

GERSE: Guia para Elicitação de Requisitos de Sistemas Embarcados

Jaime Cazuhira¹, Luiz Eduardo G. Martins²

¹FATEC-ID – Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba
Rua Dom Pedro I, 65 – Cidade Nova – Indaiatuba – SP – Brazil

²UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba
Rodovia do Açúcar, km 156 – Piracicaba – SP – Brazil

jossada@fatecindaiatuba.edu.br, lgmartin@unimep.br

Abstract. *The projects with embedded systems are used for many different purposes, being a major challenge for the community of developers of such systems. As we benefit from technological advances the complexity of designing an embedded system increases significantly. This paper presents GERSE, a guideline to requirements elicitation of embedded systems. Despite of advances in the area of embedded systems, there is a shortage of requirements elicitation techniques that meet the particularities of this area. The contribution of GERSE is to improve the capture process and organization of the requirements of embedded systems projects.*

Resumo. *Os projetos de sistemas embarcados são desenvolvidos para as mais diversas finalidades, apresentando-se como um grande desafio para a comunidade de desenvolvedores de software. Na medida em que nos beneficiamos dos avanços tecnológicos, a complexidade dos sistemas embarcados tem aumentado de forma significativa. Neste artigo apresentamos o GERSE, um guia para elicitação de requisitos de sistemas embarcados. Apesar dos avanços na área de sistemas embarcados, nota-se uma escassez de técnicas de elicitação de requisitos que atendam às particularidades desta área. A contribuição do GERSE vem no sentido de melhorar o processo de captura e organização dos requisitos em projetos de sistemas embarcados.*

1. Introdução

Os projetos de sistemas embarcados são criados para as mais diversas finalidades, sendo um nicho com muitos aspectos a serem explorados. A presença de sistemas embarcados (SE) tem crescido muito nos últimos anos, tanto na indústria e comércio como nas residências em geral [CANCIAN *et al.*, 2007]. Os SE estão presentes em nosso cotidiano, e a previsão é que aumentarão em grande escala nos próximos anos [WALLS, 2006], atualmente são fabricados bilhões de processadores (por ano) voltados para o mercado de SE [VAHID e GIVARGIS, 2002]. As aplicações de *software* desenvolvidas para SE estão se tornando mais sofisticadas e complexas, demandando das equipes de desenvolvimento grande esforço para gerenciar a complexidade e garantir a qualidade dos sistemas implementados. Essa sofisticação tem um impacto direto sobre o tratamento dos requisitos do sistema. Segundo Broy (1997), em sistemas computacionais embarcados mais de 50% dos problemas ocorrem após a entrega do artefato ao usuário. Contudo, os problemas relatados não são erros de implementação,

mas em grande parte equívocos cometidos na captura dos requisitos. Neste artigo apresentamos o GERSE, um guia de elicitação de requisitos para SE. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada uma rápida caracterização do problema que levou ao desenvolvimento do GERSE; na seção 3 são discutidos os trabalhos correlatos; na seção 4 é apresentada a metodologia adotada para o desenvolvimento do guia; na seção 5 é apresentada a organização e as atividades que compõem o GERSE; na seção 6 é apresentada a conclusão do trabalho; e na seção 7 são indicados alguns trabalhos futuros.

2. Caracterização do problema

Na medida em que o *software* para SE está se tornando cada vez mais complexo, os engenheiros de sistemas embarcados estão procurando na Engenharia de *Software* técnicas, métodos e ferramentas que possam auxiliá-los na melhoria da qualidade do *software*. Por sua vez, a comunidade de Engenharia de *Software* está percebendo a necessidade de adaptar o ferramental já existente, e também propor novas abordagens, que possam atender de forma efetiva as particularidades da área de SE. Uma percepção que emerge das pesquisas na literatura da área de SE, e também a partir da interação com profissionais que desenvolvem sistemas nesta área, é que há uma escassez, senão uma ausência completa, de métodos, técnicas e ferramentas de Engenharia de Requisitos desenvolvidas especialmente para a área de SE. Para Wagner e Carro (2009), *software* embarcado possui características particulares, por exemplo, consumo de energia, quantidade de memória utilizada, requisitos de tempo real, e outras restrições que não são usualmente consideradas no desenvolvimento de *software* tradicionais.

Em junho de 2009, realizamos uma pesquisa de campo com o objetivo de mapear o estado da prática da elicitação de requisitos entre profissionais que desenvolvem SE, abrangendo principalmente os profissionais do Estado de São Paulo (participaram desta pesquisa 53 profissionais da área de SE). Entre outros fatores, essa pesquisa revelou que 54,9% dos profissionais de SE não utilizavam nenhuma metodologia para a elicitação de requisitos em seus projetos, e que 67% tinham formação voltada para o desenvolvimento de aspectos do hardware do sistema (como engenharia elétrica, eletrônica, tecnologia em automação industrial e telecomunicações), com pouca (ou nenhuma) educação formal em disciplinas da Engenharia de Software [OSSADA, 2010].

