

ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS DO SISTEMA INTELIGENTE PARA DIAGNÓSTICO, RECOMENDAÇÃO DE USO E MONITORAMENTO DE COMPOSTO DE LIXO URBANO EM AGRICULTURA.

Renato da S. de Deus¹, Adriana Delfino dos Santos², Fábio Cesar da Silva³

Abstract - *The work presents the experience of the Embrapa and institutions partners in the use of techniques of the specification of functional requirements in the development of an intelligent system (IS) of support to the diagnosis of the quality and the use recommendation of the made up of urban garbage (MUG) in ground agricultural. The process of development of Knowledge-Based System (KBS) was adopted and the current phase in execution is the "Implementation of the KBS". Also the paradigm of cycle of life of software development was adopted "Spiral" and, in result, an archetype was used to elucidate the main functional requirements of the processes contained in the system: Engineering of the Knowledge, Diagnosis of the Quality of the MUG, Recommendation of agricultural Use of the MUG and Monitorig the Area of Application of the MUG. The functional requirements are grouped in: Functional requirements, Technical, Operational, Quality and Maintenance.*

Index Terms – *Knowledge-Based System, Paradigm of Cycle of Life, Specification of Requirements of the Customer.*

INTRODUÇÃO

O Composto de Lixo Urbano (CLU) é resultado da reciclagem da fração orgânica do lixo também denominada de compostagem. Este composto pode ser utilizado na agricultura como insumo, sendo uma alternativa à disposição do lixo em aterro sanitário, controlado ou lixões. As vantagens podem ser mensuradas pelo baixo custo operacional, pelo uso do produto como condicionador de solo e a pela subsequente redução de resíduos sólidos urbanos destinados aos aterros. Porém, sua utilização depende do atendimento de padrões mínimos de qualidade, evitando-se assim, a contaminação do solo e dos produtos plantados, que pode, conseqüentemente, contaminar o meio ambiente, os animais e o ser humano através das rotas de exposição.

Além disso, existe no Brasil, a carência de informação sobre o assunto e a necessidade de difundir o conhecimento existente na legislação e em publicações científicas, tornando esse conhecimento disponível e de fácil acesso a fim de promover o correto uso agrícola do CLU. Para atender a essa demanda, a Empresa Brasileira de Pesquisa na Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com outras instituições de pesquisa vem trabalhando,

desde o início de 2005, no projeto “Estabelecimento de padrões de qualidade de compostos de lixo urbano destinados ao uso agrícola e florestal” que objetiva o estabelecimento de padrões mínimos de qualidade do CLU, que serão organizados na forma de uma regulamentação para ser apresentada à Comissão Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e aos órgãos ambientais estaduais [5]. Este projeto objetiva também a construção de um Sistema Inteligente (SI) que terá habilidade de usar o conhecimento de especialistas da área de uso agrícola de CLU para desempenhar as tarefas de controle de qualidade do CLU produzido por uma usina e de recomendação de uso desse composto na agricultura de acordo com a cultura e as propriedades físico-químicas do solo. A equipe desse projeto é composta por especialistas na área de uso agrícola do CLU e especialistas em sistemas inteligentes, em engenharia do conhecimento e engenharia de software.

Um dos resultados parciais deste projeto é o conjunto de requisitos do sistema inteligente identificados por meio da aplicação de técnicas de Engenharia de Software para especificação de requisitos em um processo de desenvolvimento de Sistema Baseado em Conhecimento. As técnicas adotadas e os resultados obtidos são discutidos neste trabalho.

METODOLOGIA

Com o objetivo de obter-se uma definição do termo "sistema" para o contexto do sistema inteligente, após uma revisão na literatura, selecionou-se a definição de Maffeo citado por Carvalho & Chiossi [1]:

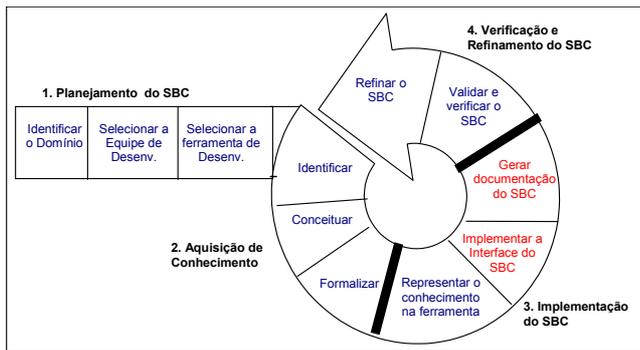
“Um conjunto, identificável e coerente, de elementos que interagem coesamente, onde cada elemento pode ser um sistema”.

