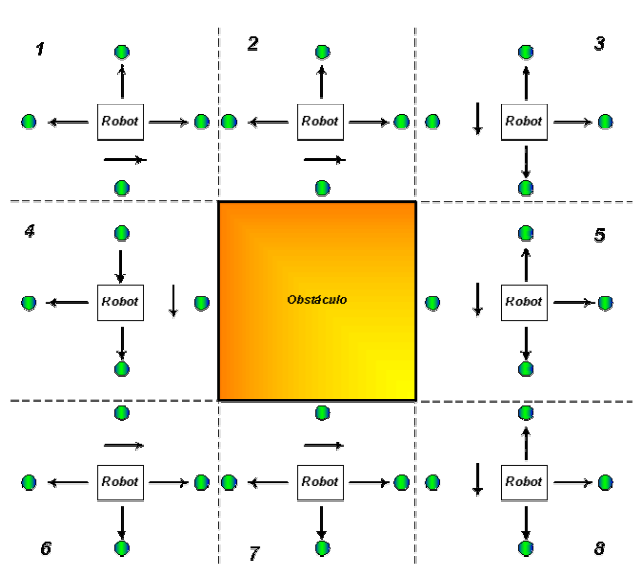


Figura 4 - Estratégia 2 para atingir o ponto final

As Figura 5 e 6 apresentam os resultados da simulação usando os planos estratégicos 1 e 2, respectivamente. Nesta representação gráfica os rectângulos sombreados representam os obstáculos, o quadrado pequeno representa o Robot e os pontos ao longo da trajectória do Robot significam a implementação das ordens de alto nível produzidas pelo RM e recebidas pelo Goal Modelling Methodology (GMM). O ponto final é representado pelo círculo localizado no lado direito de cada cenário. A mesma configuração dos obstáculos, localização do ponto final e características do Robot (dimensões, velocidade e forma de locomoção) é aplicada ao dois planos estratégicos.

- **Resultados obtidos com o plano estratégico 1:** Na Figura 5 o Robot navega para o ponto final caminhando para o lado esquerdo e direito quando atinge a vizinhança de um obstáculo. O controlo local neste cenário não fica validado. O robot não é capaz de atingir o objectivo final de chegar ao ponto final, ficando numa situação de “*dead-lock*” sobre o obstáculo 2. O controlo global neste cenário também não fica validado.

- Resultados obtidos com o plano estratégico 2:** Na Figura 6 o Robot atinge o ponto final pretendido. Segue o mesmo caminho escolhido com o plano estratégico 1, sendo porém capaz de contornar o obstáculo 2 e percorrer as mesmas distâncias em menor tempo, por exemplo: no cenário com o plano estratégico 1 o Robot demora 255,7 segundos a atingir o obstáculo 2 e com o plano estratégico 2 demora menos 57 segundos a atingir o mesmo obstáculo. O controlo global neste cenário fica validado. A trajectória do Robot é apresentada como um linha contínua. O controlo local fica também validado neste cenário.

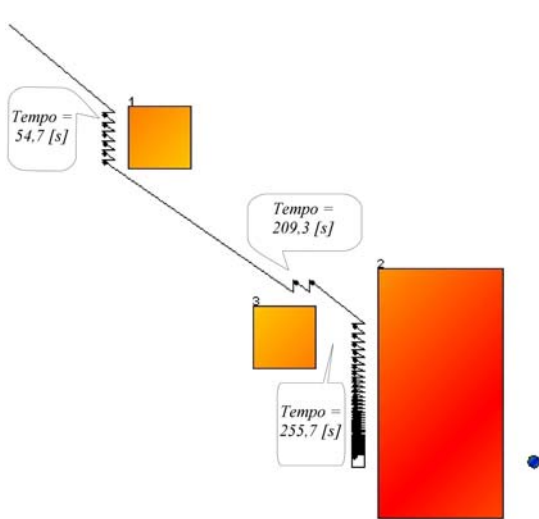


Figura 5 - Cenário sem solução final (Cenário 1)

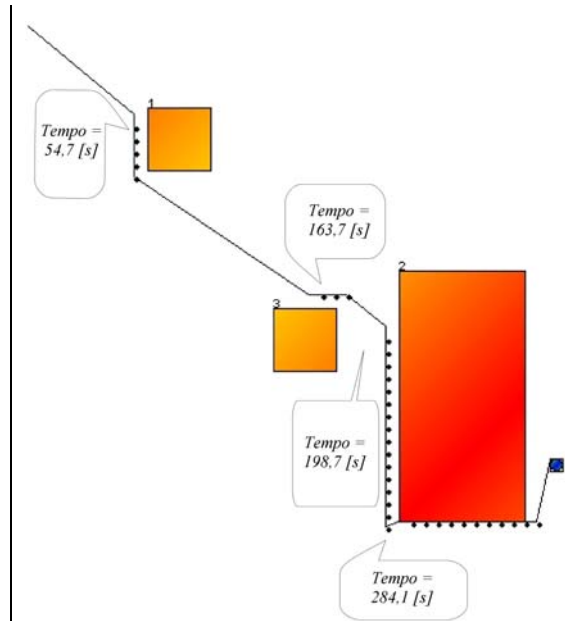


Figura 6 - Cenário com solução final (Cenário 2)

