

## MODELAGEM DE REQUISITOS INTENCIONAIS DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO COMO SUPORTE À GESTÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO

**Fernanda Alencar (1); José Roberto R. de Menezes (2); José Jeferson Rego Silva (3); Maria Jocelia Silva (4); Susana S. Fontes (5); Jaelson F. B. Castro (6)**

- (1) Departamento de Engenharia Eletrônica e Sistemas - Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil – e-mail: fmra@ufpe  
(2) Departamento de Engenharia Civil – Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil – e-mail: jrmmenezes@gmail.com  
(3) Departamento de Engenharia Civil – Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil – e-mail: jjrs@ufpe.br  
(4) Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil – e-mail: mjs2@cin.ufpe.br  
(5) Departamento de Engenharia Eletrônica e Sistemas - Centro de Tecnologia e Geociências – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil – e-mail: susanasouzaf@yahoo.com.br  
(6) Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil – e-mail: jbc@cin.ufpe.br

### RESUMO

**Proposta:** A informação agrega valor e diferencial competitivo e a Tecnologia da Informação, como suporte à gestão de procedimentos, é de fundamental importância, haja vista os sistemas de apoio existentes. Não é diferente na gestão da construção civil, onde empresas se preocupam com a organização de seus processos construtivos. Neste artigo, é apresentada a modelagem de requisitos intencionais iniciais de um sistema para suporte à gestão ambiental na construção civil. São consideradas na modelagem, alternativas decisivas ao desenvolvimento do sistema em foco, através das metas da organização e das partes envolvidas, além de aspectos qualitativos. **Método de pesquisa/Abordagens:** Técnica de modelagem intencional i-star (i\*); Modelo de processo incremental, com base em interações com especialistas das áreas de gestão ambiental, de construção civil e de ciência da computação. **Resultados:** os modelos de atores e de metas permitem analisar e entender como o sistema estará integrado ao ambiente organizacional, bem como observar possibilidades de alternativas e suas respectivas razões. **Contribuições/Originalidade:** o sistema de informação auxiliará os construtores no trato com a qualidade de seus processos de gestão ambiental.

Palavras-chave: sistema de informação; gestão ambiental; modelagem de requisitos intencionais.

### ABSTRACT

**Propose:** The information adds value and competitive differential and the Information Technology, as support to the procedures management, is so important since we can have many systems that make decisions supports. It is not different in the management of the civil construction, where the companies are worried about the organization of its constructive processes. This paper presents the early intentional requirement modeling for support to the environmental management in the civil construction. In the modeling we considered the various alternatives, decisive to the system development in focus, through the organization and stakeholders goals further than the qualitative aspects. **Methods:** the i-star intentional modeling technique; the incremental model was constructed on the basis of interactions with specialists of the areas of the environmental management, the civil construction and the computer science. **Findings:** the actors and goals models that allow to analyse and to understand as the system will be integrated to the organizational environment, as well as to observe the alternatives possibilities and its respective rationales. **Originality/value:** The

information system will assist the constructors in the deal with the quality of its processes of environmental management.

Keywords: information system; environmental management; intentional requirements modeling.

## **1 INTRODUÇÃO**

Conforme a exigência da economia de mercado, as organizações são naturalmente instigadas a procurarem inovações que contribuam para sua competitividade. Neste contexto os conceitos de gestão da qualidade ganharam espaço na indústria da construção civil e são aplicados em empresas construtoras. Novas exigências requerem constante modernização empresarial. Isso tem se refletido no desenvolvimento e implantação de novos conceitos de gestão como, por exemplo, pensamento estratégico, visão sistêmica, abordagem de processo, melhoria contínua, valorização dos recursos humanos, dentre outros, trazendo consigo a necessidade de mudança de paradigmas.

Valores atuais como, por exemplo, responsabilidade sócio-ambiental e desenvolvimento sustentável emergentes como tendências de mercado, impõem novos desafios às organizações. A indústria da construção civil, pela ampla atuação da sua cadeia de produção, ocupa posição de destaque nas áreas básicas da sustentabilidade, caracterizando-se pela interferência direta no meio ambiente com fortes impactos ambientais e sócio-econômicos. No Brasil, essa indústria, seguindo a tendência mundial, começa a desenvolver e aplicar os modernos conceitos de gestão ambiental tendo-se adotado o modelo ISO 14001 como referência na implantação de sistemas de gestão ambiental.

A tecnologia da informação se evidencia como uma componente de suporte importante nas iniciativas atuais. Possibilita a melhoria contínua das atividades desenvolvidas ajudando a identificar e evidenciar, inclusive, alternativas que antes não era objeto de preocupação. Por outro lado, desenvolver sistema de informação de forma sistemática e com qualidade ainda é o grande desafio. Dessa forma, especificação e modelagem de requisitos são fundamentais, como meios de buscar uma solução mais próxima da necessidade dos stakeholders. Um dos principais obstáculos à obtenção de requisitos é a dificuldade de compreensão, mais aprofundada, do domínio da aplicação, pois o passo primário e fundamental para o sucesso é o da definição e análise de requisitos. Mesmo que se tenha um sistema bem projetado e codificado, se ele foi mal especificado, com certeza causará prejuízos.

Neste trabalho, é apresentada a modelagem de requisitos intencionais iniciais de um sistema que dê suporte à gestão ambiental às empresas construtoras. Assim, são apresentados os modelos de atores e metas para o pretendido Sistema de Informação de Suporte à Gestão Ambiental (SISGA). Na modelagem são consideradas as intenções organizacionais, através das metas da organização e das partes envolvidas, fundamentais ao levantamento de alternativas, decisivas ao desenvolvimento do sistema em foco.