3. Trabalhos correlatos

Para a elaboração do guia de elicitação de requisitos dirigido aos SE, inicialmente foi realizado um estudo sobre oito trabalhos, publicados entre 1997 e 2009, nos quais são apresentadas propostas para as atividades da Engenharia de Requisitos. Os trabalhos analisados foram:

(i) Broy (1997), o qual estabelece que, os processos da Engenharia de Requisitos para os SE pode ser divididos em duas fases, a saber: a pré-fase e a fase principal. Durante a pré-fase, são elaboradas as estratégias gerais do produto e as suas restrições gerais, enquanto na fase principal são determinados os requisitos técnicos. Seu trabalho é centrado principalmente na fase principal, indicando que para descrever o comportamento de um SE é necessária a seleção de um bom modelo de domínio para expressar os requisitos, o qual deve ser simples, abstrato e o mais sugestivo possível.

(ii) Nasr et al. (2002) estudam os casos de uso para elicitar e especificar os requisitos para um SE, mas com foco no que foram considerados requisitos técnicos, não indicando, em nenhum momento, a utilização de uma técnica ou de um modelo dirigido à elicitação de requisitos para a captura de requisitos informais.

(iii) Graaf et al. (2003) realizaram um trabalho que consistia em determinar o estado da prática, envolvendo sete empresas e um instituto de pesquisa, em três países da Europa. As empresas variavam desde fabricantes de eletrônicos de consumo a indústrias especializadas em máquinas industriais. Os resultados mostram que, para a captura e a especificação de requisitos, normalmente é empregada a linguagem natural, em um processador de textos, e se utiliza um *template* que descreve quais aspectos devem ser especificados. Para organizar o gerenciamento de requisitos, nenhuma ferramenta apresentou resultados satisfatórios, por serem incompletos ou o tempo de aprendizado da ferramenta ser demasiadamente longo.

(iv) Botaschanjan et al. (2005) apresentam uma metodologia que aponta para quatro fases durante o desenvolvimento de SE: fase de especificação, fase de modelagem, fase de verificação e fase de integração. A primeira é a de especificação de requisitos, por meio da utilização da linguagem natural.

(v) Chae (2006) propõe a utilização de uma metodologia ágil para o desenvolvimento de sistemas embarcados, através do particionamento temporário de hardware e software. Porém, em seu trabalho não há menção à fase inicial da Engenharia de Requisitos, focando-se especificamente no *codesign* de hardware e software.

(vi) Pretschener et al. (2007) apontam em direção à existência de duas fases para as atividades de elicitação de requisitos e ressaltam a importância da Engenharia de Requisitos para os SE como uma disciplina chave para o sucesso no domínio dos SE automotivos. Além disso, realçam a relevância de um modelo sistemático para estruturar os requisitos após a sua captura.

(vii) Boulanger e Dao (2008) propõem a utilização do System Modeling Language (SysML), desenvolvido pela OMG, que consiste no reuso do conjunto da UML 2, adicionando-se novos diagramas, e modificando-se alguns para diminuir a lacuna entre software e outras disciplinas envolvidas no processo de um SE automotivo. Para as atividades de elicitação de requisitos, eles citam a utilização do diagrama de requisitos para integrar os modelos do sistema com requisitos baseados em texto, capturados por uma ferramenta de gerenciamento de requisitos.

(viii) Liggesmeyer e Trapp (2009) apresentam como sugestão a utilização de um modelo dirigido para especificar, gerenciar mudanças, rastrear e testar requisitos obtendo assim os requisitos funcionais inicialmente, sem considerar nenhuma execução técnica, e depois, durante o desenvolvimento da arquitetura do sistema, baseados nos requisitos funcionais. Contudo, em seu trabalho é proposta a utilização do MDA (*Model-Driven Architecture*).

Todos os trabalhos citados anteriormente apontam para fases durante o estágio inicial de desenvolvimento dos sistemas embarcados. A primeira delas (pré-fase) consiste em capturar as necessidades dos *stakeholders*, baseando-se em requisitos informais, e a segunda focaliza a transformação dos requisitos informais em requisitos técnicos. Porém, não foi observada a sugestão da utilização de uma metodologia

específica ou genérica para a captura e a análise dos requisitos, ou ainda de um guia para refinar e transformar os requisitos informais em técnicos.

4. Metodologia de Desenvolvimento

Para a elaboração do guia de elicitação de requisitos para SE, foi realizada inicialmente uma pesquisa de campo, utilizando-se um questionário com 25 questões, que foi aplicado aos profissionais que atuam no mercado brasileiro de SE, com o propósito de verificar o estado da prática em relação à elicitação de requisitos. Para participar da pesquisa, foram convidados profissionais que atuavam em várias áreas de SE, a maioria alocada em empresas do Estado de São Paulo, envolvendo vários segmentos de mercado: sistemas automotivos, automação industrial, eletrônicos de consumo, domótica, equipamentos médicos, telecomunicação e entretenimento. Após a tabulação e análise dos resultados da pesquisa de campo, realizou-se um estudo aprofundado do documento IEEE 830-1998 [IEEE, 1998], o qual fornece recomendações para a especificação de requisitos de *software*, e do *template* Volere [ROBERTSON E ROBERTSON, 2009], que fornece uma estrutura para documentar e organizar os requisitos de *software*. Esses três elementos de estudo constituíram a base para a elaboração das atividades que comporiam o guia de elicitação de requisitos (Figura 1).

