



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

ANÁLISE DE REQUISITOS EM PROJETOS DE INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL

Autoria: Filipe Palma, Edmir Prado

RESUMO

Não é comum encontrarmos práticas relativas à gestão de projetos em projetos de automação, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de software. Esse trabalho trata em especial os projetos de instrumentação virtual, onde em um universo de protótipos e provas de conceito que se tornam grandes projetos de automação, não são aplicados procedimentos para a ideal definição de escopo. Nesse trabalho são apresentados alguns pontos em comum em projetos de instrumentação virtual, que por sua vez foram encontrados através de uma breve revisão sistemática. Com isso, foi feita uma lista de categorias de requisitos padrão e diretrizes que servem de apoio na atividade de definição de escopo e levantamento de requisitos em projetos de instrumentação virtual.

Palavras-chave: Instrumentação Virtual; Análise de Requisitos; Gestão de Projetos; Automação; Revisão Sistemática.

ABSTRACT

It is not common to find practices relating to the management of projects in automation projects, mainly in software development. This work is about in particular the designs of virtual instrumentation projects where, in a universe of prototypes and proofs of concept that become large automation projects, are not applied procedures for optimal scoping. In this paper we present some commonalities in virtual instrumentation projects, which were found through a brief systematic review. With this, it was made a list of categories of standard requirements and guidelines which support the activity of scoping and requirements gathering in virtual instrumentation projects.



II Simposio Internacional de Gestao de Projetos (II Singep)

Simposio Internacional de Inovacao e Sustentabilidade (I S2IS)

1. INTRODUÇÃO

O conceito de instrumentação virtual surgiu com a necessidade de customizar as aplicações utilizadas em medições elétricas. Medições são utilizadas em diversos segmentos da indústria e com diversos fins, seja como atividade principal ou parte de processo de controle de qualidade. O procedimento mais básico de medições utilizadas na indústria consiste na utilização de algum equipamento de medida confiável ou calibrado – de respostas conhecidas – conectado a algum sensor ou a uma parte do equipamento a ser medido, e na obtenção e armazenamento dessas medidas no momento de funcionamento do equipamento. Com o aumento da demanda e da necessidade de confiabilidade dessas medições, softwares para analisar e armazenar essas medidas começaram a ser desenvolvidos, permitindo realizar medições mais rápidas e sem a necessidade de supervisão humana. Aliada ao desenvolvimento de hardwares de medição cada vez mais modulares, visando suprir a necessidade de utilização de diferentes equipamentos para cada tipo de medida, as medições passaram a ser essencialmente automatizadas, tornando-se muitas vezes parte do processo de fabricação de um produto. Além de medições, a instrumentação virtual engloba envio de comandos de controle de equipamentos e geração de sinais elétricos para hardwares específicos. A essas medições automatizadas, deu-se o nome de instrumentação virtual.

Projetos de instrumentação virtual muitas vezes são protótipos de pesquisa que são encorajados a ter um desenvolvimento em larga escala ou como parte de um projeto maior. Por esse motivo, muitas vezes esses projetos acabam por ter sua gestão negligenciada, sendo considerados apenas uma continuação do protótipo que serviu como prova de conceito. Projetos de instrumentação virtual podem servir, dentre outros, os seguintes propósitos:

- Análise de espectro de Radiofrequência;
- Testes elétricos em linhas de produção;
- Análise de qualidade de energia elétrica;
- Simulação de ambientes de testes para telecomunicações;
- Robótica;
- Inspeção visual;
- Monitoração de linhas de montagem.

A atividade de levantamento de requisitos faz parte do processo de definição de escopo no gerenciamento de projeto (PMBOK, 2008), que tem por objetivo garantir que todos os processos necessários em um projeto estejam devidamente mapeados e documentados. O principal objetivo é estipular o que está e o que não está incluso no projeto, alinhando assim expectativas e permitindo um planejamento e acompanhamento funcionais do projeto.

Apesar dos projetos de instrumentação virtual serem projetos multidisciplinares, contando com profissionais de diversas áreas, inclusive de desenvolvimento de software, muitas vezes pode ser observada a ausência do papel de gerente de projeto no desenvolvimento do software. Dentro deste contexto, esta pesquisa tem por objetivo levantar requisitos básicos para projetos de instrumentação virtual. Para atender a esse objetivo foram definidos dois



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep)

Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

objetivos específicos: (1) categorizar requisitos para projetos de instrumentação virtual; e (2) listar diretrizes que orientem a execução desse tipo de projeto.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre trabalhos relacionados a projetos de instrumentação virtual. Os procedimentos adotados nesta revisão sistemática estão baseados nos trabalhos de Kitchenham (2007), que englobam três etapas: planejamento da revisão, execução da revisão e apresentação dos resultados.

2.1 PLANEJAMENTO DA REVISÃO

Conforme sugerido por Kitchenham (2007), faz-se necessária a formulação de questões que orientem a revisão sistemática. De acordo com o objetivo deste trabalho foram formuladas três questões:

A) QUAIS REQUISITOS BÁSICOS EVIDENCIADOS PELOS AUTORES (Q1)?

Essa questão diz respeito aos requisitos que foram identificados pelos autores das publicações pesquisadas ou que estão explicitamente apresentadas na publicação. Foram considerados como críticos o fato de ter uma restrição ou condição desejada.