Adotou-se o processo de desenvolvimento de Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) que estabelece as fases de planejamento do SBC, de aquisição de conhecimento, de implementação do SBC e de validação e refinamento do SBC [4]. A primeira fase é realizada apenas uma vez e as demais compõem uma etapa contínua de melhoramento do sistema, como mostra a Figura 1. A fase de implementação do SBC é o ponto de forte interação com a Engenharia de Software e foco deste trabalho, pois são realizadas as etapas de implementação da interface do SBC e a geração da documentação do mesmo.

1 Renato da S. de Deus, Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, 6041 13083-886 - Campinas, SP, Brasil, renatosd@cnptia.embrapa.br. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica- PIBIC do CNPq.

2 Adriana Delfino dos Santos, Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, 6041 13083-886 - Campinas, SP, Brasil, adriana@cnptia.embrapa.br

3 Fábio Cesar da Silva, Embrapa Informática Agropecuária, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, 6041 13083-886 - Campinas, SP, Brasil, fcesar@cnptia.embrapa.br



Fonte: Rezende (2003)

FIGURA. 1

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UM SBC.

No escopo desta fase, adotou-se o paradigma de ciclo de vida de desenvolvimento de software "Espiral" [2]. Este paradigma, representado pela espiral da Figura 2 define quatro importantes atividades representadas pelos quadrantes da figura: Planejamento, Análise de riscos, Engenharia e Avaliação feita pelo cliente. Com cada iteração ao redor da espiral (iniciando-se ao centro e avançando para fora), versões progressivamente mais completas do software são construídas. A adoção deste paradigma possibilitou um melhor entendimento na construção do SI e a utilização de um protótipo⁴ para elucidar os principais requisitos funcionais dos processos contidos no sistema.

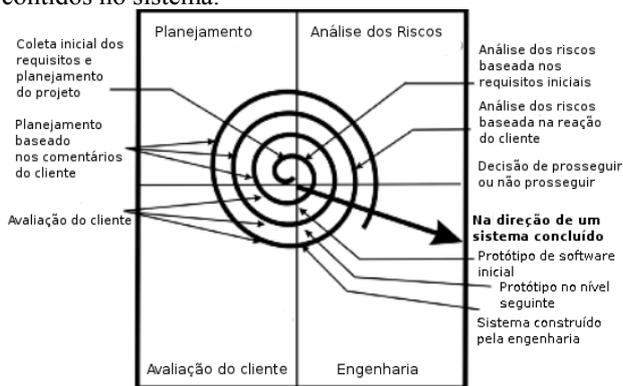


FIGURA. 2

O MODELO ESPIRAL.

Para garantir que o sistema atenda às necessidades de seus usuários e de seu ambiente de execução, adotou-se o conceito de análise do sistema por meio da identificação de componentes do sistema que interagem entre si [1].

A elucidação dos requisitos ocorreu por meio de reuniões dos engenheiros de software com os engenheiros do conhecimento e representantes dos usuários (especialistas em produção de CLU, especialistas uso agrícola do CLU e especialistas em análises físico-químico-biológica de CLU) e construção de protótipos para identificação de requisitos funcionais e criação de um modelo do sistema.

A especificação dos requisitos do sistema considerou os seguintes princípios apontados por Pressman [2]: separar funcionalidade ("o quê") de implementação ("como" tem que ser realizado); especificar o modelo do

comportamento desejado em termos das respostas funcionais a vários estímulos do ambiente; a abrangência da especificação deve cobrir o ambiente no qual o sistema opera; a especificação deve ser um modelo cognitivo, ser operacional, ser tolerante com a não-inteireza e ser expansível, ser localizada e fracamente acoplada.

A organização dos requisitos adotou as categorias definidas por Santos [3]: Funcional, Técnico, Operacional, e Qualidade. Na categoria Funcional, os requisitos descrevem as funções do sistema em termos de entradas, processos e saídas. Na categoria Técnico, os requisitos descrevem as características técnicas do produto, divididas nas subcategorias: hardware, software, interfaces de comunicação, capacidade, desempenho, segurança de acesso e confiabilidade. Na categoria Operacional, os requisitos descrevem os aspectos operacionais como, por exemplo, instalação, suporte, documentação, treinamento e ambiente. Na categoria Qualidade, os requisitos estatutários e regulatórios são descritos.