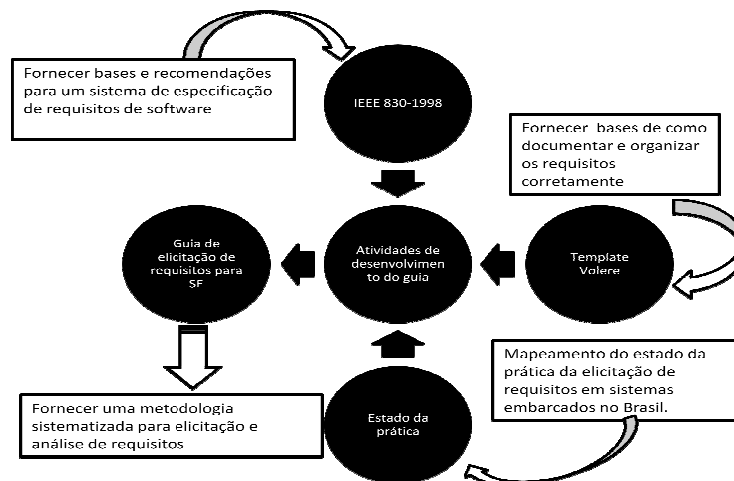


Figura 1. Elementos que Fundamentaram a Elaboração do GERSE

4.1. Condução da Pesquisa de Campo

A pesquisa foi realizada no período de junho e julho/2009. O questionário abrangeu 25 questões divididas em três grupos:

I) Perfil do profissional: neste grupo, foram elaboradas questões objetivas para se obter o tipo de formação, experiência e tempo de atuação em projetos de SE.

II) Tecnologia utilizada: neste grupo de questões o objetivo foi identificar os diversos ambientes de desenvolvimento adotados pelos profissionais, abrangendo famílias de processadores, compiladores e simuladores de hardware e software.

III) Processo de elicitação de requisitos: o foco neste grupo de questões foi identificar os principais procedimentos adotados, bem como as ferramentas utilizadas e os principais problemas encontrados durante a coleta e definição de requisitos. Também houve a preocupação de identificar quais eram os critérios adotados para separação de

funcionalidades e restrições a serem implementadas por hardware e software. A seguir são apresentados os resultados mais relevantes:

- Perfil do entrevistado: a maioria possui formação com ênfase em hardware, como engenharia elétrica, engenharia eletrônica, tecnologia de automação industrial, tecnologia em sistemas eletrônicos e tecnologia em telecomunicações, totalizando 67% dos profissionais participantes. Apenas 33% possuem formação (superior) exclusivamente em computação. A Figura 2 mostra o perfil da formação técnica dos profissionais que participaram da pesquisa.

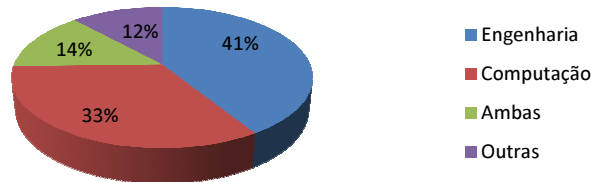


Figura 2. Formação técnica dos participantes

- Tecnologias utilizadas: os resultados foram abrangentes e diversificados. A família de microcontroladores *PIC* revelou-se a mais utilizada, abrangendo 23% das respostas, seguida pela família *ARM* com 21%. A família *Motorola MCS 51* ficou com 14% de utilização, 10% para a família *Freescale*, contra 9% da família *ATMEL*. Outros MCs foram citados durante a pesquisa, como *MIPS* (3%), *Rabbit* (3%), *Zilog* (2%) e citações aos MCs *Nios*, *Infineo*, *Silabs*, *Cypress*, *Hitachi* e *MSP340*. Neste item alguns desenvolvedores trabalhavam com mais de uma família de MC.

- Processos de elicitação de requisitos: o foco central foi identificar se eram adotados processos consistentes de elicitação e documentação de requisitos, quais seriam as maiores dificuldades durante a elicitação de requisitos e o grau de importância atribuído ao tratamento dos requisitos em projetos de sistemas embarcados. Quando perguntados se utilizavam alguma metodologia para elicitação de requisitos, mais da metade (54,9%) responderam que não utilizavam nenhuma metodologia. Os que responderam sim (45,1%), afirmaram que os procedimentos adotados são baseados em metodologias oriundas da literatura em Engenharia de Software (47%), seguidos por aqueles criados pela própria empresa (24%), criados e adotados por iniciativa própria do desenvolvedor (19%) e outras formas (10%). Questionados ainda se os procedimentos adotados eram estáveis, 41,2% responderam negativamente. Outro item analisado foi sobre as técnicas de coleta de requisitos adotadas, as respostas foram diversas, distribuídas da seguinte forma: análise de documentação existente (26%), entrevistas (19%), troca de mensagens por fax e email (18%), análise de mercado (17%), questionário (15%) e JAD (2%). Chamou atenção o fato de vários profissionais considerarem a troca de mensagens via fax e e-mail como técnicas de coleta de requisitos, dado o grau de informalidade que normalmente acompanha a utilização desses recursos.