B) QUAIS REQUISITOS PODEM SER CONSIDERADOS NEGLIGENCIADOS SE O PROJETO FOSSE UM DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA (Q2)?

Essa questão considera os requisitos não mostrados pelos autores, mas que podem significar fatores críticos para o desenvolvimento. Isso acontece porque o foco de algumas publicações pesquisadas não é o desenvolvimento em si, mas sim os resultados que o projeto proporcionou. Assim, alguns requisitos passaram despercebidos pelos autores, por se tratar de requisitos não funcionais ou de restrições de recursos. Esses requisitos foram chamados neste trabalho de requisitos negligenciados.

C) QUAIS ALTERAÇÕES OU MELHORIAS PODERIAM SER EVITADAS SE FOSSEM LEVANTADOS REQUISITOS A RESPEITO DELAS (Q3)?

Essa questão considera as melhorias sugeridas pelos autores das publicações pesquisadas como requisitos do projeto, incluindo modificações e adaptações que foram feitas ao longo das atividades descritas como pontos de atenção críticos.

A revisão foi feita utilizando a fonte de dados Scopus (<http://www.scopus.com>) e para isso, foram definidas as seguintes palavras-chave de busca dos artigos: “sistemas baseados em instrumentação virtual”, “experimentos baseados em instrumentação virtual” e “baseado em instrumentação virtual”.

Foram considerados todos os campos de conhecimento descritos na base Scopus (Ciências da Vida, Saúde, Física e Social e Humanas) pelo fato da instrumentação virtual poder ser



II Simposio Internacional de Gestao de Projetos (II Singep)

Simposio Internacional de Inovacao e Sustentabilidade (I S2IS)

encontrada em qualquer delas, mesmo como coadjuvante ou como técnica de apoio. Além disso, foi considerado como critério de busca apenas as publicações dos últimos 20 anos por ser mais semelhante ao panorama tecnológico atual. Exemplos dessa realidade são a utilização de softwares de “alto nível” nas indústrias e a arquitetura de computadores.

Como critério de inclusão considerou-se que a publicação devia descrever, mesmo que sucintamente, o desenvolvimento de um projeto de instrumentação virtual, ou seja, a instrumentação virtual é colocada em prática no artigo, em vez de uma mera citação genérica. Além disso, foi estabelecido como critério de exclusão desconsiderar as publicações que abordam a instrumentação virtual como um conceito diferente do abordado nesse trabalho.

2.2 EXECUÇÃO DA REVISÃO

O primeiro passo foi verificar a disponibilidade de se obter os artigos na íntegra, de forma que fosse possível analisar seu conteúdo. Uma vez que o conteúdo foi disponibilizado, foi feita a leitura do resumo (ou *abstract*) de cada artigo, para verificar se atendia aos critérios de inclusão e exclusão. As publicações que não atenderam explicitamente aos critérios de inclusão e exclusão, permanecendo dúvida, tiveram suas conclusões lidas.

A busca inicial retornou 68 publicações, mas apenas nove estavam integralmente disponíveis. Para o restante das publicações era possível ler apenas o resumo, o que impediria a análise de requisitos do experimento. Ao aplicar o critério de inclusão, percebeu-se que somente sete delas descreviam projetos de instrumentação virtual. A partir dessas sete publicações foram feitas as análises de atendimento ao critério de exclusão, e com isso percebeu-se que uma delas utilizava o termo “instrumentação virtual” apenas pelo fato de descrever um sistema desenvolvido em linguagem de programação especializada em instrumentação virtual. A Tabela 1 mostra as seis publicações resultantes da revisão sistemática.

Tabela 1 – Publicações resultantes

Título	Referência
Active cooling control of the CLEO detector using a hydrocarbon coolant farm	Warburton <i>et al.</i> (2002)
Computer controlled-flow injection potentiometric system based on virtual instrumentation for the monitoring of metal-biosorption processes	Florido <i>et al.</i> (2010)
Determination of Cd and Pb in Phosphorites and Phosphate Fertilizers by Means of a Portable Voltammetric Analyzer Based on “Virtual Instrumentation”	Maroulis <i>et al.</i> (2007)
Development of a monitoring system for a PV solar plant	Forero <i>et al.</i> (2006)
Identification and prediction of the dynamic properties of resistance temperature Sensors	Rupnik <i>et al.</i> (2013)
Phase-locking control of the Coriolis meter’s resonance frequency based on virtual instrumentation	Kutin <i>et al.</i> (2003)



2.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Com o objetivo de extrair os requisitos conforme estipulado pelas três questões formuladas na revisão da sistemática as publicações foram lidas e tratadas como se fossem documentos de apresentação de necessidades para desenvolvimento de um projeto de instrumentação virtual. Cada parâmetro de especificação e descrição básica do sistema em questão foi considerado uma resposta à Q1. A primeira questão também pode ser respondida com a introdução e a apresentação da problemática tratada no artigo. As funcionalidades e características no caso de desenvolvimento de sistemas também foram consideradas como requisitos evidenciados pelos autores. A Tabela 2 mostra os requisitos identificados em cada publicação.