Os requisitos foram organizados e registrados no documento intitulado "Especificação de Requisitos do Cliente" cujo formato está baseado no modelo proposto por Santos [3].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do ambiente do sistema inteligente, denominado Sistema de Monitoramento de uso de Composto de Lixo Urbano na Agricultura (SIMCLUA), identificou as seguintes entidades que interagem com o sistema: usina de compostagem (podendo ser uma ou mais), especialista do domínio (representando os especialistas das áreas de compostagem, uso agrícola de CLU e técnicos de análise características físico-químico-biológicas de CLU) e o órgão fiscalizador (instituição interessada em monitorar o uso agrícola do CLU sob os aspectos de segurança alimentar e ambiental). As interações estão representadas na forma de um Diagrama de Contexto onde a elipse representa um sistema, o retângulo representa uma entidade e a seta o fluxo de dados na interação. O sistema "Pesquisa para aquisição de conhecimento" alimenta a entidade "Especialista" com novos conhecimentos.

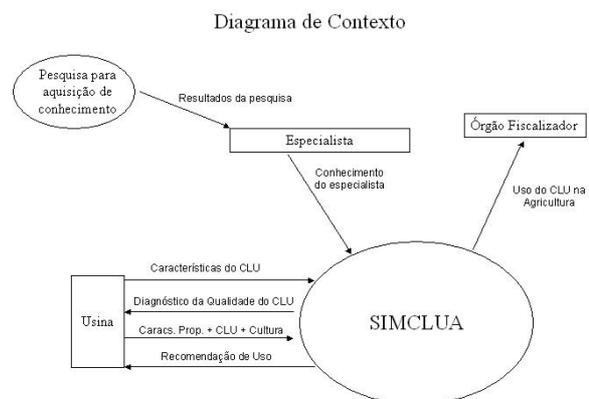


FIGURA 3

DIAGRAMA DE CONTEXTO DO SIMCLUA.

⁴ Construído em plataforma MS-Windows, monousuário, na linguagem de programação MS-Visual Basic.

O detalhamento do SIMCLUA identificou os seguintes processos envolvidos no sistema: "Engenharia do conhecimento", "Diagnóstico da qualidade do CLU", "Recomendação de uso agrícola do CLU", "Monitoramento da área de aplicação de CLU e controle do CLU produzido nas usinas de compostagem". Esses processos foram agrupados, respectivamente nos subsistemas SiGerador, Sirclua, SiControle. A Figura 4 mostra estes subsistemas (representados pelos retângulos pontilhados) e os seus processos (representados pelos retângulos).

SIMCLUA

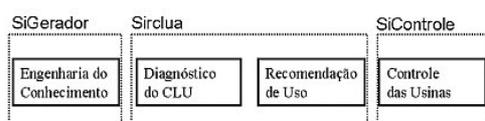


FIGURA 4

PROCESSOS MAPEADOS DENTRO DOS SISTEMAS.

Fundamentado num documento normatizador (legislações, recomendações técnicas ou literatura), inicia-se o processo de Engenharia do Conhecimento. Uma equipe multidisciplinar de Engenharia do Conhecimento, composta por pesquisadores da área de CLU e de sistemas especialistas, organiza o conhecimento em forma de regras. Estas regras são armazenadas em uma base de conhecimento (BC). A fonte desse conhecimento é a Circular Técnica da Embrapa [6]. Em seguida, valida-se o conjunto de regras, confrontando-o com o conhecimento da referência técnica. Nesta atividade, várias iterações ocorrem até que a BC esteja em conformidade com a referência técnica. Ao término desta atividade, a BC está liberada para uso dos demais processos.

O processo Diagnóstico da qualidade de CLU inicia-se com o cadastramento das características físico-químico-biológicas de lotes de CLU produzidos e em processo de maturação. Várias análises podem ser cadastradas até que o CLU esteja maturado. O diagnóstico da qualidade é feito através do confronto das características do lote de CLU com as regras armazenadas na BC e um laudo é emitido. A qualidade do lote é classificada em: Adequada, quando está dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pela referência técnica; Adequada com restrições, quando o uso é restrito para algumas culturas; e Inadequada, quando o uso agrícola é impróprio.

O processo de Geração da recomendação de uso do CLU inicia-se com o cadastramento das propriedades rurais que são clientes da unidade de compostagem. Neste cadastramento, informações de identificação da propriedade e de análise química do solo são fornecidas. Em seguida, dentre os lotes que estão com qualidade "Adequada" ou "Adequada com restrições", identifica-se qual o lote de CLU que está disponível para uso. Solicita-se a geração da recomendação de uso do CLU confrontado as características do CLU, as características do solo da propriedade onde será aplicado e quais as culturas que serão manejadas. O resultado será uma recomendação que

será entregue para o cliente junto com o produto e também será armazenado em uma base de dados. Esta base recomendações de uso é a entrada do processo de monitoramento e controle.