Na Seção 2 apresenta-se a importância e a necessidade da gestão ambiental. A modelagem de requisitos intencionais é apresentada na seção 3. Na seção 4, é avaliado o ciclo de vida do processo de desenvolvimento da modelagem. São apresentados, na seção 5, os modelos intencionais de requisitos iniciais do sistema proposto, bem como uma breve discussão sobre a viabilidade do sistema de informação proposto. Finalmente, algumas conclusões e trabalhos futuros são apresentados na seção 6.

## **2 GESTÃO AMBIENTAL**

A gestão ambiental é entendida como parte da gestão de uma organização que enfoca o gerenciamento dos seus aspectos ambientais, embasada na sua política e nos seus objetivos ambientais. Na concepção moderna a gestão ambiental deve estar integrada ao sistema de gestão da organização que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, procedimentos, processos e recursos. Alguns exemplos de modelos de sistemas de gestão ambiental são: BS7750, EMAS e ISO 14001. Os modelos ISO 14001 e ISO 9001, para gestão da qualidade, destacam-se por serem padrões de gestão e de certificação voluntários consistentes e universalmente aceitos. Estas características são importantes para uniformizar conceitos e princípios, e conferir credibilidade ao modelo, além de contribuir para eliminar possíveis barreiras comerciais.

O conceito de abordagem sistêmica para gestão tem norteado o desenvolvimento dos modelos ISO de

sistemas de gestão. Esta abordagem, baseada na teoria de sistemas inicialmente desenvolvida para as ciências naturais e sociais, considera quatro elementos comuns: entrada, processo, saída e retroalimentação, que fundamentam conceitos como abordagem de processo, ciclo PDCA e melhoria contínua. Assim, muitos são os elementos comuns aos padrões de gestão ISO 9000 e ISO 14000.

A contribuição da indústria da construção para o desenvolvimento sustentável tem sido bastante destacada<sup>1</sup>. Diversos aspectos ambientais estão relacionados à atividade de construir: geração de resíduos; consumo de recursos naturais - água, energia e materiais diversos, movimentação de terra, alteração da vegetação (desmatamento); dentre outros. Todos, se não gerenciados adequadamente, poderão resultar em impactos negativos significativos, como, por exemplo, assoreamento de cursos de água, contaminação do ar e do solo, erosão do solo, alterações climáticas, inclusive aquecimento global.

As exigências ambientais atuais começam a ser entendidas como demandas de mercado. A gestão ambiental, portanto, pode ser uma importante ferramenta estratégica de negócio, melhorando o desempenho ambiental da organização como também ampliando sua participação no mercado.

### **3 MODELAGEM DE REQUISITOS INTENCIONAIS**

Os requisitos a serem definidos nos estágios iniciais do desenvolvimento do sistema são descrições, que variam em níveis de abstração, de como o sistema se comportará; informações sobre o domínio de aplicação; especificação dos serviços a fornecer; e, restrições de operação. Na visão de clientes e gerentes, têm-se os requisitos de usuários, onde se define de forma ampla e geral aquilo que o sistema fornecerá e como se comportará. Na visão técnica, precisa-se de maior refinamento e detalhes, com uso de tecnologias e terminologias apropriadas de forma a serem possíveis implementações, testes e implantação do sistema pretendido. Nesse contexto, encontra-se a definição de requisitos, segundo o padrão 830 da IEEE (1998) e outros pesquisadores, que acrescentam à definição do IEEE as informações relativas ao contexto organizacional do cliente onde o sistema deverá operar (LOUCOPOULOS, 1995), (YU, 1995) e (DUOIS et al., 1998). Particularmente, será utilizada a abordagem proposta por Yu (1995), que trabalha com a intencionalidade e os porquês envolvidos entre os atores do sistema, considerando-se não apenas a sua funcionalidade, mas os relacionamentos entre os atores. Trata-se de uma técnica mais rica que as técnicas tradicionais de modelagem, pois se consegue expressar as razões envolvidas no processo, ou seja, o porquê fazer uma determinada ação ou tomar uma decisão (alternativas para o “como fazer”).

#### **3.1 A técnica de modelagem intencional i\***

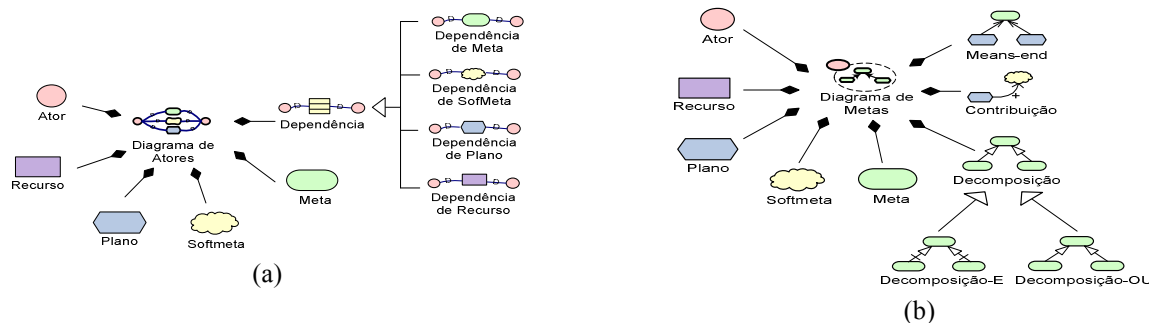
A técnica i\* (YU, 1995) tem sido amplamente utilizada pela comunidade de Engenharia de Requisitos (ALENCAR et al, 2007), (OLIVEIRA et al, 2006), (ESTRADA et al, 2006). Essa técnica nos permite não só melhor entender requisitos intencionais e organizacionais que interferirão nos sistemas, mas identificar alternativas para os vários processos da organização o que facilita a evolução do sistema.