Tabela 2 – Requisitos evidenciados

Requisitos Evidenciados	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> • Independência de subsistemas detectores com parâmetros de medidas personalizáveis; • Rápida troca de HW em caso de problemas; • Fácil adição ou remoção de canais de entrada/saída; • Mobilidade do sistema (transportável); • Disponibilização de resultados web; • Dispositivos mecânicos emergenciais; • Características elétricas e dimensionais dos equipamentos; • Blindagem adequada dos sensores (água/clima e ruídos elétricos); • Especificação do hardware de controle e respectivos módulos; • Sistema de segurança no caso de interrupção de energia; • Comunicação da estação de controle (PC) via RS232; • Sistema de controle de acesso com privilégios para mudança de parâmetros; • Armazenamento de históricos de parâmetros configurados. 	Warburton <i>et al.</i> (2002)
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema totalmente autônomo (programado via script); • Realização de ensaios longos (semanas) • Monitoração contínua e em muitos pontos; • Opção de controle manual; • Utilização de hardware facilmente expansível; • Simplicidade de uso; • Confiabilidade de medidas; • Características elétricas e dimensionais de equipamentos; • Ensaios realizados em ambiente com temperatura controlada; • Comunicação da estação de controle (PC) via PCI; • Validação do sistema utilizando amostras sintéticas. 	Florido <i>et al.</i> (2010)
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de baixo custo; • Portátil; • Funcionamento à bateria; • Mínima manutenção; • Baixo consumo de energia; • Amostras químicas para otimização de parâmetros do software; • Comunicação com PC via USB; 	Maroulis <i>et al.</i> (2007)



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

<ul style="list-style-type: none"> • Especificações de acessórios e equipamentos utilizados. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de medição com alta taxa de amostragem; • Facilidade de modificação de software do sistema; • Baixo custo; • Temperaturas de operação elevadas; • Especificação de interfaces de comunicação; • Especificações de acessórios e equipamentos utilizados; • Resultados das medições mostradas em tempo real. 	Forero <i>et al.</i> (2006)
<ul style="list-style-type: none"> • Automação de dois testes específicos da área; • Calibração da eletrônica de medição; • Calibração do sistema como um todo, feita com temperatura controlada; • Validação do sistema utilizando componente conhecido; • Fator de correção de medição determinada pela calibração; • Taxa de amostragem e frequência de amostra configuráveis. 	Rupnik <i>et al.</i> (2013)
<ul style="list-style-type: none"> • Especificações de acessórios e equipamentos utilizados; • Determinação de frequência de amostragem e número de amostras; • Modos de operação: simulação e aquisição de dados real; • Comunicação de hardware de aquisição de dados (DAQ), PC e sensores; • Levantamento de procedimentos de ensaio. 	Kutin <i>et al.</i> (2003)

Em resposta à Q2, foi feita uma comparação dos sistemas identificados nas publicações com projetos vivenciados pelo autor. Alguns artigos descrevem problemáticas e necessidades muito semelhantes às encontradas em experiências passadas. Como exemplo, o artigo de numero Forero *et al.* (2006) descreve o desenvolvimento de um sistema de medição de energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos, muito análogo à um projeto de análise de qualidade de energia gerada por fontes alternativas, onde em ambos projetos haviam a necessidade de detecção de possíveis sinais harmônicos gerados pelos sistemas. Além disso, especificações que não apresentaram justificativas de uso, equipamentos que não apresentaram suas características e descrições genéricas de resultados dos sistemas também foram consideradas requisitos negligenciados. A Tabela 3 mostra os requisitos identificados como negligenciados para cada projeto.



II Simposio Internacional de Gestao de Projetos (II Singep)

Simposio Internacional de Inovacao e Sustentabilidade (I S2IS)

Tabela 3 – Requisitos negligenciados

Requisitos Negligenciados	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> • Monitoração constante de temperatura; • Integração com sensores já instalados; • Armazenamento de resultados. 	Warburton <i>et al.</i> (2002)
<ul style="list-style-type: none"> • Criação do script de programação através do próprio software; • Garantir padronização de formato de saída dos resultados. 	Florido <i>et al.</i> (2010)
<ul style="list-style-type: none"> • Padronização de saída de dados; • Automatização de otimização de parâmetros através de calibração do sistema. 	Maroulis <i>et al.</i> (2007)
<ul style="list-style-type: none"> • Padronização de saída de dados (Banco de Dados); • Estabelecer duração das medições. 	Forero <i>et al.</i> (2006)
<ul style="list-style-type: none"> • Pré-análise de resultados por comparação de padrões de sinais; • Automatização de fator de correção através da leitura de arquivos de calibração; • Especificação de reaproveitamento de infraestrutura de testes. 	Rupnik <i>et al.</i> (2013)
<ul style="list-style-type: none"> • Modos de operação do sistema: simulação e real; • Automação de análise de estado de resposta dos sensores; 	Kutin <i>et al.</i> (2003)

Por fim, alguns artigos apresentaram melhorias e possíveis expansões em suas conclusões que foram consideradas como requisitos, respondendo à Q3. Algumas intervenções para que os resultados ocorressem como esperado foram identificadas em alguns projetos, podendo ser feito um mapeamento dessa situação e estipulando alguns requisitos para que essas intervenções não ocorram, como adaptações em código fonte, adaptações mecânicas e utilização de softwares auxiliares para análise dos resultados. Essas melhorias e facilidades que poderiam ser implementadas caso o projeto tivesse passado por uma atividade de levantamento de requisitos foram consideradas na lista geral de requisitos, e são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Requisitos gerados a partir de melhorias

Requisitos	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> • Critério de convergência do algoritmo programável via software; • Escolha de métodos de testes com software em execução. 	Rupnik <i>et al.</i> (2013)
<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros de amostragem configuráveis. 	Kutin <i>et al.</i> (2003)

Com os requisitos levantados, foi feito um estudo de convergência entre esses requisitos e foram estipuladas categorias de requisitos para a atividade de levantamento de requisitos. A Seção 3 descreve o desenvolvimento desse estudo.



