

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS**

MARCIO LUIZ DEBNER DOS SANTOS

**PROPOSTA DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO
DE PROJETOS DE WEBLABS**

CURITIBA

2013

MARCIO LUIZ DEBNER DOS SANTOS

**PROPOSTA DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO
DE PROJETOS DE WEBLABS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de concentração: Concepção e Desenvolvimento de Produtos e Sistemas do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção em Sistemas

Orientador: Prof. Dr. Luciano Antônio Mendes

CURITIBA

2013

MARCIO LUIZ DEBNER DOS SANTOS

**PROPOSTA DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO
DE PROJETOS DE WEBLABS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de concentração: Concepção e Desenvolvimento de Produtos e Sistemas, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção e Sistemas

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Osiris Canciglieri Junior, Ph.D.
Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Prof. Eduardo Alves Portela Santos, Ph.D.
Pontifícia Universidade Católica do Paraná- PUCPR

Prof. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Curitiba, 25 de Abril de 2013.

Dedico este trabalho a minha esposa Fernanda a quem tanto amo. Agradeço pela sua compreensão e incentivo. Aos meus filhos Rafael, 4, e Júlia, 2, que mesmo pequeninos souberam aguardar o momento para brincarmos após me questionarem “Você está estudando?”. Aos familiares e amigos que entenderam a minha ausência em muitos encontros e ao SENAI pelo incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que compartilharam seu tempo para me incentivar e acreditaram, assim como eu, que depois de muito trabalho onde estejam envolvidos esforços, valores, respeito e ética, pode-se extrair algo de valor para a humanidade.

Agradeço ao Professor Doutor Luciano Antonio Mendes que me orientou neste estudo sempre de forma admirável, precisa e exemplar. Serei sempre grato pela condução simples e direta da sua orientação que permitiu realizarmos trabalhos em congressos e eventos de referência nacional e internacional.

Aos coordenadores, professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas pelos ensinamentos. Me sinto honrado por participar de um dos principais centros de ensino e pesquisa existentes.

Meu agradecimento especial ao meu pai Luiz Antonio (in memoriam), minha mãe Norma e minhas tias Eliete (in memoriam) e Odilea que não mediram esforços para a minha educação e sempre oraram por mim.

RESUMO

WebLabs permitem que usuários realizem experimentos reais em tempo real via Internet, utilizando-se de comunicação de dados e recursos multimídia. Esta tecnologia promove a integração de equipamentos laboratoriais e computacionais envolvendo hardware, software, sistemas físicos e infraestrutura de rede. De modo geral, experimentos de Weblabs reportados na literatura, são descritos com relação à arquitetura de implementação feita, sem preocupação com questões relacionadas ao seu processo de desenvolvimento. Neste trabalho, com base em modelos de metodologia de projeto existentes na literatura e em uma revisão sobre o estado da arte dos WebLabs, propôs-se um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs, de maneira a orientar a equipe de projeto no percurso entre a definição de requisitos e a operacionalização do sistema de forma integrada e sistematizada. Uma estrutura de representação hierarquizada em etapas, atividades e tarefas foi elaborada, tendo-se produzido um conjunto formatado, não definitivo, de informações significativas e importantes para uma equipe imbuída do projeto de um WebLab.

Palavras-chave: Weblabs, Laboratórios operados remotamente, Processo de desenvolvimento de produtos e sistemas, Modelo de referência.

ABSTRACT

WebLabs allow users to perform real experiments in real time via the internet using data communications and multimedia resources . This technology promotes the integration of laboratory and computer equipment involving hardware, software, physical systems and network infrastructure. In general, WebLabs reported in the literature are depicted regarding the implementation architecture rather than taking into account the development process. In this research, based on design methodologies from the literature and a research on the state-of-the-art of WebLabs, a reference model has been proposed, in which processes between the requirements definition and the system start up are presented in an organized and systematic form. A representational structure containing a hierarchy of stages, activities and tasks was created, having as final result an important and significant, but not definitive, information set helpful in the WebLabs design process to be used to assist a WebLab design team.

Key-words: Weblabs, Remotely operated laboratories, System and product development processes, Reference model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Arquitetura de um Weblab para uma planta de processo térmico. Fonte: Siqueira et al. (2012).	5
Figura 2 – Estágios do Processo de Desenvolvimento. Fonte: Mendes et al. (2010).	7
Figura 3 – Pesquisa realizada pelo Google Acadêmico por palavra-chave.	12
Figura 4 – Filtro por palavra-chave na base IEEE.	12
Figura 5 – Áreas de conhecimentos científicos e número de publicações. Fonte: Gravier et al. 2008.	15
Figura 6 – 1) WebLab – Pneumatic. 2) WebLab-Hardware PLD. Fonte:Garcia- Zubia e Anselmo, 2005.	18
Figura 7 - Interface do usuário de um sistema de três tanques em modo remoto. Fonte: Duro et al. (2008).	18
Figura 8 - Montagem do WebLab MAGLEV: Computador local, placa de condicionamento de sinais e controle MAGLEV. Fonte: Santos et al. (2010).	19
Figura 9 – Arquitetura do sistema de monitoramento remoto. Fonte; Silva et al. (2008).	19
Figura 10 – Interface do programa do cliente. Fonte: Silva et al. (2008).	20
Figura 11 – Laboratório de manufatura integrada baseada na Web (WIML). Fonte: Huang et al. (2001).	21
Figura 12 – Arquitetura geral da plataforma virtual e remota do laboratório de robótica. Fonte: Tzafestas et al. (2006).	22
Figura 13 - Classificação de tecnologia do lado do cliente. Fonte: Garcia-Zubia et al. (2009)	31
Figura 14 – (1) Arquitetura resumida (2) Arquitetura do sistema integrado. Fonte: Ngolo (2009).	32
Figura 15 – Arquitetura de framework proposta Ariadne (2007).	32
Figura 16 – Site do projeto Kyatera - http://www.kyatera.fapesp.br/index.php	35
Figura 17 - Site com a Arquitetura Compartilhada do Projeto iLabs - http://icampus.mit.edu/projects/ilabs/	37