Nesta técnica, as organizações são constituídas de unidades semi-autônomas chamadas de atores, cujo comportamento não é totalmente controlável ou previsível, mas regulamentado por relacionamentos sociais. Os atores ou participantes do processo têm liberdade de ação, dentro do contexto de restrições sociais, e possuem propriedades intencionais, tais como, metas, crenças, habilidades e compromissos. Muito crucialmente, esses atores dependem uns dos outros para terem suas metas alcançadas e suas tarefas realizadas, além de metas que, individualmente, não seriam alcançados, mas que tratados em conjunto podem passar a ser. Nesse contexto, tem-se uma técnica que procura a compreensão mais aprofundada do processo através de uma visão intencional e estratégica. Assim, podemos afirmar que um ator é intencional quando não executa simplesmente uma atividade e/ou produz ou consome uma entidade, mas possui motivações, intentos e razões por detrás de suas ações. Um ator é estratégico quando não foca apenas seu objetivo imediato, mas quando se preocupa com as implicações de seu relacionamento estrutural com outros atores, ou seja, as oportunidades e vulnerabilidades presentes, devido a falhas que possam existir na relação social.

---

<sup>1</sup> CIB. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries – Discussion Document. Pretoria: CIB, 2002.

A técnica i\* (YU, 1995) é composta por dois modelos: o Modelo de Dependências Estratégicas (SD) ou Modelo de Atores e o Modelo de Razões Estratégicas (SR) ou Modelo de Metas. O Modelo de Dependências Estratégicas (SD) (Figura 2a) descreve os requisitos iniciais e as relações de dependências externas entre os atores da organização representados por nós (dependee e dependee) e elos que os conectam e que indicam uma dependência (dependum) entre dois atores. Um ator pode representar Pessoas, Funções ou Cargos ocupados, Organizações ou Subdivisões da organização, Sistemas Legados ou qualquer outro envolvido na análise do contexto no qual o sistema poderá estar inserido. Um ator depende de outro para satisfazer uma meta (goal), executar uma tarefa (task), fornecer um recurso (resource) ou satisfazer uma meta de qualidade ou softmeta (softgoal). O ator chamado dependee é aquele que sozinho não tem condições de atuar, e depende de outro ator (dependee) que tem a habilidade e a capacidade para fornecer o serviço àquele primeiro. As metas representam os interesses estratégicos dos atores, ou seja, suas intenções, necessidades ou objetivos para cumprir o seu papel dentro do ambiente em que está inserido. Softmetas representam os interesses estratégicos dos atores de natureza subjetiva, isto é, não são medidas de forma concreta. Softmetas são geralmente usadas para descrever desejos dos atores relacionados aos atributos de qualidade, requisitos não-funcionais. Planos (ou tarefas) representam a forma de executar alguma atividade e indicam como realizar alguma atividade para obter a satisfação de uma meta ou softmeta. Enquanto que os recursos representam informações que podem ser fornecidas ou recebidas por um ator.



**Figura 2 – Componentes dos modelos de atores (a) e de metas (b)**

O Modelo de Razões Estratégicas (SR) (Figura 2b) é também composto de Atores, Metas, Softmetas, Planos e Recursos e descreve interesses e conceitos dos participantes e as direções que podem seguir. Esse modelo é usado para expandir a descrição de um único ator, que no diagrama de metas é representado por uma fronteira, um círculo que delimita a análise dos elementos de um único ator, (ver na Figura 5b o ator Gerenciador de Aspectos & Impactos). Além dos quatro tipos de dependências identificadas no modelo de atores, três novos tipos de relacionamentos são incorporados ao Modelo de metas: (i) elo de decomposição de tarefa (task-decomposition link) que descreve o que deve ser feito para que certa tarefa possa ser executada, representa o refinamento dos elementos através de sua divisão em partes menores e podem ser de quatro tipos: (i) submeta (goal), (ii) sub-tarefa (task); (iii) recursoPara (resource); ou (iv) meta de qualidadePara (softgoal); (ii) elo meio-fim (means-end link) que sugere que um elemento do modelo possa ser oferecido com um meio para se alcançar outro elemento do modelo. Os planos, recursos ou softmetas são os meios para se atingir o fim, as Metas. Ao realizar a análise meio-fim, pode ser identificados vários planos alternativos para execução de uma dada meta; (iii) elos de contribuições (contributions links) que sugerem de que forma uma tarefa pode contribuir para a satisfação de um requisito de qualidade ou não funcional (um softgoal). A análise das contribuições representa a influência (positiva ou negativa) que um plano pode ter. Esta informação auxilia na escolha dos melhores planos a ser executado para obtenção das metas. Esses tipos de relacionamento podem interligar-se aos relacionamentos de dependência do modelo de atores (SD), quando as razões ultrapassam os limites do ator.

Nas próximas seções apresentamos o processo e os modelos com os requisitos iniciais do sistema de informação pretendido, o SISGA.