Questionados sobre as principais dificuldades encontradas durante a coleta e análise de requisitos, as respostas ficaram assim distribuídas: falta de clareza por parte do cliente (22%), requisitos incompletos (20%), confusos (18%) e ambíguos (17%), pouco tempo para coleta e análise (10%). Outras citações menos frequentes foram: não importância aos requisitos por parte do stakeholder, ou da própria equipe de desenvolvimento por ser multidisciplinar, além de requisitos muitas vezes impossíveis

de serem implementados. Na Tabela 1 são apresentadas as principais dificuldades encontradas por desenvolvedores de SE durante a elicitaco e análise de requisitos.

Tabela 1. Principais dificuldades encontradas na elicitaco de requisitos

Principais dificuldades	Respostas
Falta de clareza por parte do cliente	22%
Requisitos incompletos	20%
Requisitos confusos	18%
Requisitos ambíguos	17%
Pouco tempo para coleta e análise dos requisitos	10%
Dificuldade em organizar os requisitos coletados e ausência e ineficácia de um guia de elicitaco	5%
Alteraces de requisitos, pouca importância aos requisitos por parte do cliente, equipe não d importância aos requisitos e requisitos não realizáveis.	1%

5. Organizao e Atividades do GERSE

O guia desenvolvido foi dividido duas fases (pré-fase e fase principal), organizado em sete categorias, que totalizam quarenta e seis atividades específicas, responsáveis pela gerao de sete artefatos que devem compor os requisitos do sistema embarcado (Figura 3). A cada passo, os artefatos serão gerados com o propósito de auxiliar na transio dos requisitos informais para os requisitos técnicos.

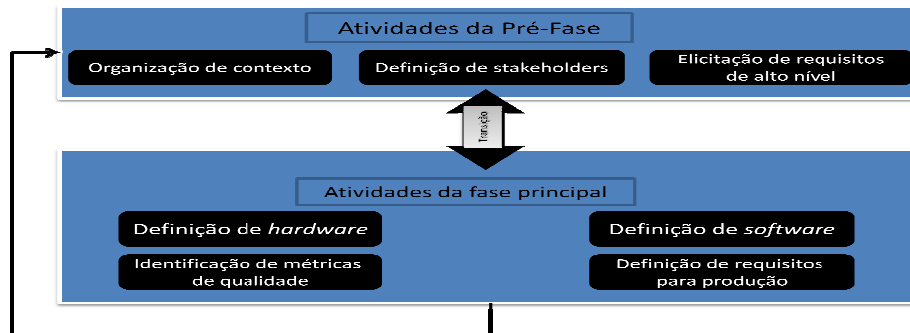


Figura 3. Os setes artefatos gerados pelo GERSE

5.1. Resumo Geral das Atividades do GERSE

Durante a pr-fase, as atividades foram organizadas em três categorias (organizao de contexto, definio de *stakeholders* e requisitos de alto nível). Na fase principal foram criadas quatro categorias (requisitos de *hardware*, requisitos de *software*, requisitos de qualidade e de produo) cada qual com um conjunto de atividades específicas. A Tabela 3 apresenta o resumo geral das atividades a serem realizadas adotando-se o GERSE. Ao finalizar as atividades da pr-fase,  possível ao engenheiro de requisitos analisar os requisitos de alto nível e também fazer a conversão para os requisitos técnicos. Cada categoria possui objetivos diferentes, com atividades específicas, cujo propósito  gerar artefatos (saída) para auxiliar na especificao dos requisitos.

Tabela 3. Resumo Geral das Atividades do GERSE

Atividades da Pr Fase	
1 Organizao de Contexto	
1.1 Obter o propósito e as metas organizacionais do produto frente ao mercado.	1.2 Definir as características gerais do produto.
1.3 Definir os impactos organizacionais com o desenvolvimento do produto.	1.4 Definir os impactos negativos com o não desenvolvimento do produto.

1.5 Definir as expectativas de tempo total de desenvolvimento do produto.	1.6 Definir o público a ser atingido.
1.7 Recuperar projetos de sistemas legados.	
2 Atividades de definição de stakeholders	
2.1 Definir principais stakeholders.	2.2 Definir stakeholder especialistas de domínio.
2.3 Definir stakeholders contrário ao projeto.	2.4 Definir perfil do usuário.
3 Atividades de elicitação de requisitos de alto nível	
3.1 Definir as funções do produto (Requisitos Funcionais).	3.2 Definir as restrições do produto (Requisitos não funcionais).
3.3 Definir as restrições físicas do ambiente.	3.4 Definir as características de consumo de energia.
3.5 Definir as características físicas e mecânicas.	3.6 Definir a interface.
3.7 Definir as situações críticas.	3.8 Definir grau de confiabilidade.
3.9 Definir solução encontrada.	3.10 Definir estimativa de custos.
Atividades da Fase Principal	
4 Atividades de identificação de Hardware	
4.1 Definir sensores.	4.2 Definir atuadores.
4.3 Definir interação com o usuário	4.4 Definir interrupções de HW.
4.5 Definir botões.	4.6 Definir memórias.
4.7 Definir portas de comunicação externa.	4.8 Definir requisitos de componentes.
4.9 Definir requisitos de layout da placa controladora.	4.10 Definir parâmetros de HW legados.
4.11 Definir parâmetros de COTS especiais.	4.12 Definir microcontroladores.
5 Atividades de identificação de Software	
5.1 Definir variáveis de ambiente.	5.2 Definir funções de SW.
5.3 Definir exceções.	5.4 Definir funções de interrupções
5.5 Definir requisitos de idioma.	5.6 Definir interface de comunicação (software).
5.7 Definir funções de monitoramento.	5.8 Definir funções de armazenamento de dados.
6 Atividades de definição de métricas de qualidade.	
6.1 Definir grau de segurança.	6.2 Definir desempenho.
6.3 Definir métricas de manutenção.	
7 Atividades de definição de métricas de linha de produção.	
7.1 Definir aspectos de produção.	7.2 Definir embalagem.