Figura 18 – Mapa da qualidade entre o Brasil, EUA, Europa e ASIA. Fonte: CEPTR0 2012.....	41
Figura 19 - Layout do cabeamento da rede Ipê da RNP. Fonte: Sítio da RNP - http://www.rnp.br/backbone/index.php	42
Figura 20 - Os processos de gerenciamento de projetos sobrepostos. Fonte: Dinsmore et al. (2003).....	46
Figura 21 – Fases Processo de desenvolvimento de produto proposto por Pahl e Beitz (1996).....	48
Figura 22 – Modelo PRODIP - Processo Integrado de Desenvolvimento de Produtos Industriais. Fonte: BACK et al. (2008); Romano (2003).	49
Figura 23 – Modelo Unificado - Processo de desenvolvimento de produto unificado. Fonte: Rozenfeld et al. (2006).....	49
Figura 24 - Influência sobre o custo do produto, devido às decisões tomadas, referente ao projeto, ao material, à mão de obra e às instalações (Smith e Reinertsen, 1991).....	51
Figura 25 – Simbologia e representação de tipos de fluxos, sistema, e estrutura de funções. Fonte: Pahl e Beitz (2005).	52
Figura 26 - Desdobramento de itens e sua integração ao projeto conceitual e detalhado (Rozenfeld et al. 2006).....	53
Figura 27 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA). Fonte: Romano (2003).....	56
Figura 28 - Elementos na descrição de atividades ou tarefas. Fonte: Romano (2003).	58
Figura 29 – Expansão e integração entre os modelos e a estrutura de representação da proposta do modelo de referência de desenvolvimento de projetos de Weblabs. Fonte: Adaptado de Mendes et al. (2008); Romano (2003).....	61
Figura 30 - Fluxograma da Fase do Projeto Informacional.....	65
Figura 31 - Fluxograma da Fase do Projeto Conceitual	74
Figura 32 - Macro Framework para WebLab.....	75
Figura 33 - Fluxograma da Fase do Projeto Preliminar	81
Figura 34 - Fluxograma da Etapa do Projeto Detalhado	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Metodologia de pesquisa e dimensões de classificação	11
Tabela 2 - Lista de palavras-chave adotadas para filtragem nas bases digitais.....	11
Tabela 3 - Lista comparativa das vantagens e desvantagens entre laboratório real, virtual e remoto	23
Tabela 4 - Fontes de pesquisa de requisitos em projetos de Weblabs	23
Tabela 5 - Tecnologias Web.....	26
Tabela 6 – Análise das tecnologias para Weblab-Deusto do lado do cliente. Fonte: Garcia-Zubia et al. (2009).....	26
Tabela 7 – Análise das tecnologias para Weblab-Deusto do lado do servidor.....	27
Tabela 8 - Tempo de uso por pessoa, número de usuários ativos e número de pessoas com acesso – trabalho e domicílios, Brasil – junho, julho e agosto de 2011.....	38
Tabela 9 - Categorias com maior acréscimo percentual do número de usuários.....	39
Tabela 10 - Cronologia das principais referências bibliográficas da evolução no campo de conhecimento em projeto de produto.....	47
Tabela 11 - As fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores. (Romano, 2003)	55
Tabela 12 - Modelo de tabela de desdobramento das fases de projeto do produto. Fonte: Adaptado de Romano (2003).	57
Tabela 13 – Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs – Avaliação da fase.	64
Tabela 14 – Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs – Lições aprendidas.	64
Tabela 15 – Grupo de fontes de requisitos para o desenvolvimento de WebLabs.	68
Tabela 16 – Lista de fontes de especificações técnicas.....	69
Tabela 17 – Requisitos de projeto (técnicos).	70
Tabela 18 – Fase do processo de desenvolvimento de produto de Weblabs – Projeto Informacional.....	73
Tabela 19 – Elementos para auxiliar na busca por funções de primeira ordem em projetos de Weblabs.....	76

Tabela 20 - Funções para um determinado projeto de Weblab.....	77
Tabela 21 – Organização das funções por categorias.	77
Tabela 22– Exemplo para busca sistemática através da matriz morfológica, dos princípios de soluções para as funções.....	78
Tabela 23 - Soluções obtidas pelo método de Pugh. Fonte: Siqueira et al. (2012).....	78
Tabela 24 – Fase do processo de desenvolvimento de projeto de Weblab – Projeto Conceitual.	80
Tabela 25 – Análises e dimensionamentos aplicáveis na etapa. Adaptado de Mendes et al. (2010).....	83
Tabela 26 – Fase do processo de desenvolvimento de projeto de Weblabs – Projeto Preliminar.	84
Tabela 27- Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs – Projeto Detalhado.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Uso de tecnologias de software e interface gráfica do usuário. Fonte: Gravier et al. (2008).....	25
Gráfico 2 – Comparação entre diferentes tecnologias do lado do cliente. Fonte: Garcia-Zubia et al. 2009.	25
Gráfico 3 - Evolução do número de pessoas com acesso à internet em qualquer ambiente, Brasil – segundo trimestre de 2009, 2010, 2011 e 2012. Fonte: IBOPE Nielsen Online (2012).....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AJAX	- Asynchronous JavaScript And XML
DAO	- Data Access Object
DIP	- Dependency Injection Pattern
EO	- Extension Object
FAPESP	- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
HTML	- HyperText Markup Language
HTTP	- HyperText Transfer Protocol
J2EE	- Java 2 Enterprise Edition
MV	- Model View
OODB	- Banco de Dados Orientado a Objetos
PHP	- PHP: Hypertext Preprocessor
TIDIA	- Tecnologia da Informação no Desenvolvimento da internet Avançada
UI	- User Interface
UML	- Unified Modeling Language
XHTML	- Extensible HyperText Markup Language
XML	- Extensible Markup Language
PHP	- Personal Home Page
FPGA	- Field Programmable Gate Array
ISE	- Integral Square Error
IAE	- Integral Absolute Error
ITAE	- Integral Time-weighted Absolute Error

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	4
1.2	TEMA E QUESTÃO DE PESQUISA.....	6
1.3	OBJETIVOS.....	9
1.3.1	Objetivo geral.....	9
1.3.2	Objetivos específicos.....	9
1.4	JUSTIFICATIVA.....	9
1.5	METODOLOGIA	9
1.6	RESULTADOS ESPERADOS	13
1.7	ESTRUTURAÇÃO DAS ETAPAS DA DISSERTAÇÃO	13
2	TECNOLOGIAS E ARQUITETURAS APLICADAS EM PROJETOS DE WEBLABS.....	14
2.1	REVISÃO DA LITERATURA SOBRE WEBLABS.....	14
2.1.1	Experimentos em weblabs.....	17
2.1.2	Tecnologias web.....	24
2.1.3	Frameworks e arquitetura de software e hardware.....	30
2.1.4	Segurança	34
2.1.5	Federação de weblabs.....	34
2.1.6	O projeto ilab's do mit.....	36
2.1.7	Dados sobre hábitos de acesso à internet no brasil	38
2.1.8	Mapa da qualidade da internet.	40
2.1.9	Resumo dos principais aspectos relacionados com weblabs	42
3	PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SISTEMAS	46
3.1	BREVE REVISÃO DA LITERATURA SOBRE PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	46
3.2	UM MODELO EM QUATRO FASES	49
3.2.1	Projeto Informacional.....	50
3.2.2	Projeto Conceitual.....	50
3.2.3	Projeto Preliminar	53