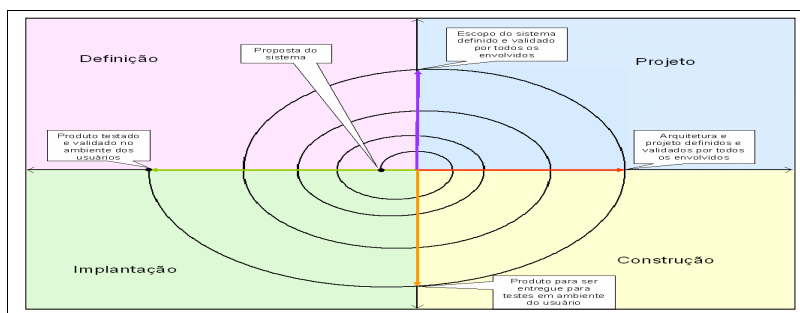
#### 4 CICLO DE VIDA DO PROCESSO

Segundo a ISO (ISO/IEC 12207:1994), um modelo de ciclo de vida é definido como contendo os processos, atividades e tarefas envolvidas no desenvolvimento, operação e manutenção de um produto de software, englobando a existência do sistema desde a definição de seus requisitos até a finalização de seu uso. Para a definição dos modelos de atores e metas iniciais utilizamos o processo iterativo em espiral.

#### 4.1 Fases do Ciclo de Vida do Processo Iterativo

Uma Fase descreve o trabalho executado através do tempo. Cada fase possui uma condição prévia que define os critérios de entrada da fase, e um objetivo, que define os critérios de saída dessa fase. No processo de desenvolvimento em questão foram definidas quatro fases: Definição, Projeto, Construção e Implantação, ver Figura 3, adaptada de (BOEHM, 1988).

Na Definição o sistema é proposto, os objetivos e funcionalidades são elicitados, analisados, documentados e validados com todos os stakeholders. A condição prévia é a Proposta de desenvolvimento de um sistema cujo objeto é o ponto de partida para a definição do sistema. O objetivo é o escopo do sistema definido e validado pelos stakeholders que delimita a abrangência do sistema dentro da organização e um acordo entre os envolvidos sobre quais as necessidades serão atendidas pela construção do sistema. Aqui são definidos os requisitos iniciais do sistema.



**Figura 3** – Fases do Ciclo do Processo Iterativo de Desenvolvimento adaptação de (BOEHM, 1988)

Em Projeto é definida a arquitetura do sistema e detalha o projeto dos agentes que serão definidos. As definições partem de uma análise mais detalhada dos requisitos iniciais para gerar uma solução de software que atenda a esses requisitos. Durante essa análise é possível descobrir novos requisitos ou mudanças em requisitos já definidos. A condição prévia de início é ter o escopo do software definido e validado pelos stakeholders e o objetivo é definir e testar a arquitetura e o projeto do sistema de forma que permita o início da implementação do sistema.

Na Construção o desenvolvimento do sistema é concluído através da codificação baseada nos requisitos, arquitetura e projeto detalhado dos agentes definidos nas fases anteriores. Durante essa fase, ainda é possível a descoberta de novos requisitos ou mudanças em requisitos já definidos, embora o impacto de mudanças seja maior. A condição prévia é ter a arquitetura e o projeto definidos e validados pelos stakeholders e o objetivo é gerar um produto (completo ou parcial) que possa ser entregue para os testes em ambiente dos usuários.

Por fim, na Implantação, o software deve estar disponível para seus usuários finais. O feedback do usuário é indispensável nessa fase para permitir os ajustes. A condição prévia é ter disponível o produto (completo ou parcial) para o uso no ambiente dos usuários e o objetivo é gerar um produto testado e validado no ambiente dos usuários.

#### 4.2 Método usado na Etapa de Requisitos Iniciais

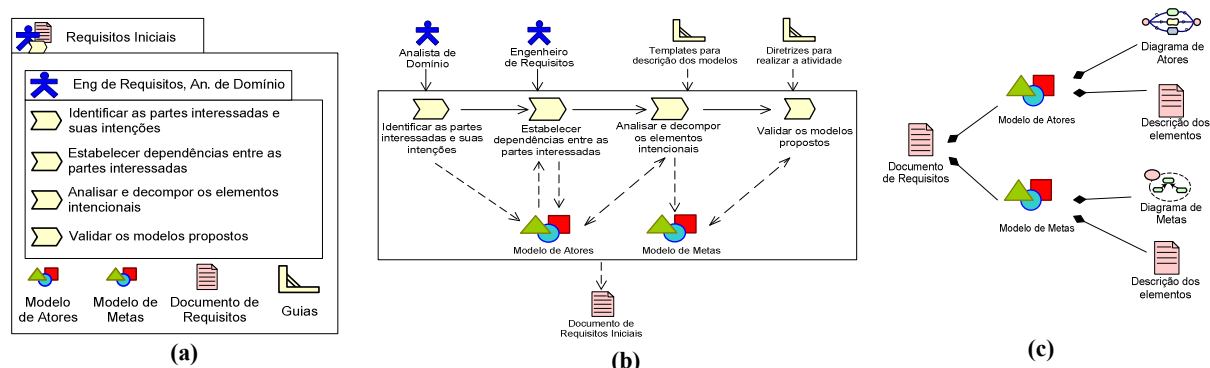
Para essa etapa é utilizado o modelo de atores (Figura 5a) para descrever a rede de relacionamentos entre os atores e o modelo de metas (Figura 5b) para descrever e suportar o raciocínio que cada ator segue para conceber seus relacionamentos com outros atores. Existem vários processos para a construção desses modelos (GRAU et al., 2005), (FRANCH et al, 2007), (CRUZ NETO et al, 2004). Qualquer que seja o processo, o primeiro passo consiste na identificação e definição de um conjunto de atores envolvidos com o sistema pretendido e suas principais metas/intencionalidades. A linguagem de especificação de processos SPEM (OMG, 1988) é utilizada para modelar o processo.