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos que foram aplicados nesta pesquisa. Primeiro é feita a classificação da pesquisa e depois se descreve a coleta e o tratamento dos dados.

A pesquisa realizada se caracteriza por ser um estudo exploratório e qualitativo. Segundo Selltiz, Wrightman e Cook (1987), os estudos exploratórios ou formuladores têm como objetivo familiarizar o pesquisador com o fenômeno ou conseguir nova compreensão deste. Esta pesquisa se enquadra nas características de um estudo exploratório e tem como objetivo levantar requisitos básicos para projetos de instrumentação virtual.

Nesta pesquisa, as unidades de análise são artigos publicados na base de dados Scopus. Os artigos foram pesquisados e analisados durante o primeiro semestre de 2013. Os dados coletados nesta pesquisa podem ser considerados do tipo secundário, ou seja, são aqueles que já foram anteriormente coletados, tabulados, ordenados ou até analisados (Mattar, 1999).

Os artigos foram lidos e analisados. Depois de a síntese para cada artigo, foram avaliadas possíveis semelhanças entre grupos de características e funcionalidades – ou requisitos – entre todos os artigos. Os grupos isolados também foram considerados inicialmente, formando uma lista de 11 categorias: *Modularidade*, *Requisitos de Medição*, *Requisitos de Comunicação*, *Integração com Legado*, *Saída de Dados*, *Mínima Intervenção Humana*, *Modo Teste/Simulação*, *Validação*, *Calibração* e *Feedback*. Aprofundando mais a análise dos requisitos, chegou-se à conclusão que a categoria de *Feedback* trata-se de uma boa prática de software de modo geral, no qual é altamente aconselhável disponibilizar o status do sistema constantemente ao usuário. A categoria de *Validação* apresentava alguns elementos que diziam respeito à categoria *Modo Teste/Simulação*, como na publicação de Rupnik *et al.* (2013) no qual é necessário um modo teste no sistema para a realização da validação. Além desse fator, a “Validação” é uma etapa obrigatória no desenvolvimento de qualquer sistema, sendo considerada também uma categoria não específica de projetos de instrumentação virtual, juntamente com *Feedback*.



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

4. ANÁLISE DOS DADOS E CATEGORIAS DE REQUISITOS

O conceito de requisitos de um sistema engloba o conjunto de características e funcionalidades que o sistema deve ter para seu funcionamento satisfatório ou aceitável. Para projetos de instrumentação virtual essas características envolvem tanto o software desenvolvido quanto os equipamentos controlados pelo software. Comumente a literatura divide os requisitos em funcionais e não funcionais, no qual os primeiros são requisitos para o funcionamento básico e operacional de um sistema, e os não funcionais envolvem desempenho, usabilidade ou customizações. Embora essa divisão ocorra, para a avaliação dos requisitos proposta neste trabalho, apenas os requisitos considerados como funcionais foram avaliados.

Quatro tipos de requisitos foram desconsiderados por não serem característicos apenas em projetos de instrumentação virtual:

- a) Requisitos que dizem respeito a procedimentos padrão industriais, como mecanismos emergenciais citados em Warburton *et al.* (2002).
- b) Preferências específicas dos interessados no projeto, como a maior portabilidade citada em Forero *et al.* (2006).
- c) Requisitos que dizem respeito à implementação do software de uma maneira geral, como o critério de convergência programável e as taxas de amostragem configuráveis citadas em Rupnik *et al.* (2013).
- d) Sistema de controle de acesso citado em Warburton *et al.* (2002) .

A Tabela 5 mostra os requisitos levantados resultantes e as categorias associadas a eles, sendo seus critérios de categorização descritos na seção seguinte.



II Simposio Internacional de Gestao de Projetos (II Singep)

Simposio Internacional de Inovacao e Sustentabilidade (I S2IS)