3.2.4	Projeto Detalhado	54
3.2.5	Comparação de modelos de desenvolvimento de produtos, sistemas	54
3.3	UMA PROPOSTA VOLTADA PARA WEBLABS	59
4	DETALHAMENTO DE UMA PROPOSTA DE MODELO DE REFERÊNCIA PARA PROJETOS DE WEBLABS.....	62
4.1	FASE DO PROJETO INFORMACIONAL.....	65
4.2	FASE DO PROJETO CONCEITUAL.....	73
4.3	FASE DO PROJETO PRELIMINAR.....	81
4.4	FASE DO PROJETO DETALHADO.....	85
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	APÊNDICES	93
	REFERÊNCIAS	100

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

O processo de ensino-aprendizagem vem passando por uma mudança fundamental. Anteriormente, o modelo pedagógico deixava a cargo do professor a total responsabilidade sobre as decisões de ensino, de que forma será ensinado e se houve aprendizado (CURY, 2003; PINTO, 2001). Esta forma de ensino ainda pode ser encontrada dentro das salas de aula, e nesta situação o aluno pode se colocar como elemento passivo no processo de aprendizagem.

Modernamente, busca-se no ensino-aprendizagem a participação ativa do aluno, a possibilidade de apresentar-lhe um desafio e estimulá-lo na busca pela resposta, inserindo-o num contexto em que a interpretação do problema permita levantar suas próprias questões e, através destas, chegar-se à solução. Esta participação ativa pode se dar no ensino individual ou colaborativo, intuitivamente ou visualmente, no âmbito do embasamento teórico ou da aplicação na prática.

Nas Instituições de Ensino Superior (IES), mais especificamente nos cursos de engenharia, busca-se formar alunos com iniciativa, capazes de solucionar problemas, com autonomia, pró-atividade, que se auto avaliem, que busquem o aperfeiçoamento constante, sejam flexíveis e criativos, que trabalhem em equipe ou independentemente e saibam se comunicar eficientemente. A formação de engenheiros com tais qualidades somente é possível se houver um comprometimento dos alunos com o processo de aprendizagem. O papel do docente passa a ser o de situar os alunos numa investigação, em que o seu trabalho não mais se resume a apenas transmitir o conhecimento e realizar uma avaliação no final do processo (KNOWLES, 1990).

A alta demanda por mão de obra qualificada impõe desafios às instituições de ensino. A formação de profissionais capacitados para desempenhar suas funções com êxito está diretamente ligada à qualidade de ensino ofertado. As IES, por sua vez, devem estar atentas à realidade do mercado, às novas tecnologias, à qualidade dos seus cursos, sua infraestrutura e pessoal de modo a garantir a formação de recursos humanos competentes e competitivos.

Neste contexto, uma nova ferramenta, decorrente dos recentes avanços das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), que poderá contribuir com o

processo de aprendizagem, são os WebLabs. WebLabs são laboratórios operados remotamente através da Internet, onde experimentos reais, em tempo real, podem ser realizados por alunos, professores e pesquisadores através de recursos de comunicação de dados, sons e imagens, promovendo-se a integração de equipamentos laboratoriais e computacionais por aplicativos específicos conforme Figura 1.

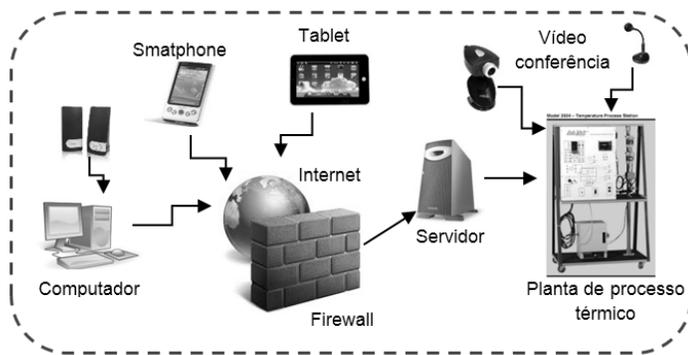


Figura 1 – Arquitetura de um Weblab para uma planta de processo térmico. Fonte: Siqueira et al. (2012).

As IES esforçam-se para garantir atividades práticas aos seus alunos através dos laboratórios, com o intuito de oferecer melhor experiência de aprendizagem em seus cursos de graduação e pós-graduação - sobretudo em seus cursos de engenharia. Diversas IES ao redor do mundo têm utilizado os Weblab's, ou Laboratórios Operados Remotamente, como uma forma de expandir o uso dos seus laboratórios, observando-se benefícios tais como: aumento da disponibilidade do laboratório ao aluno, otimização de custos, compartilhamento de instalações de alto custo, integração dos recursos didáticos e dos métodos de aprendizagem às novas tecnologias da comunicação e de relacionamento social.

Pesquisas realizadas por Garcia-Zubia et al. 2011; Henry, 2010 demonstram a utilidade dos laboratórios remotos do ponto de vista dos alunos destacando ser bastante significativa a sensação de "presença" no laboratório.

Muitos equipamentos laboratoriais existentes nas IES podem ser adaptados para serem operados remotamente, dentro do conceito de Weblabs.

A área de concentração da pesquisa no âmbito do PPGEPS/PUCPR é "Gerência de Produção e Logística", ao qual, dentre os estudos desenvolvidos, está o desenvolvimento de modelos de apoio à tomada de decisão. Quanto ao grupo de pesquisa, esta dissertação aborda aspectos contidos na "Concepção e

Desenvolvimento de Produtos e Sistemas”, que engloba dentre outras atividades de pesquisa, o projeto de produto.

Este grupo engloba atividades de pesquisa voltadas para uma visão integrada da concepção de produtos e sistemas, de modo a levar em conta nas decisões de projeto os vários aspectos relacionados com a implantação, operacionalização, fabricação, distribuição, uso e descarte dos produtos e/ou sistemas desenvolvidos.

A utilização dos Weblabs já se faz presente em muitas universidades. Uma metodologia que oriente ao desenvolvimento de Weblabs respeitando as características individuais de cada projeto permitirá alcançar um melhor resultado. Neste estudo, parte-se de um modelo com as definições dos requisitos dos usuários e técnicos; especificação técnica do projeto; síntese conceitual; análise, simulação e dimensionamento; detalhamento e documentação; integração, testes e operacionalização. Este estudo visa apresentar uma proposta de um modelo de referência para orientar o processo de desenvolvimento de projetos de WebLabs.