5.2. Relação Requisitos Informais *versus* Requisitos Técnicos

Os requisitos informais possuem um alto grau de influência nos requisitos técnicos. Cada atividade específica identificada (conjunto de requisitos de alto nível) na pré-fase será utilizada intensamente para definir os requisitos técnicos. A Tabela 4 mostra as influências que puderam ser notadas de forma mais direta entre as atividades da pré-fase (requisitos de alto nível) e as atividades da fase principal (requisitos técnicos). Para a construção do quadro de dependência, foram observadas quais as atividades de definição dos requisitos de alto nível da pré-fase (nove atividades específicas) influenciariam no conjunto de vinte e seis atividades para a definição dos requisitos técnicos

O GERSE foi desenvolvido inicialmente para a elicitação de requisitos de SE de pequeno e médio porte, possibilitando aos engenheiros de requisitos realizarem as atividades de forma sistemática, em duas fases distintas, o que implica em uma transição natural a qual ordena os requisitos em grupos específicos. O *template Volere* [ROBERTSON E ROBERTSON, 2009] e a recomendação *IEEE 830-1998* [IEEE, 1998], no entanto, são modelos gerais e não contemplam em sua estrutura a oportunidade de serem utilizadas diretamente em projetos de SE. As atividades previstas no GERSE apresentam um maior grau de detalhamento, obtido por meio de um conjunto de atividades específicas para projetos em SE, permitindo aos engenheiros de requisitos serem contemplados com uma ferramenta mais adequada às atividades de elicitação de requisitos, produzindo uma documentação completa, facilitando e organizando as demais fases do ciclo de vida de desenvolvimento do produto.

5.3. Estudo de Caso

Após a elaboração do guia, o mesmo foi instanciado em um estudo de caso, que foi a elicitação de requisitos de um relógio digital de xadrez. O objetivo dessa experiência foi avaliar na prática o guia proposto para a elicitação de requisitos de SE, demonstrando a aplicação do guia e os artefatos gerados. A seguir serão apresentados fragmentos da documentação gerada no projeto instanciado.

Quadro 1. Organização de contexto

1.1 Obter o propósito e as metas organizacionais do produto frente ao mercado.

O produto a ser desenvolvido tem o objetivo de automatizar a marcação de tempo de uma partida de xadrez. O produto tem como meta ser adotado em competições nacionais de xadrez e para uso doméstico por enxadristas de qualquer nível.

1.2 Definir as características gerais do produto.

O produto deverá marcar tempo com exatidão, ser resistente, leve, fácil de transportar e ser de baixo custo. Deverá utilizar *displays* de cristal líquido que permita fácil visualização do tempo decorrido por parte dos jogadores e árbitro.

1.3 Definir os impactos organizacionais com o desenvolvimento do produto .

Com o lançamento do produto, através de campanhas publicitárias, é desejo da organização tornar-se líder nacional no segmento de fornecimento de relógios digitais para partidas de xadrez.

1.4 Definir os impactos negativos com o não desenvolvimento do produto.

Com o não desenvolvimento do produto, os esforços empregados no projeto serão perdidos. Trata-se de um produto inédito no mercado nacional, na qual similares são todos importados e com interface de comunicação com o usuário geralmente na língua estrangeira (inglês), oferecendo uma grande oportunidade para o lançamento do produto devido às características adequadas para o mercado brasileiro. A não realização do projeto fará com que a organização perca grande oportunidade de mercado que se encontra inexplorado por produtos nacionais similares.

1.5 Definir as expectativas de tempo total de desenvolvimento do produto.

É desejo da organização o lançamento do produto no mercado nos próximos 12 meses.