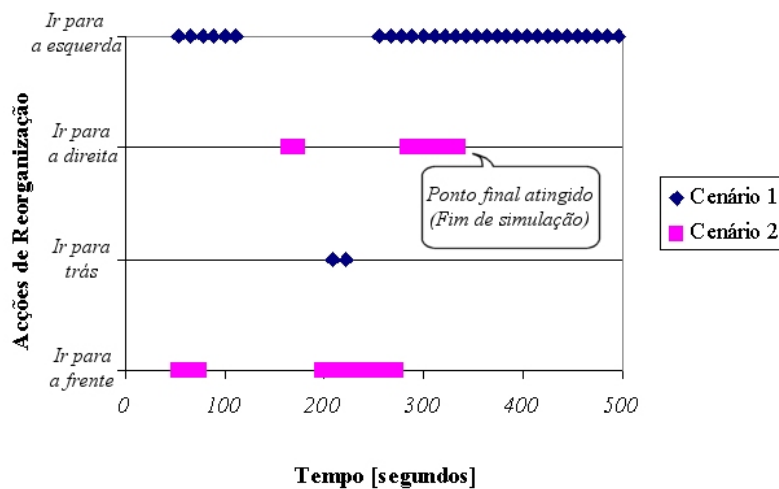


Figura 7 - Fases de reorganização para os 2 cenários de teste

A Figura 7 apresenta as ordens de reorganização produzidas pelo RM para os dois cenários de teste. Nos planos estratégicos testados é o evento: “Robot na vizinhança de um obstáculo” que despoleta o funcionamento do RM. Nesta situação o RM usa o plano estratégico definido *a priori*



para identificar a acção de reorganização mais adequada a tomar. A acção reorganizativa é realimentada no PM.

No cenário 1 o Robot não atinge o ponto final ficando em “*dead-lock*” na vizinhança do obstáculo 2 e recebendo a ordem de “*Ir para a esquerda*” interminavelmente, optou-se por abortar a simulação ao fim de 500 segundos. No cenário 2 o ponto final é atingido ao fim de 364,92 segundos, após uma sequência de ordens do tipo “*Ir para a frente*” e “*Ir para a direita*”.

## 6 Conclusão

Este artigo apresenta uma abordagem de reorganização dinâmica de processos de negócio a ser utilizada em situações de gestão de crise. O objectivo mais lato que se pretende atingir é a automatização total da análise, implementação e configuração de mecanismos de tratamento de excepções em processos de negócio.

Para medir a evolução do sistema ao longo do tempo são utilizadas medidas de performance, estas medidas são aplicadas a regras do tipo “*if...then...else*” e funcionam como indicação para o disparo das reorganizações no momento adequado.

São apresentados resultados experimentais obtidos com um simulador desenvolvido à medida. Este simulador tem inerente o conceito de processo de negócio e pode ser aplicado a diferentes realidades, como por exemplo: negócios empresariais ou Robótica. Foi considerado um caso simples na área da Robótica móvel, com fácil identificação do começo e fim da missão, tendo todas as variáveis envolvidas completamente caracterizadas e sendo fácil de escalar para um problema mais complexo (com maior número de obstáculos). Os resultados são comparáveis aos obtidos com os algoritmos clássicos, [Latombe,1992].

Os resultados experimentais mostram que o desenho dos planos estratégicos tem uma relação directa com o desempenho da reorganização dinâmica. Quanto mais inteligência é utilizada no plano estratégico melhor é a solução final. Identificou-se, ainda, que quando a reorganização dinâmica é alimentada com mais informação o plano estratégico melhora o seu desempenho, ou seja, tem uma melhor percepção sobre o estado dos processos de negócio. Por exemplo, num caso empresarial, maior e mais actualizado conhecimento sobre as suas actividades permite ter mais capacidades para fazer face às ameaças dos concorrentes, às ameaças internas da empresa e ter um melhor entendimento sobre o mercado onde actua.

O trabalho futuro irá incluir um exemplo de reorganização dinâmica aplicada a um contexto de actividade empresarial clássica: produção e distribuição de energia eléctrica. O PM irá implementar as especificidades da rede eléctrica. Sempre que acontece algum tipo de acidente ou sobrecarga na rede o RM irá ser responsável por propôr ordens de reorganização à topologia da rede. Estas ordens poderão ser de dois tipos: produção de mais energia num determinado ponto ou mudança no fluxo de energia eléctrica. Este caso de estudo irá trazer para o paradigma de reorganização dinâmica mais variáveis, mais combinações possíveis de reorganização, maior dificuldade em minimizar o número de reorganizações, maior dificuldade em estabilizar o sistema global, mais relações entre os processos de negócio e uma aproximação ao mundo real.

## 7 Referências

Brooks, R., "Achieving Artificial Intelligence Through Building Robots.", 1996, Technical report, Massachusetts Institute of Technology, USA, Artificial Intelligence Laboratory Memo 899.

Caetano, A. Vasconcelos J. Neves A. Sinogas P. Mendes R. Tribolet J., *A Framework for modeling strategy, business processes and Information Systems*, In 5<sup>th</sup> IEEE International

Conference on Enterprise Distributed Object Computing, EDOC 2001, Setembro 2001, Seattle, USA.

Crisis, Crisis Management, 2002, <http://www.mapnp.org/library/crisis/crisis.html/>

Latombe, J. C., *Robot Motion Planning*, Kluwer Academic, 1992.

Laudon, K. et al, *Management Information Systems*, Prentice Hall, 2002, 6<sup>th</sup> Edition.

Malone, T. et al, "Tools for inventing organizations: Toward a handbook of organizational processes.", *Management Science*, 45 (1999), pp. 425-443.

OMG, Object Management Group, <http://www.omg.com>, 2002