Tabela 5 - Requisitos Resultantes x Categorias

Requisitos Evidenciados e Negligenciados	Categoria	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> ● Rápida troca de HW em caso de problemas; ● Fácil adição ou remoção de canais de entrada/saída; ● Características elétricas e dimensionais dos equipamentos; ● Especificação do hardware de controle e respectivos módulos; ● Comunicação da estação de controle (PC) via RS232; <ul style="list-style-type: none"> - Integração com sensores já instalados; - Armazenamento de resultados. 	Modularidade Modularidade Específicos Medição Comunicação Int. Legado Saída de Dados	Warburton <i>et al.</i> (2002)
<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema totalmente autônomo (programado via script); ● Opção de controle manual; ● Utilização de hardware facilmente expansível; ● Características elétricas e dimensionais de equipamentos; ● Comunicação da estação de controle (PC) via PCI; ● Validação do sistema utilizando amostras sintéticas; <ul style="list-style-type: none"> - Criação do script de programação através do próprio software; - Garantir padronização de formato de saída dos resultados. 	M.I.H Teste/Simulação Modularidade Específicos Comunicação Validação M.I.H. Saída de Dados	Florido <i>et al.</i> (2010)
<ul style="list-style-type: none"> ● Amostras químicas para otimização de parâmetros do software; ● Comunicação com PC via USB; ● Especificações de acessórios e equipamentos utilizados; <ul style="list-style-type: none"> - Padronização de saída de dados; - Automatização de otimização de parâmetros através de calibração do sistema. 	Calibração Comunicação Específicos Saída de Dados M.I.H.	Maroulis <i>et al.</i> (2007)
<ul style="list-style-type: none"> ● Facilidade de modificação de software do sistema; ● Especificação de interfaces de comunicação; ● Especificações de acessórios e equipamentos utilizados; <ul style="list-style-type: none"> - Padronização de saída de dados (Banco de Dados); 	Modularidade Comunicação Específicos Saída de Dados	Forero <i>et al.</i> (2006)
<ul style="list-style-type: none"> ● Calibração da eletrônica de medição; ● Calibração do sistema como um todo, feita com temperatura controlada; ● Validação do sistema utilizando componente conhecido; ● Fator de correção de medição determinada pela calibração; ● Pré-análise de resultados por comparação de padrões de sinais; <ul style="list-style-type: none"> - Automatização de fator de correção através da leitura de arquivos de calibração; - Especificação de reaproveitamento de infraestrutura de testes. 	Calibração Calibração Validação Calibração M.I.H. M.I.H. Int. Legado	Rupnik <i>et al.</i> (2013)
<ul style="list-style-type: none"> ● Especificações de acessórios e equipamentos utilizados; ● Determinação de frequência de amostragem e número de amostras; ● Comunicação de hardware de aquisição de dados (DAQ), PC e sensores; <ul style="list-style-type: none"> - Modos de operação do sistema: simulação e real; - Automação de análise de estado de resposta dos sensores. 	Específicos Medição Comunicação Teste/Simulação M.I.H.	Kutin <i>et al.</i> (2003)



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

4.1 MODULARIDADE

A primeira característica percebida na análise dos artigos foi a facilidade de expansão e manutenção que os autores desejaram ter em suas aplicações. Em software, essa facilidade também se aplica para futuras melhorias e correções sem que a equipe de suporte necessite utilizar exatamente os mesmos recursos que desenvolveram a aplicação. No caso de hardware, muitas vezes se faz necessária a utilização de equipamentos específicos. Como utilizado por Warburton *et al.* (2002) e Florido *et al.* (2010), a essa facilidade deu-se o nome de “Modularidade”.

4.2 REQUISITOS DE COMUNICAÇÃO

Cinco dos seis artigos descrevem aplicações baseadas em computador pessoal (PC) com algum barramento de comunicação industrial (USB, Serial, Ethernet etc.), enquanto em uma não é citada a forma de comunicação entre software e hardware. A descrição da plataforma e da arquitetura do sistema formam requisitos agrupados em uma categoria chamada de “Requisitos de Comunicação”.

4.3 REQUISITOS DE MEDIÇÃO

Nem todos os projetos analisados enfatizaram as características dos equipamentos utilizados ou suas configurações, porém, todos eles utilizam de medidas e análises de aquisições de sinais, sejam diretamente elétricos ou através de transformações físico-elétricas. Por esse motivo, foi estipulada a categoria de “Requisitos de Medição” onde são descritas as medidas envolvidas no sistema e as características de hardware necessárias para sua realização, bem como as condições ideais para a realização dessas medidas.

4.4 INTEGRAÇÃO COM LEGADO

Muitas dessas medições foram feitas utilizando-se infraestruturas ou equipamentos que estavam estabelecidos antes do início do projeto, como por exemplo, nos trabalhos de Warburton *et al.* (2002) e Kutin *et al.* (2003) **Erro! Fonte de referência não encontrada.** no qual se utilizam sensores próprios do laboratório onde é feito o experimento e em Rupnik *et al.* (2013) onde se utiliza um ambiente com sistema de controle de temperatura específico. Além dessas reutilizações, não é raro encontrar projetos que necessitem de integração com sistemas legados de empresas, por exemplo, banco de dados. Como os utilizadores desses sistemas legados estão acostumados com suas características, é importante por parte do gestor do projeto evidenciar essas necessidades de especificações. A essa necessidade de saber as características funcionais dos sistemas já em funcionamento, estabeleceu-se como categoria de requisitos a “Integração com Legado”.



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

4.5 SAÍDA DE DADOS

Observou-se em quase todos os artigos, a falta de descrição dos resultados do sistema em forma de arquivos. Por motivos de documentação e rastreabilidade, a padronização ou determinação de formato de saída de dados deve ser considerada na atividade de levantamento de requisitos, seja na forma de relatórios, planilhas, gráficos ou banco de dados. A categoria “Saída de Dados” foi nomeada para essas determinações.