1.6 Obter o público a ser atingido.

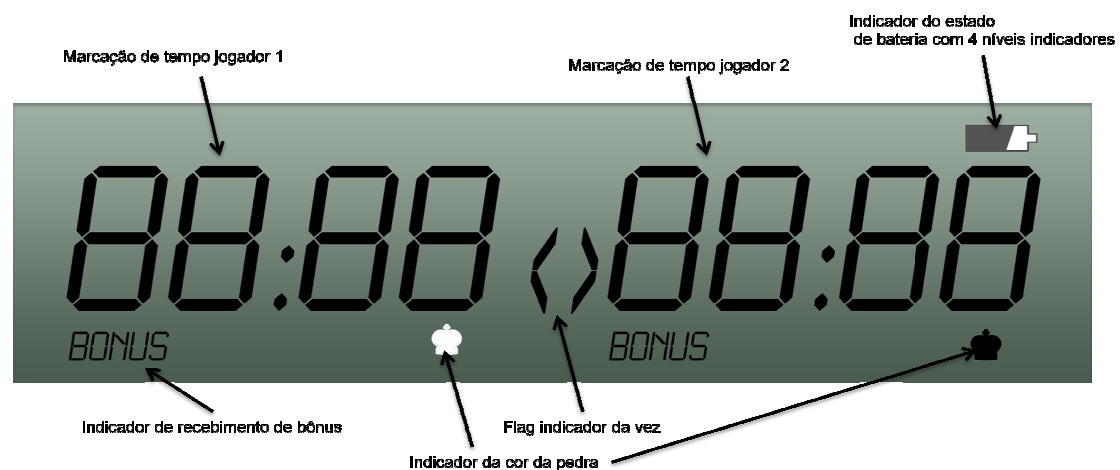
Usuários do produto serão enxadristas brasileiros, amadores e profissionais, Confederação Brasileira de Xadrez, e outras entidades ligadas a esse esporte.

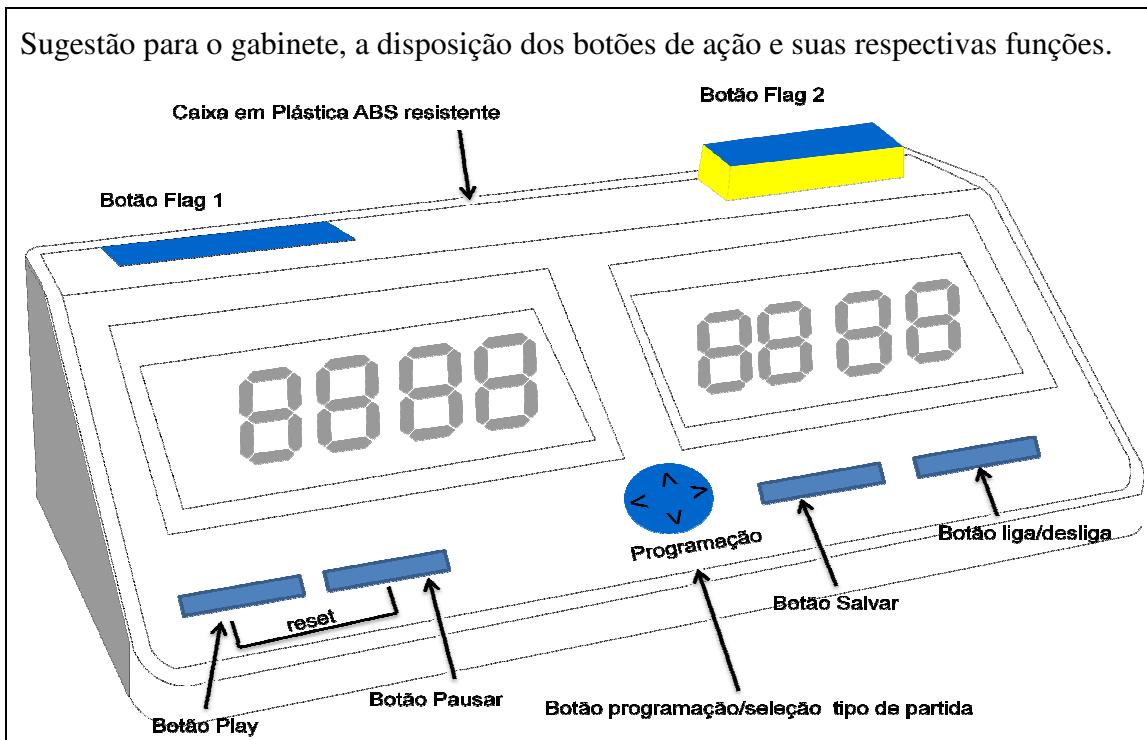
1.7 Recuperar projetos de sistemas legados.

Trata-se de um projeto que será realizado pela primeira vez, não sendo utilizado nenhum sistema legado.

Quadro 2. Sugestão de mensagens de display (Atividade específica: definir as características físicas e mecânicas)

Sugestão das mensagens a serem apresentadas ao usuário com base no *display*.