O protótipo funcional possibilitou extrair as funcionalidades do sistema para os processos "Diagnóstico da qualidade do CLU" e "Recomendação de uso agrícola do CLU".

A Tabela I apresenta alguns exemplos de requisitos, conforme as categorias definidas por Santos [3]. A coluna "ID" contém o código do requisito composto por uma letra que indica a categoria ("F"=funcional, "T"=técnico, "O"=operacional e "Q"=qualidade) e um número sequencial. Por exemplo, F205 indica o requisito funcional 205. Este código possibilita a referência do requisito nas demais fases da engenharia do software. A coluna "Descrição do requisito" contém uma descrição clara e objetiva do requisito.

TABELA I

ESQUEMA DE ORGANIZAÇÃO DOS REQUISITOS.

ID	Descrição do requisito
Requisitos Funcionais	
F205	Diagnóstico da qualidade de lote de CLU, a partir das características físico-químico-biológicas de lote de CLU, descritas no Anexo I. A saída deve emitir um relatório com as características do lote de composto e sua situação para uso agrícola (adequado, adequado com restrições ou inadequado), a data da avaliação e o responsável pela solicitação.
F206	Liberação de lote de CLU para descarte em aterro, caso o CLU seja inadequado para uso agrícola, ou para uso agrícola. Caso o CLU seja adequado com restrições, a liberação deverá indicar a data final de maturação do lote. Esta ação é realizada pelo técnico responsável pela produção de CLU na usina de compostagem.
F208	Geração da recomendação de uso agrícola de CLU para um determinado lote de CLU de acordo com as características do solo em que será aplicado e as respectivas culturas.
Requisitos Técnicos	
T001	Utilizar plataforma Web e software livre.
T002	Utilizar linguagem de programação multiplataforma.
Requisitos Operacionais	
O008	O sistema deverá estar disponível para acesso por diferentes navegadores Web como por exemplo Internet Explorer 5.0 ou superior e Mozilla nas diferentes versões e derivações.

A validação desses requisitos especificados deu-se por meio de um workshop em que o documento "Especificação de Requisitos do Cliente" foi analisado pelos especialistas de domínio e representantes dos usuários e as sugestões de melhorias foram discutidas e aprovadas.

O documento de requisitos atualizado é a base para as próximas iterações ao redor do espiral.

CONCLUSÃO

O uso combinado do processo de desenvolvimento de Sistema Baseado em Conhecimento com o modelo de ciclo de vida Espiral e a adoção de técnicas de especificação de requisitos de software nas etapas de implementação da interface do sistema baseado em conhecimento e geração da sua documentação mostrou-se apropriado para elucidar e organizar a representação dos requisitos, além de facilitar a comunicação entre os membros da equipe interdisciplinar. A documentação elaborada é a base das próximas iterações ao redor da espiral e facilitará a execução de atividades de verificação e validação dos requisitos, contribuindo para a aumentar a qualidade do sistema desenvolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARVALHO, A. M. B. R.; CHIOSSI, T. C. S. **Introdução à engenharia de software**. Campinas, Editora da Unicamp, 2001.
- [2] PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**. São Paulo: Makron Books, 1995. 1056 p.
- [3] SANTOS, A. D. dos. **Estabelecimento de processos da ISO/IEC TR 15504 em organização de software que possui gerenciamento da qualidade total**. 1999. 187 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [4] REZENDE, S. O. **Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2003. 525p.
- [5] PIRES, A. M. M.; SANTOS, A. D. dos; ABREU JÚNIOR, C. H.; TEIXEIRA, E. N.; SILVA, F. C. da; GURRINI, I.; BELTRAME, K. G.; BARREIRA, L. P.; RODRIGUES, L. H. A.; LIGO, M. A. V.; RODRIGO, M. S.; RIBEIRO, M. A.; GROOKE, M.; ABREU, M. F. de; BERTON, R. S.; BETTIOL, W. **Estabelecimento de padrões de qualidade e de monitoramento da aplicação de compostos de lixo urbano em solos agrícolas e florestais**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 26 p. (Embrapa. Macroprograma 3 - Desenvolvimento Tecnológico Incremental). Projeto em Andamento.
- [6] SILVA, F. C. da; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALLESTERO, S. D. **Recomendações Técnicas para o uso Agrícola do Composto de Lixo Urbano no Estado de São Paulo**. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2002. (Circular Técnica 3).