1.2. TEMA E QUESTÃO DE PESQUISA

Desenvolver produtos, ou serviços, é uma tarefa um tanto complexa. Uma característica desejável em modelos de referência para o desenvolvimento de produtos e sistemas é a generalidade de aplicação, o que obriga as prescrições a serem relativamente superficiais. Eventualmente, podem-se direcionar as prescrições de um modelo clássico para uma determinada categoria de produto ou sistema. O processo sistemático para o desenvolvimento de Weblabs proposto por Mendes et al. (2010), apresenta uma profundidade de prescrições intermediária, com menor generalidade de aplicação, em benefício de um tipo de sistema em particular – no caso, os WebLabs. A proposta de sistematização segue por etapas e ações que auxiliam na concepção, análise e conclusão de projetos de WebLab's. Na Figura 2 tem-se uma representação do processo sistemático citado.

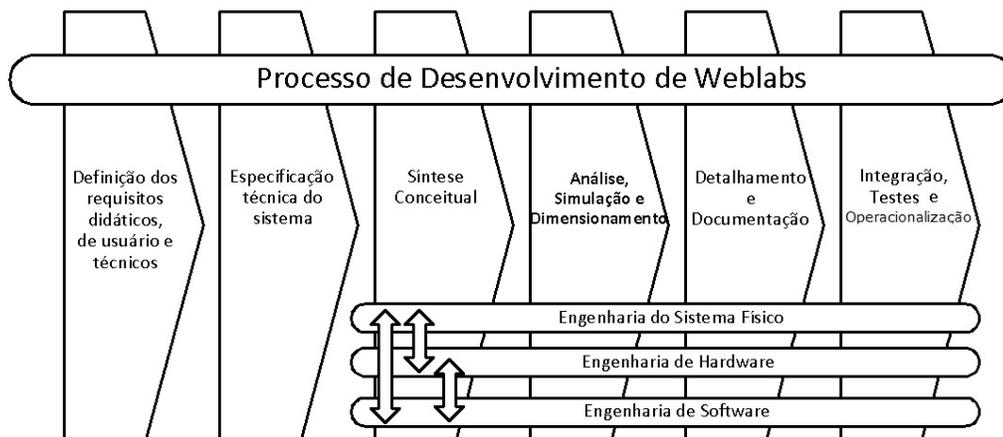


Figura 2 – Estágios do Processo de Desenvolvimento. Fonte: Mendes et al. (2010).

A partir da proposta de Mendes et al. (2010), pretende-se desenvolver um método para a concepção de projetos em Weblabs que atenda, em particular, aos requisitos específicos relacionados ao contexto de cada experimento. A lacuna observada em casos de Weblabs, desenvolvidos em diversas áreas, está em não se utilizar um método para o desenvolvimento do projeto. Apenas são relatadas as características dos recursos utilizados nos Weblabs, a descrição dos benefícios e a solução encontrada para um usuário remoto dispor do laboratório. A motivação está em oferecer uma proposta que sirva como modelo de referência ao orientar o desenvolvimento dos projetos em Weblabs.

Espera-se, como benefício maior, a redução do tempo de desenvolvimento com a antecipação, previsão e prevenção de possíveis erros durante as etapas, bem como orientar na concepção, planejamento e organização, implementação e encerramento do projeto.

WebLabs ampliam os horizontes nos laboratórios de ensino e pesquisa, possibilitando ambientes colaborativos, e-learning, ensino à distância, apresentação e realização remota de experimentos on-line. O problema da utilização remota de um laboratório já foi resolvido com sucesso em vários casos. Gravier et al. (2008), aponta para o crescimento dos Weblabs em diversas áreas e identifica quais as características da próxima geração de laboratórios remotos.

Uma iniciativa brasileira, representada pelo Projeto KyaTera, desenvolve avançadas infraestruturas tecnológicas para apoiar a interação web em alta qualidade, TIDIA-Kyatera (2012). No Massachusetts Institute of Technology (MIT), os

laboratórios operados remotamente são chamados de "iLabs", MIT iCampus (2011). Na Espanha, o WebLab Deusto (Universidade de Deusto), permite o funcionamento de sistemas mecânicos e teste de dispositivos eletrônicos programáveis, entre os quais microcontroladores e circuitos baseados em Field Programmable Gate Array (FPGA), Weblab Deusto (2010). A Universidade do Porto, em Portugal (Universidade do Porto) disponibiliza o "Remotelab", onde foi utilizada como plataforma tecnológica o LabVIEW™. Um caso de cooperação entre universidades do Brasil e de Portugal resultou em uma aplicação de sistemas hápticos, Remotelab FEUP (2010).

Com a diversidade de Weblabs existentes atualmente, torna-se possível identificar alguns requisitos comuns para futuros projetos. Alguns autores realizaram trabalhos que permitem analisar requisitos para WebLabs, tais como em García-Zubia et al. 2006, Nedic et al. 2003, Prieto-Blázquez et al. 2008. Também pode-se encontrar exemplos em fontes de referência que levam à identificação dos requisitos do usuário e dos requisitos de projeto (técnicos) com sistemas, arquiteturas e ambientes desenvolvidos para Weblabs. Dentre elas estão CARNEVALI (2003), ROCHA (2009), NGOLO (2009), FARIAS (2008), PALADINI (2008), MOREIRA (2008), CRUZ (2007).

Cmuk et al. (2009) identificaram os requisitos para sistemas de aprendizagem aplicados em sistemas de e-learning (RL-Miracle), e Fischer et al. (2007) utilizaram Desdobramento da Função Qualidade (QFD) em experiências de aprendizagem com WebLab em um curso de micro-eletrônica no MIT. Santos et al. (2010) apresentaram um exemplo de como selecionar e desdobrar requisitos de usuários e requisitos de projeto (técnicos) considerando as características técnicas e as necessidades dos usuários para um experimento em Weblab sobre uma planta didática de temperatura.

Num futuro próximo, as instituições de ensino irão lidar com os impactos dessas novas tecnologias na vida acadêmica. Com as especificidades das engenharias, deve-se determinar as características preferenciais em potenciais aplicações de WebLabs.

Considerando-se o universo dos Weblabs existentes, os recursos utilizados no desenvolvimento dos projetos, os experimentos didáticos realizados pelos estudantes e áreas de aplicação, sugere-se a seguinte questão: **Qual seria a melhor aproximação de um modelo de referência para o desenvolvimento de Weblabs considerando-se os conhecimentos científicos existentes?**

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Esta dissertação visa apresentar uma proposta de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs.

1.3.2. Objetivo específico

Com base no processo sistemático apresentado por Mendes et al. (2010) e no formato do modelo de Romano (2003), propor um modelo de referência para o processo de desenvolvimento projetos de Weblabs que leve em consideração as alternativas tecnológicas existentes e os recursos disponíveis.