Quadro 3. Definição das variáveis de ambiente a serem empregadas durante a programação do *firmware*

Variável	Tipo	Faixa de valores
Contador de Tempo	Inteiro	0 a 99999
Sensor de temperatura	Inteiro	0 a 100
Sensor de umidade	Inteiro	0 a 100
Flags 1 e 2	Inteiro	0 e 1
Botão Play	Inteiro	0 e 1
Botão Pausar	Inteiro	0 e 1
Botão Parar	Inteiro	0 e 1
Botão Salvar	Inteiro	0 e 1
Botão Ligar-Desligar	Inteiro	0 e 1
Salvar log	Char	AIZ e 0 10
Display 1 e 2	Char	AIZ e 0 10
Botão Programação	Inteiro e char	AIZ e 0 10 e 0 e 1

5.4. Avaliação do GERSE

A documentação do GERSE foi submetida a quatro projetistas de SE (profissionais que atuam na área), que realizaram a avaliação formal do guia, por meio de um questionário. Salientou-se aos avaliadores que o GERSE foi elaborado para atender às diversas disciplinas presentes em um projeto de SE, e não apenas ao desenvolvimento de HW e

de SW, mas sim às questões globais do projeto. As respostas do questionário permitiram uma avaliação prática da viabilidade da utilização do guia proposto em projetos de SE, e na identificação de eventuais correções, não detectadas anteriormente. De modo geral os resultados da avaliação demonstraram que o GERSE satisfaz a proposta de um guia de elicitação de requisitos para SE. A utilização do GERSE, dentro de um projeto de sistema embarcado, com as atividades dispostas de forma organizada, produz como resultado final um documento bem estruturado e compreensível. Os resultados mostraram-se promissores e o GERSE apresentou-se como uma ferramenta que pode facilitar e auxiliar na especificação de requisitos de SE. A tabela 5 apresenta o resultado final da avaliação qualitativa do GERSE, após a tabulação das respostas enviadas pelos participantes da avaliação.

Tabela 5 – Resultado final da avaliação qualitativa do GERSE

Questões	Concordo	Concordo	Discordo	Discordo
	Totalmente	parcialmente	Parcialmente	Totalmente
O guia apresentado é claro suficiente para ser utilizado em um projeto de sistemas embarcados de pequeno e médio porte.	50%	50%	0%	0%
O guia apresentado é completo e atende as necessidades para projetos de sistemas embarcados de pequeno e médio porte.	50%	25%	25%	0%
Adotaria o guia apresentado para elicitação de requisitos de projetos futuros.	50%	25%	25%	0%
O guia apresentado é de fácil utilização.	50%	50%	0%	0%
O guia apresentado contribui na melhoria da qualidade de desenvolvimento de sistemas embarcados.	50%	50%	0%	0%
O guia apresentado atende às necessidades de definições de requisitos em projetos de sistemas embarcados.	50%	50%	0%	0%

Os comentários acerca da avaliação geral do GERSE são promissores. Alguns deles são apresentados a seguir:

“Acho um bom guia, um ponto de partida de grande utilidade para as equipes de projetos de sistemas embarcados que, em geral, fazem muito pouco nesse sentido. É tudo muito ad-hoc. Creio que esse trabalho pode ajudar bastante.”

“Acredito ser perfeitamente possível utilizá-lo em projetos de sistemas embarcados de pequeno e médio porte, como sugere o seu guia, principalmente na fase inicial, em que a grande maioria dos projetistas o faz de maneira desorganizada. Um guia de elicitação veio a calhar”

“Dentre todos os projetos de sistemas, acredito que, o de sistemas embarcados seja o mais difícil pela diversidade de requisitos de engenharia, tecnologias, processos produtivos e, principalmente, por requerer um grande conhecimento de hardware (até mesmo para codificar o software). Vale ressaltar que, o programador vai encontrar uma máquina desprovida de sistema operacional. Só a tarefa de inicializar o hardware, já é um grande desafio. Acho que não existe uma caracterização, a qual englobe todas as suas características. Podemos, contudo, enxergar um conjunto mínimo, como faz essa proposta. Acredito que o guia em questão englobe uns 80% das atividades necessárias.”

6. Conclusão

A elicitação de requisitos em sistemas embarcados é uma atividade fundamental para contribuir com a melhoria da qualidade desses sistemas. Sistemas embarcados, após sua implementação, dificilmente poderão sofrer alterações, devido ao alto acoplamento que possuem em relação ao artefato físico em que estão embutidos. Portanto, falhas na

captura dos requisitos, percebidas depois da implementação do sistema, são desastrosas, podendo levar o projeto ao insucesso completo. Com os resultados do questionário de avaliação do GERSE, por intermédio de profissionais que atuam no mercado de trabalho de SE, pode-se observar que alguns ajustes no guia ainda se fazem necessários, por exemplo o aperfeiçoamento e a minimização de *hardware* e de *software*, oferecendo ao projetista a oportunidade de uma escolha adequada para executar uma função por *hardware* ou *software* para minimizar os recursos. Ou ainda a inserção de mais atividades de requisitos de confiabilidade e qualidade. Entretanto, de maneira geral, o GERSE foi considerado satisfatório, contribuindo para preencher a lacuna existente na fase inicial de um projeto de SE. O GERSE contribui para atenuar de forma significativa os riscos de falhas na captura dos requisitos de SE, alcançado por intermédio da captura sistematizada dos requisitos e através da transição dos requisitos informais para requisitos técnicos, auxiliando também no particionamento dos requisitos do produto. Os respondentes do questionário de avaliação do GERSE fizeram uma avaliação positiva do guia, destacando que ele contribui para a melhoria da qualidade do desenvolvimento de SE, e que é de fácil utilização, com boa cobertura dos principais aspectos relativos à concepção de um SE. A realização deste trabalho permitiu ampliar a visão de profissionais e estudantes de Ciência da Computação em relação a SE. No meio acadêmico ainda é pouco estudado ou relatado sobre os processos em um projeto de SE. Alguns dados são cercados de sigilo profissional por parte das equipes de desenvolvimento que atuam nas organizações, por se tratarem de documentos internos às empresas em uma área com inúmeras particularidades, mas constantemente em evolução, e que carece de ferramentas que auxiliem a diminuir o tempo de desenvolvimento sem deixar de lado aspectos de qualidade, segurança e confiabilidade. Sistemas embarcados estão presentes no cotidiano das pessoas e a sua presença está aumentando cada vez mais, necessitando de mais pesquisas neste campo.