Na Figura 4a pode ser visualizado o pacote da disciplina Requisitos iniciais com todos os seus

elementos, onde se verifica os responsáveis (Engenheiro de Requisitos e Analista de Domínio); as atividades a serem realizadas (Identificar as partes interessadas e suas intenções; estabelecer dependências entre as partes interessadas; analisar e decompor os elementos intencionais; validade os modelos propostos); e os artefatos usados/gerados nesta etapa (modelo de atores; modelo de metas; documentos de requisitos; guias).

As atividades são realizadas em conjunto pelos Engenheiros de Requisitos e Analistas de Domínio. A Figura 4b apresenta um diagrama de atividades que representa as atividades realizadas na análise dos Requisitos Iniciais.

Na Figura 4a, a atividade Identificar as partes interessadas e suas intenções envolve a análise do ambiente onde o sistema será utilizado e identifica todos os stakeholders e suas intenções ou necessidades dentro do ambiente organizacional. A atividade Estabelecer dependências entre as partes interessadas consiste em analisar as metas para identificar quais podem ser atingidas pelo ator e quais dependem de outros atores para serem atingidas. Neste processo podem ser identificadas novas metas que não foram estabelecidas na atividade anterior. A terceira atividade Analisar e decompor os elementos intencionais consiste em se analisar o raciocínio de cada ator para obtenção de suas metas. Esta análise é realizada através dos três tipos de análises propostas pelo modelo i\* (Yu, 1995): a análise meio-fim; a decomposição (Ou / E) dos elementos; e, a análise das contribuições para as softmetas (softgoals).



**Figura 4** – Pacote (a), atividades (b) e produtos (c) da etapa de requisitos iniciais.

Por fim, a atividade Validar os modelos propostos consiste em se apresentar a todos os stakeholders os modelos obtidos para validação e refinamento da versão final dos requisitos iniciais do sistema.

Os principais produtos de trabalho (Figura 4c) gerados são o Modelo de Atores (Figura 5a), o Modelo de Metas (Figura 5b) e o documento de Requisitos Iniciais. O documento de Requisitos é o documento final onde serão descritos o Modelo de Atores, o Modelo de Metas e quaisquer outras informações relevantes para documentação dos requisitos iniciais do sistema. Os guias ou diretrizes para criação dos modelos são usados a partir da necessidade de modelagem do sistema que será desenvolvido.

## 5 O SISTEMA SISGA

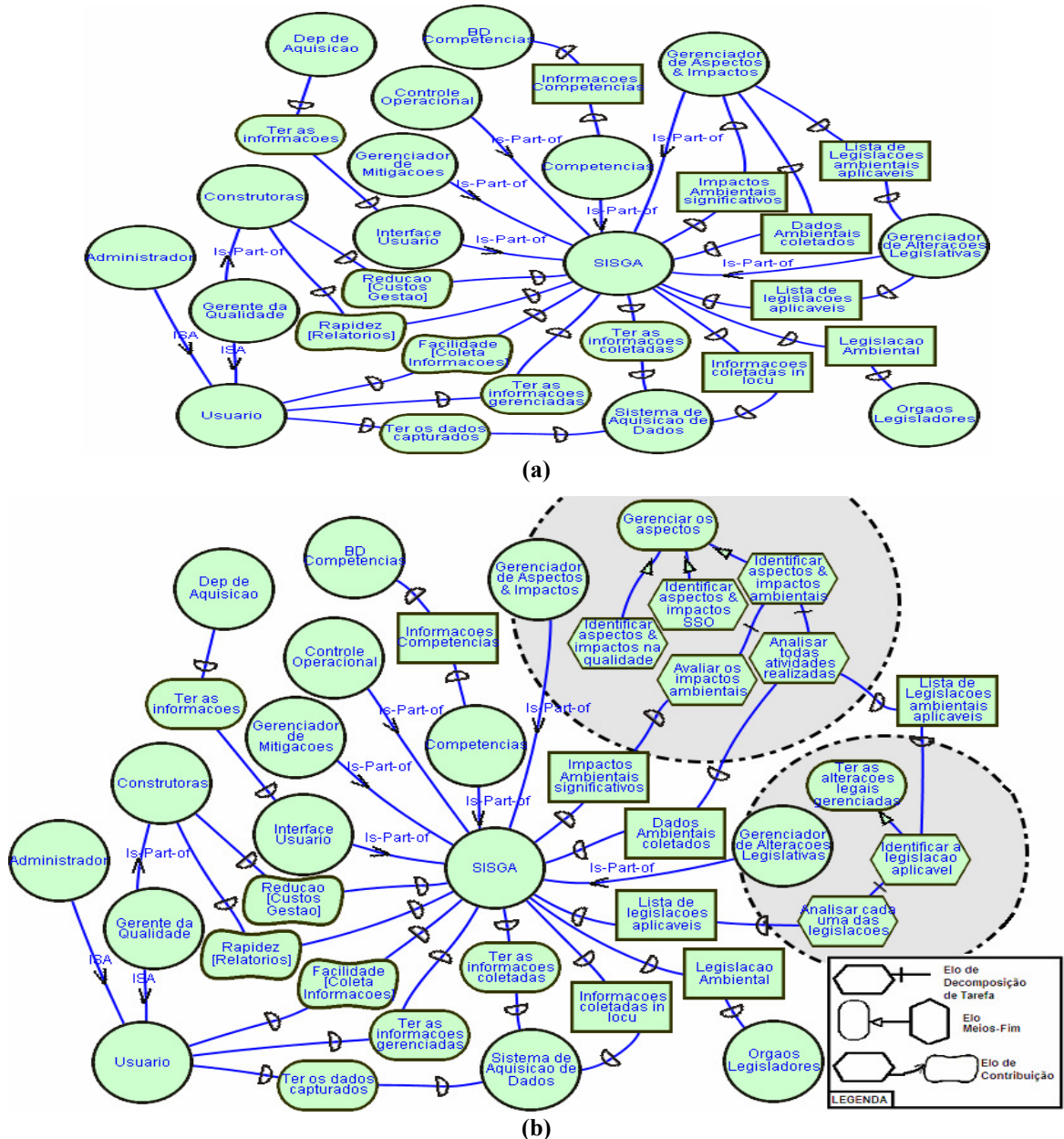
No sentido amplo, um Sistema de Informação pode ser definido como um sistema usado para prover informação (incluindo o seu processamento), qualquer que seja o uso dessa informação, podendo ser manual ou que faça uso da Tecnologia da Informação. Temos que considerar que qualquer que seja sua natureza, esse tipo de sistema possui vários elementos inter-relacionados que coletam (entrada), manipulam e armazenam (processo), disseminam (saída) os dados e informações e fornecem um mecanismo de feedback. No caso em questão, busca-se um sistema com várias partes que trabalham juntas visando um objetivo em comum, no caso a gestão automática da informação no trato da gestão ambiental, gestão da SSO e gestão da qualidade. Com isso, pretende-se como objetivo principal: acesso rápido às informações; a garantia da integridade e veracidade da informação; a garantia do armazenamento, manipulação e evolução dos dados relativos aos vários processos da organização; a rastreabilidade da produção e manutenção da informação; e a garantia de segurança de acesso à informação.