1.4. JUSTIFICATIVA

Observou-se, em trabalhos anteriores, ser comum o foco na configuração implementada de Weblabs e nos seus resultados, sem uma preocupação com o processo de desenvolvimento do projeto.

O aprofundamento de estudos nesta área é bastante justificável dado o escopo de possibilidades decorrentes, tais como:

- aplicações no ensino à distância (EAD);
- racionalização de recursos;
- grande ociosidade da maioria dos laboratórios;
- ampliação das possibilidades de utilização;
- aplicações na cooperação em pesquisas;
- acessibilidade aos portadores de deficiência;

1.5. METODOLOGIA

De acordo com Chalmers (1995), a ciência começa com a observação particular, variada e rigorosa. A metodologia científica parte de um conjunto de processos, técnicas e abordagens que contribuem na formulação e resolução de

problemas. Esta dissertação apresenta uma contribuição de natureza teórico-conceitual, tendo como fonte discussões conceituais a partir da literatura e revisões bibliográficas.

Inicialmente, será feita uma análise de artigos, estudos de caso, teses e dissertações referentes à Weblabs, com atenção aos elementos-chave presentes nestes sistemas, aos métodos utilizados e às soluções empregadas. A seguir será proposto um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de Weblabs, considerando-se todas as informações relevantes obtidas na primeira etapa. Para este detalhamento será utilizada uma estrutura de representação hierarquizada em fases, atividades e tarefas.

A pesquisa qualitativa, segundo Van Maanen (1979), baseia-se na coleta de dados que posteriormente serão analisados e interpretados para produção de textos, relacionados ao entendimento das variáveis de um determinado fenômeno, sem a necessidade de uma base estatística. Difere-se da pesquisa quantitativa por não quantificar ou mensurar variáveis de pesquisa.

Segundo Bryman (1989), são características da pesquisa qualitativa a subjetividade na interpretação do indivíduo, pluralidade de evidências e proximidade com o evento estudado. Sobretudo, o foco do pesquisador está no entendimento do processo que o leva ao resultado.

O levantamento bibliográfico consiste na obtenção de dados publicados sobre determinado tema, permitindo uma observação macro do problema ou torná-lo específico. Este é um dos métodos de investigação técnica para o planejamento da coleta de dados denominado de delineamento da pesquisa.

Segundo Gil (1991), para atingir ao objetivo da pesquisa, pode-se adotar a pesquisa exploratória, que visa proporcionar familiaridade com o problema e torná-lo mais claro ou preciso.

Alves (1995) argumenta que para construir um modelo referência deve-se gerar conceitos, proporcionar construções intelectuais e fazer analogia entre o que se conhece e o que se deseja conhecer. Dentro das concepções metodológicas denominadas por Carvalho (2000) e organizadas em 4 concepções por Chalmers (1995), Matallo Jr. (2000), esta pesquisa baseia-se no indutivismo ao procurar dar validade ao conhecimento ou fenômeno partindo da observação sem preconceito que conduz ao caminho da construção de leis e teorias.

A metodologia de pesquisa e as dimensões de classificação são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Metodologia de pesquisa e dimensões de classificação

Natureza	Pesquisa Teórico/Conceitual
Abordagem	Pesquisa Qualitativa
Procedimentos técnicos	Pesquisa Bibliográfica
Objetivos científicos	Pesquisa Exploratória

Definidas as temáticas “Processo de Desenvolvimento de Produtos” e “Weblabs”, buscou-se recuperar e dominar, considerando alguns critérios, o conhecimento existente sobre os assuntos.

Para evitar redundância e demarcar com clareza a busca, utilizou-se de palavras-chave relacionadas ao tema de pesquisa conforme Tabela 2. As filtragens nas bases digitais ocorreram por parâmetros de busca na combinação de palavras-chave, tema da pesquisa, autores, periódicos, número de citações e ano da publicação compreendido em grande parte o período de 2007 a 2012 relacionados ao tema.

Tabela 2 - Lista de palavras-chave adotadas para filtragem nas bases digitais

Palavras-chave	Weblab
	Remote Laboratory
	Remote Experiments
	Virtual Laboratories
	Distance Learning
	Remotely Operated Laboratories
	Product Development Process
	Reference model
	Framework

Em uma primeira busca pelo Google Acadêmico, foi utilizada a palavra-chave “Weblab” para se observar a quantidade de fontes disponíveis como ilustrado na Figura 3. O filtro se deu a partir do ano de 1993 até o ano em curso, com pelo menos um resumo onde contenha a palavra-chave. Obteve-se com este filtro um resultado de 896 fontes.

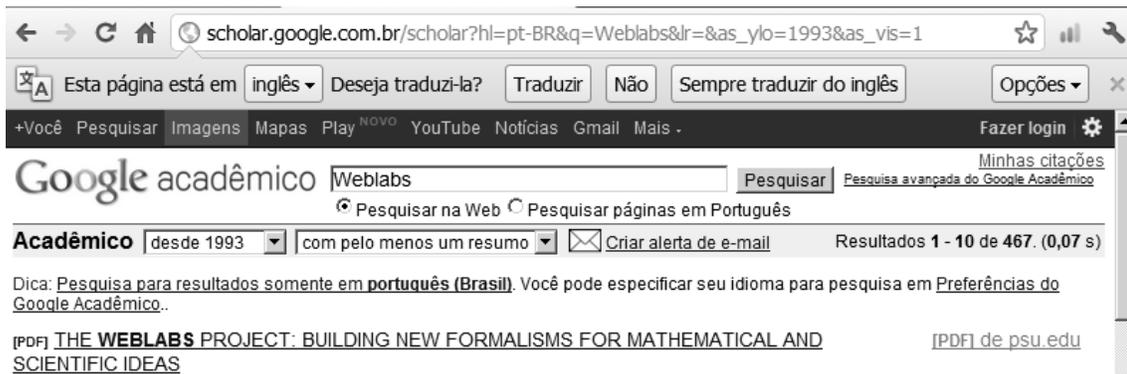


Figura 3 – Pesquisa realizada pelo Google Acadêmico por palavra-chave

Com a mesma palavra-chave, na base de dados da CAPES, fez-se um filtro por assunto. Pode-se observar com este filtro um total de 420 registros ordenados por relevância no portal de periódicos. Para o período anterior a 1998 ocorreram 13 registros, entre 1998 a 2000 (52), 2001 a 2003 (108), 2004 a 2007 (122) e após o ano de 2007 (128). Na classificação por recursos 409 são artigos, 13 são resenhas, 8 artigos de periódicos. O mesmo filtro foi aplicado em outras bases, tais como: Capes, ScienceDirect, Scielo, e IEEE. Nesta última base, foram encontrados aproximadamente 150 mil resultados que sugerem um grande cenário para a pesquisa sobre o tema conforme Figura 4.