7. Trabalhos Futuros

O trabalho apresentado neste artigo pode ser ampliado com uma série de novas propostas, as quais podem ser realizadas em trabalhos de conclusão de cursos de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Entre essas propostas, destacam-se:

- Ajustes, adequações e inserção de atividades no guia, identificadas através da aplicação do questionário utilizado para avaliação, realizada junto aos profissionais da área;
- Adequação do GERSE às atividades de elicitação de requisitos para SE de grande porte (baseados em microprocessadores);
- A experimentação do GERSE em outros sistemas microcontrolados, como por exemplo, um sistema de codificação e decodificação MP4, um sistema de cadeira de rodas automatizado ou ainda a aplicação em um projeto de SE com uso de redes de computadores;
- O desenvolvimento de uma ferramenta automatizada que apóie e facilite a utilização do guia, bem como permita a criação de um repositório para armazenamento e recuperação dos artefatos gerados ao longo da utilização do GERSE;

- A complementação do GERSE para conseguir a cobertura das demais fases da Engenharia de Requisitos (modelagem, especificação e validação);
- A integração com outros *templates*, destinados à utilização na Engenharia de Requisitos para os sistemas computacionais de uso geral;
- A integração do guia com ferramentas automatizadas comerciais (*Doors*, *Enterprise Architect*) e das ferramentas livres (*Eclipse*, *Net Beans* etc.);
- A aplicação do GERSE em outros projetos de SE, como por exemplo, que utilizem *DSP*, *PLD* e outros tipos de processadores além de microcontroladores.

Referências

- Boulanger J.; Van Quang D. (2008). “Experiences from a model-based methodology for embedded electronic software in automobile”, at Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, In: ICTTA 3rd International Conference on.
- Botaschanjan, J.; Kof, L.; Kuhnel C.; Spichkova, M. (2005). “Towards verified automotive software”, In: Proceedings of the Second international Workshop on Software Engineering For Automotive Systems.
- Broy M. (1997). “Requirements engineering for embedded systems”. In: Proc. ofFemSys.
- Cancian R.; Stemmer M.; Frohlich A. (2007). “New Developments in EPOS Tools for Configuring and Generating Embedded Systems”, In: Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Patras, p. 776-779.
- Chae H. (2006). “The Partitioning Methodology in Hardware/Software Co-Design Using Extreme Programming: Evaluation Through the Lego Robot Project”, In: Proceedings of the sixth IEEE International Conference on Computer and information Technology.
- Graaf B.; Lormans M; Toetenel H. (2003). “ Embedded software engineering: the state of the practice”, In: IEEE Software archive, v. 20, n. 6, p. 61-69.
- IEEE Computer Society Software Engineering Standards Committee (1998), “IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications”. IEEE Std 830-1998.
- Liggismeyer P.;Trapp M. (2009). “Trends in Embedded Software Engineering”, IEEE, In: Software, IEEE, v. 26, n. 3, 2009, p. 19-25.
- Nasr E.; Mcdermid J.; Bernat G.(2002). “Eliciting And Specifying Requirements With Use Cases For Embedded Systems”, In: Proceedings at 7th International Workshop on Object-Oriented Real-Time dependable systems (WORDS 2002).
- Ossada J. C. (2010). “GERSE: Guia de Elicitação de Requisitos para Sistemas Embarcados de Pequeno e Médio Porte”. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – Universidade Metodista de Piracicaba - Piracicaba.

- Pretschner A.; Broy M.; Kruger, Ingolf H.; Stauner T.(2007). “Software Engineering for Automotive Systems: A Roadmap Future of Software Engineering”, In: International Conference on Software Engineering - Future of Software Engineering (FOSE'07).
- Robertson S.; Robertson J. (2006). “Mastering the Requirements Process”. Addison-Wesley Pub Co; 2st edition.London.
- Vahid F.; Givargis T. (2002). “Embedded System Design: A Unified Hardware/Software Design”. John Willey & Sons.
- Wagner, F.; Carro, L. (2009). “Metodologias e Técnicas de Engenharia de Software para Sistemas Embarcados”, In: JAI'09 – XXIII Jornadas de Atualização de Informática, Capítulo 4. SBC/PUC, Bento Gonçalves.
- Walls C. (2006). “Embedded Software – The Works”. Elsevier. London.