Nesta seção são apresentadas as idéias iniciais sobre o Sistema de Informação de Suporte à Gestão Ambiental (SISGA) pretendido.



## 5.1 Modelo Intencional de Requisitos Iniciais

A técnica de modelagem intencional  $i^*$  (YU, 1995) é usada para modelar os conceitos a serem analisados com respeito ao levantamento inicial dos requisitos do sistema SISGA e é usada iterativamente. Destacamos que, apesar do cliente acreditar saber o que o software deva fazer isso nem sempre é verdade (ALENCAR et al, 2000). Essa tarefa requer habilidade e experiência para reconhecer a incompletude, ambigüidade ou contradição nos requisitos.



**Figura 5 – Modelo de Atores (a) e de Metas (b) do SISGA**

Numa primeira análise são identificados seis atores que diretamente constituirão subunidades do sistema SISGA (Interface Usuário, Gerenciador de Mitigações, Controle Operacional, Competências, Gerenciador de Aspectos & Impactos, Gerenciador de Alterações Legislativas,) e oito outros atores que mantêm alguma relação de dependências estratégicas com os primeiros (Dep. de Aquisição, BD Competências, Construtoras, Gerente da Qualidade, Usuário, Administrador, Órgãos Legislativos, Sistema de Aquisição de Dados). Essas subunidades são também modeladas como atores que têm capacidades e habilidades próprias, desejos e intenções, podendo depender uns dos outros. Por exemplo, o ator Gerenciador de Aspectos & Impactos (depende) relaciona-se com Gerenciador de Alterações Legislativas (dependee) através de uma relação de dependência do tipo recurso, ou seja,

precisa-se que a Lista de Legislações ambientais aplicáveis (elemento do tipo recurso) seja disponibilizada.

As dependências estratégicas entre os atores devem ser identificadas e classificadas considerando-se o tipo do elemento da dependência (dependum), que podem ser: meta (goal), tarefa (task), recurso (resource) ou meta de qualidade (softgoal). No modelo da Figura 5a, identifica-se que: (i) o Usuário tem como meta que o SISGA tenha as informações gerenciadas (meta Ter as informações gerenciadas); tem como meta de qualidade que haja com o SISGA facilidade na coleta das informações (meta de qualidade Facilidade [Coleta Informações]); (ii) as construtoras têm duas metas de qualidade com relação ao sistema SISGA: Redução [Custos Gestão] e Rapidez [Relatórios]; (iii) o subsistema Gerenciador de Alterações Legislativas necessita que o sistema SISGA disponibilize como recurso a Lista de legislações aplicáveis (dependum do tipo recurso); (iv) o sistema SISGA precisa que o Sistema de Aquisição de Dados forneça as Informações coletadas in locu (dependum do tipo recurso) e também, tem como meta que esse sistema colete as informações (dependum do tipo meta Ter as informações coletadas).

O sistema em desenvolvimento (e.g. SISGA) pode ser decomposto em subsistemas que são modelados como novos atores (sub-atores) e que podem também ter dependências entre si e os demais atores. Para entender o comportamento interno de um dado ator do sistema, esse ator é expandido através do modelo de metas – SR (Figura 5b). Neste artigo, por questões de espaço, apenas dois atores são expandidos: Gerenciador de Aspectos & Impactos; Gerenciador de Alterações Legislativas.