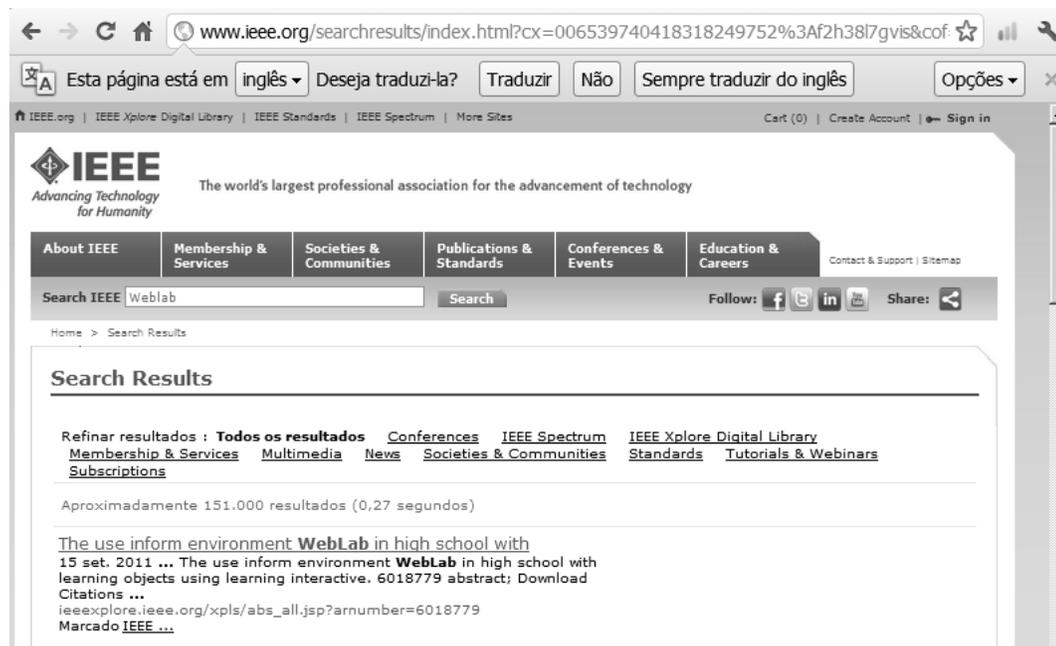


Figura 4 – Filtro por palavra-chave na base IEEE.

1.6. RESULTADOS ESPERADOS

O modelo de referência proposto constituirá um ponto de partida avançado para projetistas destes sistemas, facilitando o seu desenvolvimento de forma integrada e sistemática.

1.7. ESTRUTURAÇÃO DAS ETAPAS DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos conforme descritos a seguir.

Capítulo 1 – Introdução: apresenta, através de uma contextualização, o tema da pesquisa, a justificativa da pesquisa, e os objetivos a serem alcançados.

Capítulo 2 – Tecnologias e arquiteturas aplicadas em projetos de Weblabs: aborda aspectos sobre projetos de Weblabs e as tecnologias e arquiteturas existentes para disponibilizar o uso dos experimentos. Neste capítulo pretende-se dar suporte à criação da proposta de um modelo de referência para desenvolvimento de projetos de Weblabs.

Capítulo 3 – Processos de desenvolvimento de produtos: apresenta a fundamentação teórica sobre processos de desenvolvimento de produtos e sistemas que são referência no meio acadêmico, e o uso de métodos e ferramentas de engenharia que orientam na organização e desenvolvimento de projetos.

Capítulo 4 – Detalhamento de uma proposta de um modelo de referência para projetos de weblabs: apresenta a estrutura desenvolvida para a proposta, onde são descritas as fases, atividades e tarefas que compõem a metodologia integrada e sistemática, bem como a aplicação da mesma no processo estudado, tendo como base a fundamentação teórica sobre o tema e o uso de métodos e ferramentas de engenharia no processo de desenvolvimento de produtos e sistemas.

Capítulo 5 – Apresenta a conclusão e considerações finais da dissertação.

2. TECNOLOGIAS E ARQUITETURAS APLICADAS EM PROJETOS DE WEBLABS

2.1. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE WEBLABS

A intenção no uso dos Weblabs é permitir a implementação, monitoramento e análise de experimentos sem a presença física do usuário, professor ou pesquisador no laboratório, estendendo a experiência de aprendizagem, potencialmente, a todos que tenham acesso a um computador conectado na internet (Leite et al. 2010)

Garcia-Zubia et al. (2005) destacam que através dos WebLabs os estudantes acessam via TCP / IP hardware e software, sendo possível controlar e observar a real evolução do seu experimento prático por meio de uma WebCam ou por qualquer outro meio. Pode-se dizer que o aluno está no laboratório, embora ele possa estar em qualquer outro lugar.

Mendes et al. (2010), apontam WebLabs como uma solução para as atividades de laboratório nos cursos de engenharia em modalidade de ensino à distância, e através destes sistemas, um experimento possa ser executado através da internet em tempo real e observado através de um link de videoconferência.

Pode-se desenvolver experimentos de Weblabs nas mais diversas áreas científicas. Gravier et al.(2008) classificam algumas áreas de conhecimento científico nas quais houve publicações sobre laboratórios controlados remotamente, conforme a Figura 5.

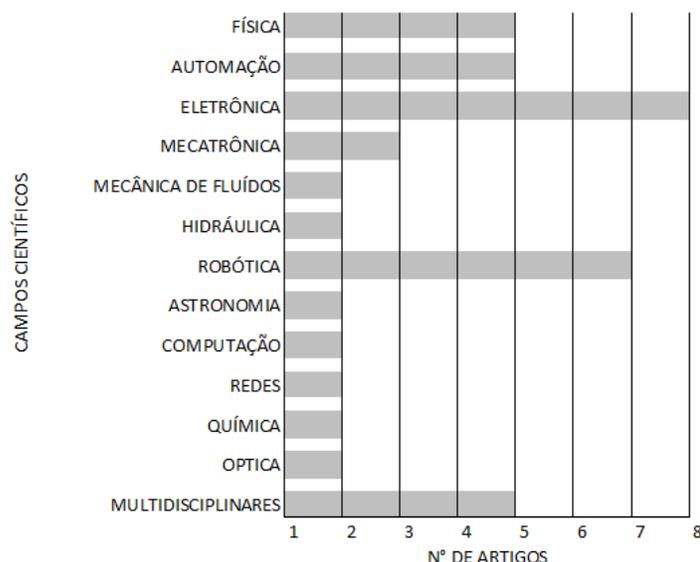


Figura 5 – Áreas de conhecimentos científicos e número de publicações. Fonte: Gravier et al. 2008

É possível observar que houve maior concentração de publicações nas áreas de eletrônica, robótica, física e automação. As aplicações de sistemas eletrônicos envolvendo hardware, software e sistemas automatizados e integrados são muito comuns nestas áreas.