4.6 MÍNIMA INTERVENÇÃO HUMANA

Em projetos de automação em geral, é desejável que o sistema realize as atividades sem a participação de um operador, ou com a menor participação possível. A não participação de pessoas na operação de certas atividades automatizadas pode também ser desejada como em Florido *et al.* (2010), onde o sistema realiza ensaios por várias semanas seguidas. A influência que operadores podem exercer em resultados de análises e medições também pode ser significativa em sistemas de calibração e caracterização de sensores (Rupnik *et al.*, 2013) onde o menor contato humano pode alterar a resposta de um sensor. Outra razão para se diminuir a intervenção humana é evitar o erro, como de sistemas configurados indevidamente enquanto uma detecção de configuração ideal seria possível (Rupnik *et al.*, 2013; Kutin *et al.*, 2003), além da pré-análise dos resultados que auxiliem conclusões dos operadores do sistema, como harmônicas detectadas no trabalho de Forero *et al.* (2006). Requisitos para implementações que permitam essas funcionalidades estão categorizados como “Mínima Intervenção Humana”.

4.7 MODO TESTE/SIMULAÇÃO

A maioria dos sistemas descritos nas publicações analisadas necessitou ser validadas quanto aos seus resultados, para a análise da confiabilidade das medições e do sistema como um todo. Para isso foram feitas adaptações de simulações nos softwares e utilização de recursos paralelos para a realização de testes sem que haja perda de material ou danificação de equipamentos. Para que não haja adaptações precárias nos sistemas, deve-se prever a alternativa de utilização em modo teste, sem que utilize parte dos equipamentos, ou seja, utilizados outro hardware como fonte de dados para as medições. Para que essas atividades de validação sejam feitas naturalmente no projeto, deve-se realizar o levantamento de requisitos categorizados como “Modo Teste/Simulação”.

4.8 CALIBRAÇÃO

O procedimento de calibração mostrou-se extremamente necessário no sistema descrito por Rupnik *et al.*, (2013), **Erro! Fonte de referência não encontrada.** onde o projeto consiste na caracterização de resposta de um sensor. A calibração de um equipamento é um procedimento que documenta a curva de resposta esperada de um determinado equipamento e suas



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

condições de operação. Esse procedimento se faz necessário para a validade das medições realizadas por determinado equipamento. Por esse motivo, requisitos de calibração tornam-se essenciais em um projeto de instrumentação virtual. Além dos equipamentos, qualquer software envolvido nas medições também pode ser calibrado, ou pode ser compatível com a calibração dos equipamentos envolvidos, levando em conta a curva de resposta em suas aquisições, análises e relatórios de saída. Tanto a validade dos certificados de calibração quanto a relevância deles para o sistema como um todo formam requisitos da categoria “Calibração”.

4.9 REQUISITOS ESPECÍFICOS

Conforme mostrado anteriormente, os projetos de instrumentação virtual podem aparecer em diversas áreas de aplicação. Por isso, surgem requisitos que são específicos de cada área, que não dizem respeito a software ou medição, mas sim à natureza das medidas ou testes feitos. Esses requisitos podem ser parâmetros mecânicos de construção de estruturas (Warburton *et al.*, 2002; Florido *et al.*, 2010), níveis de presença de elementos químicos (Florido *et al.*, 2010; Maroulis *et al.*, 2007), grandezas físicas (Kutin *et al.*, 2003), técnicas de processamento de sinais (Forero *et al.*, 2006; Rupnik *et al.*, 2013), fórmulas de cálculos matemáticos (Forero *et al.*, 2006; Rupnik *et al.*, 2013; Kutin *et al.*, 2003), algoritmos de filtros específicos de sinais (Rupnik *et al.*, 2013; Kutin *et al.*, 2003), entre outros. Para a determinação desses parâmetros, se faz necessária a presença de um especialista da área no levantamento de requisitos que influenciem o desenvolvimento do projeto por parte da equipe de instrumentação. Toda característica de projeto que não esteja relacionada nas categorias anteriores podem ser relacionadas com a categoria “Requisitos Específicos”.

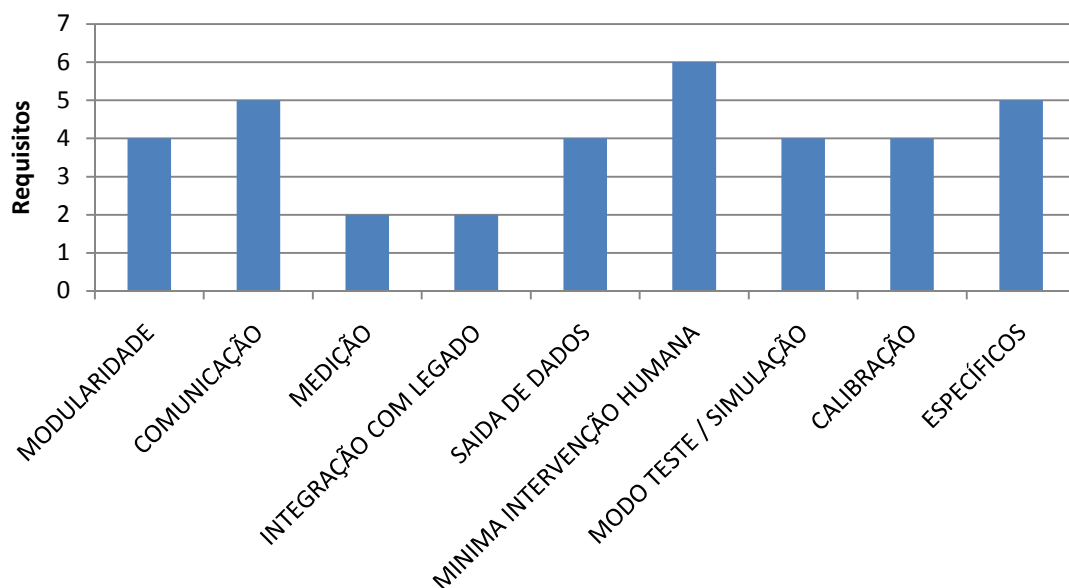


Figura 1 - Requisitos por Categoria



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep)

Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

5 DIRETRIZES PARA EXECUÇÃO DE PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL

Além das categorias de requisitos listadas na seção anterior, é válido estudar alguns comportamentos e cuidados que podem auxiliar uma boa gestão de projeto de instrumentação virtual ou pelo menos a definição de escopo do mesmo. Sendo assim, foram sugeridas algumas diretrizes que foram detectadas a partir da análise das publicações encontradas na revisão sistemática do presente trabalho. As subseções seguintes apresentam essas diretrizes.

5.1 ALINHAR ENTENDIMENTOS EM RELAÇÃO A EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Nem todo profissional que se envolva em projetos de instrumentação virtual possui a consciência das configurações possíveis de um equipamento de medição. Por esse razão, cabe destacar o funcionamento dos equipamentos envolvidos. O gestor de um projeto de instrumentação virtual pode não ter o conhecimento necessário, por isso é aconselhável o acompanhamento da equipe responsável pela medição, ou até a participação de um representante do fornecedor do hardware ou tecnologia.

5.2 DEIXAR CLARO O ESCOPO DE POSSIBILIDADES DE AUTOMAÇÃO

Muito ligada à diretriz anterior, esta diretriz refere-se à aplicação do entendimento dos equipamentos de medição à real situação do ambiente onde o projeto será aplicado. Isso significa estabelecer o que pode ser feito com os equipamentos, infraestrutura e software legado (caso haja) disponíveis atualmente. Esta diretriz mostra-se relevante pelo fato de muitas vezes o interessado no projeto necessitar de muitos requisitos da categoria “Mínima Intervenção Humana” (Florido *et al.*, 2010), onde o sistema é utilizado por semanas graças à especificidade dos equipamentos que foram desenvolvidos para manterem-se em funcionamento durante esse período.

5.3 PARTICIPAR DE ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Para evitar o desalinhamento de compreensão do funcionamento dos equipamentos e as possibilidades de automação com a utilização dos mesmos, é aconselhável a participação da equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto no momento da especificação de hardware e equipamentos. Isso pode não ocorrer ou pode ser dificultado em casos em que o interessado no sistema possui políticas de fornecimento de equipamentos que impeçam a participação da equipe de desenvolvimento ou em que o projeto prevê a reutilização de equipamentos já estabelecidos.



II Simposio Internacional de Gestao de Projetos (II Singep)

Simposio Internacional de Inovacao e Sustentabilidade (I S2IS)

5.4 INCENTIVAR PRESENÇA DO ESPECIALISTA DA ÁREA DE ATUAÇÃO

Quando o desenvolvimento de um projeto de instrumentação virtual ocorre para a uma área que é desconhecida à equipe, é desejável a participação de uma especialista (normalmente que faça parte da equipe dos interessados no projeto) como um consultor, principalmente nas atividades referentes aos requisitos da categoria “Específicos”. Essas atividades podem incluir especificação de equipamentos, algoritmos ou procedimentos.

5.5 ITERAR-SE QUANTO AO AMBIENTE DO SISTEMA

Algumas áreas de atuação dos interessados no projeto podem possuir regras de trabalho particulares, como normas de segurança ou procedimentos para garantir o sigilo das atividades do projeto. Além disso, alguns cuidados devem ser tomados com as especificações dos equipamentos, como blindagens em ambientes eletromagneticamente ruidosos, temperaturas de operação específicas, categorias de proteção necessárias para ambientes de alto risco e disponibilidades de recursos como padrão de energia elétrica ou acesso a alguma rede de computadores.

5.6 VERIFICAR E REALIZAR PROCEDIMENTOS MANUAIS A SEREM AUTOMATIZADOS

Projetos de instrumentação virtual muitas vezes têm por objetivo automatizar comandos de controle ou medições feitas manualmente, mas que necessitam serem feitos continuamente, por um maior período de tempo ou simplesmente para melhorar a confiabilidade dessas medidas. Essas medidas podem fazer parte de um ensaio, o qual é desejável o acompanhamento por parte da equipe desenvolvedora. Essa prática é útil para observar se houve algum requisito levantado erroneamente ou procedimento que possa ser significativo e que tenha sido deixado de ser registrado. É importante que a execução desse ensaio ou atividade seja feita por uma pessoa habituada a realizá-la. Com isso a automação dos procedimentos pode ficar muito mais análoga à operação da atividade, podendo inclusive colaborar com o planejamento da arquitetura do sistema e estratégias de processamento dos dados tratados.