Na prática, o modelo da Figura 5b é muito mais detalhado. Assim, para o Gerenciador de Aspectos & Impactos é identificada como meta Gerenciar os aspectos, para a qual destacamos três maneiras exclusivas para obtenção da sua satisfação: Identificar aspectos & impactos na qualidade; Identificar aspectos & impactos SSO; Identificar aspectos & impactos ambientais. Essas alternativas são representadas pelos relacionamentos internos de meio-fim (means-end links). A esse nível, alguns meios podem ainda ser muito abstratos e necessitarem de um maior detalhamento (e.g., Identificar aspectos & impactos ambientais). A tarefa de Identificar aspectos & impactos ambientais, será decomposta em duas outras sub-tarefas: Analisar todas as atividades realizadas; e Avaliar os impactos ambientais. Para a primeira sub-tarefa se faz necessária uma Lista de Legislações aplicáveis que o ator Gerenciador de Aspectos & Impactos, por si só, não é capaz de conseguir. Para tanto esse ator depende de outro (o Gerenciador de Alterações Legislativas) para a disponibilidade desse recurso. Por outro lado, a sub-tarefa Avaliar os impactos ambientais, produz como resultado (resource) os Impactos Ambientais significativos. Para que o Gerenciador de Alterações Legislativas produza a Lista de Legislações aplicáveis, este precisa Identificar a legislação aplicável, que por sua vez, requer a análise de cada uma das legislações específicas (representada pela sub-tarefa Analisar cada uma das legislações). Observe que o resultado da tarefa principal será também utilizado pelo núcleo do sistema em desenvolvimento, aqui representado pelo ator SISGA.

Após a definição dos modelos de requisitos, parte-se para a especificação detalhada dos requisitos de sistema, tarefa de descrever precisamente o software que será produzido. Na prática, aplicações bem compreendidas e afinadas conduzirão a especificações mais bem sucedidas. Far-se-ão necessárias várias interações, daí porque é utilizado o desenvolvimento incremental em espiral. Na próxima seção, apresenta-se uma breve discussão sobre a viabilidade do sistema proposto.

## **5.2 Viabilidade do Sistema de Informação como suporte a Gestão Ambiental**

A análise de viabilidade é usada para ajudar na decisão de ir adiante ou não em um determinado projeto, seja qual for seu domínio de aplicação, oferecendo informação sobre: se esse pode ou não ser realizado; se o produto final irá ou não beneficiar os usuários interessados; as escolhas de alternativas entre possíveis soluções; e a melhor alternativa. De forma geral, a viabilidade deve ser vista e analisada sobre quatro pontos de vista: operacional; técnica; cronograma; econômico.

A viabilidade operacional é uma medida do grau de adequação da solução para a organização. Com a crescente tendência de implantação de sistemas de gestão bem fundamentados e internacionalmente padronizados e aceitos, como o ISO 14000, percebe-se cada vez mais a busca por sistemas eficazes. Um sistema de informação como suporte contribui, em princípio, para a gestão da grande massa de informação gerada pelos modelos ISO, dentre as quais se destacam: disponibilização de procedimentos, de especificações técnicas, de requisitos de competências e legais, controle de



documentos e registros, resultados do monitoramento da produção e de todo o sistema, entre outros.

Já a viabilidade técnica representa uma avaliação da aplicabilidade de uma solução técnica específica e a disponibilidade dos recursos técnicos e dos especialistas. Com relação a esse ponto, dispõe-se de tecnologia madura a ponto de ser possível automatizar todo o processo de operacionalização e manutenção dos sistemas de gestão de forma integrada (qualidade, meio ambiente e saúde e segurança). Assim contribuindo não só na verificação da conformidade do sistema aos seus requisitos, bem como suas correlações, dependências e impactos, proporcionando melhor adequação ao negócio da organização.

Quanto à viabilidade de cronograma, informando o quão razoável está o cronograma do projeto ainda não foi gerada uma estimativa concreta, pois o projeto ainda encontra-se em fase inicial. Todavia, com base na experiência dos autores na implantação destes sistemas de gestão, estima-se que seu desenvolvimento ocorra em dezoito meses, e que mais seis meses sejam necessários para sua implantação em um sítio.

Por fim, a viabilidade econômica é a mais crítica e representa uma avaliação de custo-eficiência do projeto ou solução (a análise de custo-benefício), que no momento ainda não se encontra completamente estabelecida. Entretanto, uma análise preliminar destaca alguns benefícios proporcionados pelo sistema de informação: rapidez no processo de coleta e disponibilização da informação; redução de erros na coleta e análise dos dados; rapidez e eficácia no processo de auditoria interna; redução do custo e melhor eficiência no controle das informações documentadas (procedimentos e registros); possibilidade de rastreabilidade dos requisitos de forma a se identificar conflitos e impactos negativos decorrentes de não conformidades (reais ou potenciais) do sistema de gestão integrado, permitindo a implantação de ações corretivas e de melhoria mais eficazes à sua sustentabilidade.

## **6 CONCLUSÕES**

Neste trabalho apresenta-se uma discussão sobre a pertinência de um sistema de informação com vistas à gestão integrada da qualidade, do meio ambiente e da saúde e segurança ocupacional em empresas construtoras. Esta discussão decorre do trabalho realizado pelos autores de desenvolvimento, implantação e manutenção destes sistemas em empresas construtoras na Região Metropolitana da Cidade do Recife, Estado de Pernambuco, Brasil.