Neste contexto, pode-se conceituar WebLabs como laboratórios operados remotamente por estudantes, professores e pesquisadores via internet possibilitando-se a realização de experimentos reais, em tempo real, através de recursos multimídia, comunicação de dados entre equipamentos laboratoriais, recursos computacionais e aplicativos exclusivos.

Algumas vantagens podem ser destacadas, como: ampliação da disponibilidade do laboratório aos seus usuários; otimização de custos; instalações físicas compartilhadas; metodologias de aprendizagem e recursos didáticos integrados, trabalhos colaborativos, meios de comunicação e de relacionamento social.

Gravier et al. (2008), apresentam outras vantagens dos laboratórios remotos, como evitar caros investimentos; garantir segurança aos usuários, dados e dispositivos; permitir que vários usuários observem os experimentos ao mesmo tempo; fornecer acessibilidade às pessoas com necessidades especiais; eliminar

limites geográficos e temporais possibilitando maior disponibilidade do experimento aos usuários.

Jim Henri et al. (2011) complementam as vantagens para as universidades e faculdades, destacando:

- Aquelas que possuem um número de alunos superior ao de equipamentos de laboratório poderão adotar métodos alternativos de aprendizagem;
- Adotar o uso de laboratórios remotos disponíveis em outras universidades e permitir trabalhos multidisciplinares;
- Adotar demonstrações dos experimentos remotos no decorrer das aulas regulares ou outros momentos que envolvam os alunos;
- Para universidades que não dispõem de recursos financeiros, os laboratórios remotos apresentam-se como uma forma econômica na utilização de equipamentos caros.
- Flexibilidade no calendário escolar no uso de experimentos disponíveis 24h.

Nedic et al. (2003) destacam que a experiência prática obtida nos laboratórios é um fator importante na formação de graduação e pós-graduação dos cursos de engenharia. Avalia que, com os experimentos realizados nos laboratórios, oportuniza-se que conhecimentos e conceitos sejam testados, que seja explorada a aprendizagem por tentativa e erro e sejam realizadas análises dos dados experimentais.

A internet ampliou a possibilidade de aprendizagem, ensino e, na mesma intensidade, a interação social. Atualmente com o uso de dispositivos móveis como notebooks, *tablets* e smartphones, torna-se possível levar conhecimento a qualquer tempo, lugar ou pessoa que esteja conectada à Internet. Avaliar o nível de aprendizagem oferecido pelos Weblabs através da habilidade, compreensão, análise e síntese complementa o método tradicional de ensino com a prática e execução dos experimentos. Permitir acesso aos equipamentos, muitas vezes ociosos nas universidades, amplia as possibilidades de racionalização de recursos.

Soysal (2000) propõe adequação acadêmica na seleção do instrumento, material, montagem do experimento, instrumentação, execução, condições reais do experimento, coleta de dados e análise dos resultados.

Henry e Gasparyan (2009) apresentam detalhes de trabalhos colaborativos entre EUA e Armênia, com experimentos aplicados em cibernética, engenharia mecânica e engenharia química deste último país. A mesma infraestrutura de rede vem sendo readequada para implantar nas cidades de Gyumri, Vanadzor, Hapan. Através de tais experimentos, objetiva-se que educadores e especialistas da Armênia tenham contato com novas tecnologias e tendências voltadas aos laboratórios remotos.

A Rexnet (Remote Experimentation Network) ou Rede de Experimentação Remota, financiada pelo programa América Latina – Formação Acadêmica (ALFA), mais especificamente a fase ALFA II, tem foco na realização projetos em conjunto com a Europa que visa estabelecer e fortalecer a integração e cooperação entre duas redes, cada uma formada por mais de dez Instituições de Ensino Superior (IES) da Europa e da América Latina. Alguns resultados obtidos através do projeto Rexnet estão disponíveis em Rexnet (2013). O acesso aos experimentos se dá através da plataforma aberta Moodle. Devido à diferença de fuso horário entre os países envolvidos, enquanto numa universidade a infraestrutura do laboratório não está sendo utilizada num período, esta poderá ser utilizada por outra universidade (Alves 2005).

2.1.1. EXPERIMENTOS EM WEBLABS

Na Faculdade de Engenharia da Universidade de Deusto (Garcia-Zubia e Anselmo, 2005) têm-se um projeto com três Weblabs: Weblab-PLD, para programação e controle de dispositivos tipo PLD, especificamente da Xilinx; Weblab-PLC que permite desenvolver programas para o PLC STEP-S7 da Siemens, realizando download e upload no software/hardware correspondente via um terminal server; Weblab-Pneumático, que permite configurar e controlar estratégias pneumáticas num protótipo para manufatura conforme a Figura 6.

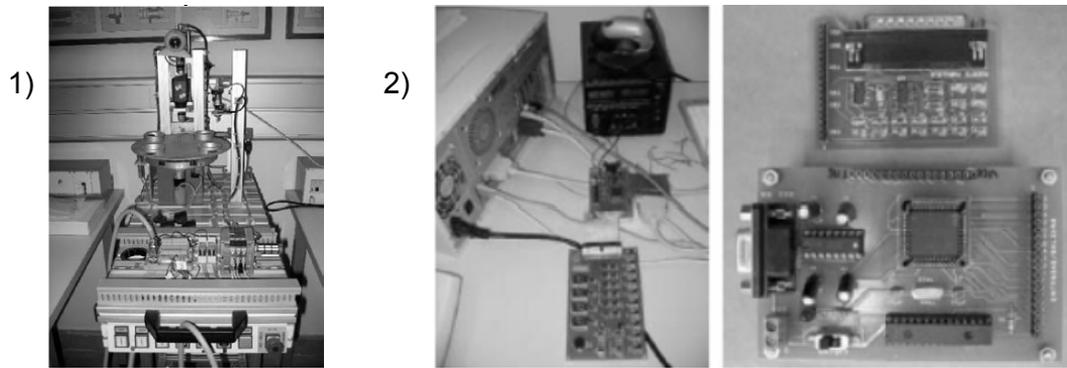


Figura 6 – 1) WebLab – Pneumatic. 2) WebLab-Hardware PLD. Fonte:Garcia-Zubia e Anselmo, 2005

Os autores concluem que existem vantagens econômicas e organizacionais no uso de Weblabs. Destacam que cada professor deve avaliar a utilidade dentro da sua área de conhecimento ou disciplina. Ainda, sugerem melhorias na segurança de acesso aos laboratórios remotos, na integridade do hardware que previna o uso irregular do equipamento pelo estudante, aprimorar a qualidade de Webcams, bem como a sensação de controle. Disponibilizar a execução de Weblabs na Intranet é citado como uma nova estratégia de implementação, com a universidade assumindo a responsabilidade em desenvolver esta tecnologia através dos profissionais da rede do Campus.