5.7 TRATAR PROJETOS DE INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL COMO PROJETOS ÁGEIS DE DESENVOLVIMENTO

A abordagem de projetos ágeis pode ser considerada para projetos de instrumentação virtual pelo fato de se tratarem de projetos com caráter experimental. Projetos de pesquisa e inovação, por exemplo, tendem a ter seus requisitos alterados ou adaptados conforme os resultados vão surgindo. Algumas funcionalidades podem ser facilmente implementadas caso o desenvolvimento do projeto tenha características de desenvolvimento ágil desde o início.



II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (II Singep) Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade (I S2IS)

6 CONCLUSÕES

Projetos de instrumentação virtual são projetos de automação que visam à comunicação com hardware de medição e outros equipamentos necessários para um procedimento específico de teste, fabricação, manufatura ou análises de modo geral. Projetos como esses muitas vezes apresentam caráter experimental, podendo se tornar um produto ou projeto piloto posteriormente. Quando um projeto de instrumentação virtual atinge o porte de um projeto de desenvolvimento de sistema, há a necessidade de se realizar atividades inerentes à gestão de projetos, e uma dessas atividades cruciais para o sucesso do desenvolvimento é a definição de escopo. O presente trabalho teve por objetivo auxiliar o levantamento de requisitos e consequentemente a definição de escopo de um projeto de instrumentação virtual, categorizando os possíveis requisitos do sistema e listando diretrizes que podem ser úteis na gestão do projeto, principalmente na definição de escopo.

Além de nove categorias possíveis de requisitos e sete diretrizes, foi possível observar que existe uma falta de disseminação dos conceitos envolvidos com instrumentação virtual, podendo ser confundidos ou mal utilizados, como no caso da exclusão de uma das publicações da revisão sistemática realizada nesse trabalho, por utilizar-se de ambiente de programação para instrumentação virtual, mas sem necessitar dos recursos para tal no desenvolvimento do sistema requerido. Além de termos e conceitos ainda serem confundidos, observou-se que há uma falta de conhecimento das possibilidades que os projetos de instrumentação virtual permitem, sendo feitas muitas vezes adaptações manuais nos procedimentos, ou utilização de sistemas de apoio para cumprir algumas tarefas que poderiam ser integradas ao próprio projeto.

Todos os conceitos de gestão de projetos podem e devem ser aplicados a projetos de instrumentação virtual. Além da atividade de definição de escopo e levantamento de requisitos, as áreas de gerenciamento de tempo, custos, qualidade, riscos e aquisições apresentam processos que também podem colaborar para projetos de instrumentação virtual também sejam gerenciados bem sucedidamente. Além disso, as boas práticas de software, como as que garantem usabilidade também podem ser utilizadas.

Vale salientar que nem todos os projetos apresentarão requisitos de todas as categorias listadas nesse trabalho e que cada projeto pode ter sua particularidade que exija algum tratamento específico. O presente trabalho apresentou diretrizes que podem ser consideradas na gestão, definição de escopo e levantamento de requisitos de um projeto de instrumentação virtual, e foram determinadas baseadas em estudos da literatura, mas a experiência e conhecimento do gestor de projetos que esteja envolvido com instrumentação virtual devem ser levados em consideração na condução do projeto.



II Simposio Internacional de Gestao de Projetos (II Singep) Simposio Internacional de Inovacao e Sustentabilidade (I S2IS)

7. REFERÊNCIAS

Florido, A., Valderrama, C., Nualart, S., Velazco-Molina, L., Arias de Fuentes, O., & Del Valle, M. (2010). Computer controlled-flow injection potentiometric system based on virtual instrumentation for the monitoring of metal-biosorption processes. *analyticachimicaacta*, 2010.

Forero, N., Hernández, J., & Gordillo, G. (2006). Development of a monitoring system for a PV solar plant. *Energy Conversion and Management*.

Kitchenham, B. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering, Technical Report EBSE-2007-01, Keele University, United Kingdom.

Kutin, J., Smrecnik, A., & Bajsic, I. (2003). Phase-locking control of the coriolis meter's resonance frequency based on virtual instrumentation. *Sensors and Actuators A: Physical*.

Lee, S. J., Mcgee, S., Palmer, M., Perera, L., Smith, A., Tournear, D., Ward, C. (2002). Active cooling control of the cleo detector using a hydrocarbon coolant farm. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*.

Maroulis, M., Economou, A., & Voulgaropoulos, A. (2007).

Determination of cd and pb in phosphorites and phosphate fertilizers by means of a portable voltammetric analyzer based on "virtual instrumentation". *Electroanalysis*.

Mattar, F. N. (1999). Pesquisa de Marketing, 5a ed. São Paulo: Editora Atlas.

PMBOK. (2008). Project management body of knowledge, 4ª edição. PMI – *Project Management Institute*.

Rupnik, K.; Kutin, J.; Bajsic, I. (2013). Identification and prediction of the dynamic properties of resistance temperature sensors. *Sensors and Actuators A: Physical*.

Selltiz, C., Wrightman, L. S., & Cook, S. W. (1987) Métodos de pesquisa nas relações sociais. São Paulo: EPU.

Warburton, A., Arndt, K., Bebek, C., Cherwinka, J, Cinabro, D., Fast, J., Gittelman, B., Lee, S. J., Mcgee, S., Palmer, M., Perera, L., Smith, A., Tournear, D., & Ward, C. (2002). Active cooling control of the CLEO detector using a hydrocarbon coolant farm. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*.