O padrão de gestão ISO 14001 está consolidado como modelo de sistema que favorece, inclusive em empresas construtoras, a integração entre sistemas de gestão e apresenta-se como possível trabalho futuro. Por outro lado, a operacionalização deste sistema exige um significativo número de informações que necessitam ser utilizadas de modo eficaz, para que de fato possa agregar valor à organização. Neste contexto, é proposto o desenvolvimento de um sistema de informação que ofereça suporte operacional e técnico à gestão ambiental. Para esse domínio, é apresentada a modelagem de requisitos de um Sistema de Informação de Suporte à Gestão Ambiental. Não se observou nenhum trabalho onde a técnica de modelagem de requisitos  $i^*$  fosse utilizada para esse fim, o que é proposto neste trabalho. Além disso, está sendo realizada a verificação da viabilidade da utilização da técnica de modelagem em  $i^*$  em uma ambiente industrial. De forma geral, destaca-se que o uso de uma ferramenta computacional contribuirá para a redução de erros na coleta e análise dos dados relativos às conformidades ou não com os requisitos das normas, por ser digital e sem material impresso; rapidez no processo de auditoria interna; redução do custo de homem/hora destinado a coleta e análise dos dados; possibilidade de rastreamento dos requisitos de forma a ser possível identificarem-se os requisitos conflitantes e os impactos determinados por possíveis não conformidades a algum item de uma norma com relação às demais, bem como permitir a evolução do próprio sistema.

Como trabalhos futuros destacam-se alguns pontos: (i) elaborar um estudo detalhado dos possíveis sistemas existentes; (ii) pormenorizar a viabilidade do sistema SISGA; (iii) detalhar a especificação do sistema SISGA; (iv) implementar um primeiro protótipo; (v) implantar um caso de estudo.

## **7 REFERÊNCIAS**

ALENCAR, F.; CASTRO, J.; CYSNEIROS FILHO, G. Closing the Gap between Organizational Requirements and Object Oriented Modeling. *Journal of the Brazilian Computer Society*, v.7, n.1, 2000.

ALENCAR, F.; CASTRO, J.; MOREIRA, A.; ARAUJO, J.; MONTEIRO, C.; RAMOS, R.; MYLOPOULOS, J. Simplifying i\* Models. In: AOIS07- 17th International Workshop on Agent-Oriented Information Systems, 2007, Trondheim, Norway. *Proceedings of the Workshops and Doctoral Consortium, 19th International Conference on Advanced*. TRONDHEIM: Tapir Academic Press, Norway. v. 2, 2007, pp. 635-649

BOEHM, B. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *Computer*, May 1988, pp. 61-72.

CRUZ NETO, G.; GOMES, A. S.; CASTRO, J. B. C. Mapeando Diagramas da Teoria da Atividade em Modelos Organizacionais Baseados em i\*. *Anais do WER04 - Workshop em Engenharia de Requisitos*, Tandil, Argentina, Dezembro 9-10, 2004, pp. 39-50.

DUBOIS, E.; YU, E.; PETIT, M. From Early to Late Formal Requirements: a Process-Control Case Study. *Proc. 9th International Workshop on Software Specification and Design, IWSSD98*. IEEE Computer Society, Ise-Shima, Japan. April, 1998, pp. 34-42.

ESTRADA, H.; REBOLLAR, A. M.; PASTOR, O.; MYLOPOULOS, J. An Empirical Evaluation of the i\* Framework in a Model-Based Software Generation Environment. In: *Proc of CAiSE 2006, LNCS 4001*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006, pp. 513-527.

FRANCH, X.; GRAU, G.; MAYOL, E.; QUER, C.; AYALA, C. P.; CARES, C.; NAVARRETE, F.; HAYA, M.; BOTELLA, P. Systematic Construction of I\* Strategic Dependency Models for Socio-technical Systems. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering* 17(1): 2007, pp. 79-106.

GRAU, G.; FRANCH, X.; MAYOL, E.; AYALA, C. P.; CARES, C.; HAYA, M.; NAVARRETE, F.; BOTELLA, P.; QUER, C. RiSD: A Methodology for Building i-Strategic Dependency Models. *SEKE 2005*, pp. 259-266.

IEEE Std. 830-98. "Recommended Practice for Software Requirements Specification". The Institute of Electrical and Electronics Engineers. New York, 1998.

LOUCOPOULOS, P.; KARAKOSTAS, V. *System Requirements Engineering*. McGraw-Hill Book Company. 1995.

OLIVEIRA, A. P. A.; CYSNEIROS, L. M.; LEITE, J. C. S. P.; FIGUEIREDO, E. M. L.; LUCENA, C. J. P. Integrating scenarios, i\*, and AspectT. In the Context of Multi-Agent Systems" *CASCON 2006 - The 16th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering*. Toronto, Canada, 2006.

OMG. Catalog of OMG Modeling and Metadata Specifications. Disponível em: [http://www.omg.org/technology/documents/modeling\\_spec\\_catalog.htm](http://www.omg.org/technology/documents/modeling_spec_catalog.htm). Acesso em: 08/05/2008.

YU, E. Modeling Strategic Relationships for Process Reengineering. Ph.D. thesis, Department of Computer Science, University of Toronto, Canada, 1995.

## **8 AGRADECIMENTOS**

No desenvolvimento deste trabalho foi possível contar com apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil, através das agências de fomento a pesquisa CNPq e FINEP.