Alguns exemplos de Weblabs aplicados na engenharia oferecem acesso remoto a analisadores de espectro, geradores de sinais, osciloscópios, equipamentos para análise de sinais ou de visualização e mesmo controle (Nedic et al. 2003; Duro et al. 2008; Santos et al. 2010), como mostradas nas Figuras 7 e 8.



Figura 7 - Interface do usuário de um sistema de três tanques em modo remoto. Fonte: Duro et al. (2008).

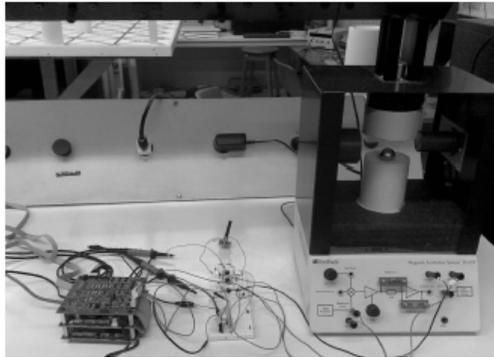


Figura 8 - Montagem do WebLab MAGLEV: Computador local, placa de condicionamento de sinais e controle MAGLEV. Fonte: Santos et al. (2010).

No Centro de Competência de Manufatura – CCM no ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) alguns estudos de caso foram desenvolvidos com foco no monitoramento remoto de processos de fabricação (Silva et al. 2008). Dentre eles, o desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto para uma máquina CNC, conforme a Figura 9; uma plataforma comercial para monitoramento remoto de células de manufatura; e um ambiente baseado na Web para controle remoto, como ilustrado na Figura 10.

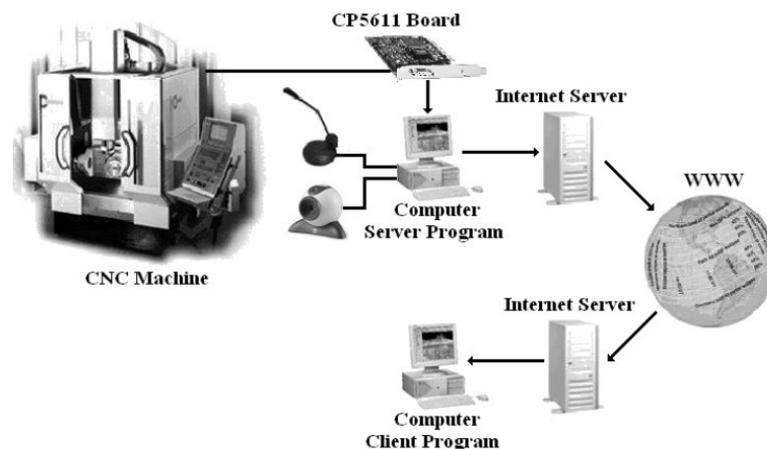


Figura 9 – Arquitetura do sistema de monitoramento remoto. Fonte: Silva et al. (2008).



Figura 10 – Interface do programa do cliente. Fonte; Silva et al. (2008).

Ambos são parte integrante no Programa do Governo Brasileiro TIDIA / KyaTera (TIDIA-KyaTera, 2007). Destaca-se que desenvolver softwares específicos é uma boa solução para o monitoramento remoto de máquinas individuais. Ao considerar seu baixo custo, tornam-se adequados para pequenas empresas na substituição das soluções comerciais. Nos estudos de caso acima, cita-se a necessidade da padronização de protocolos de comunicação comuns entre as indústrias de automação.

Projetos colaborativos que envolvem sistemas CAD/CAM/CAE/CAPP interligados por uma arquitetura computacional na internet podem ser vistos em Li et al. 2004; Zhan et al. 2003; Fuh, Li, 2005; Adamczyk et al. 2002; Chung, Peng, 2004; Muto, 2003. Elementos característicos encontrados nestes trabalhos são: ferramentas de programação, Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), motores, Interfaces Homem-Máquina (IHM's), máquinas a Comandos Numéricos Computadorizados (CNC's), sistemas de aquisição de dados.

Huang et al. (2001) desenvolveu um laboratório de manufatura integrada baseada em Web, mostrado na Figura 11. Orientado por um tutorial, o aluno percorre virtualmente um processo produtivo da concepção do produto até a manufatura.

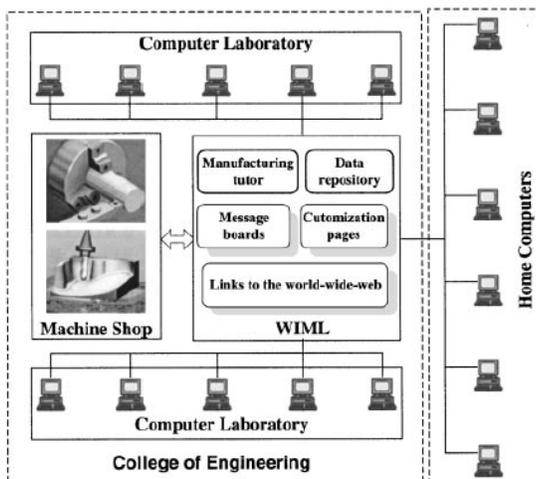


Figura 11 – Laboratório de manufatura integrada baseada na Web (WIML). Fonte: Huang et al. (2001).

Os objetivos deste experimento são fornecer base sólida nos fundamentos da engenharia; fornecer um grande panorama partindo da criação de produtos, envolvendo a fabricação, incluindo processos e a realidade dos negócios; manter os alunos atualizados quanto às novas tecnologias e ferramentas; gerenciar e desenvolver soluções aos problemas; trabalhar em equipe, utilizando-se de comunicação oral, escrita e eletrônica; motivar as equipes para a constante aprendizagem.

Tzafestas et al. (2006) abordam o desenvolvimento e avaliação experimental no campo da Robótica, concentrando-se no processo educacional, conceitos e técnicas desenvolvidas, aplicados à telerobótica e à realidade virtual, como mostrado na Figura 12. Os resultados fornecem uma avaliação comparativa entre três modos de formação a partir de um experimento piloto virtual aplicados na programação de um manipulador robótico: modos de formação real, remota e virtual. São considerados a execução de tarefas de baixo, médio e alto nível de compreensão e competências.

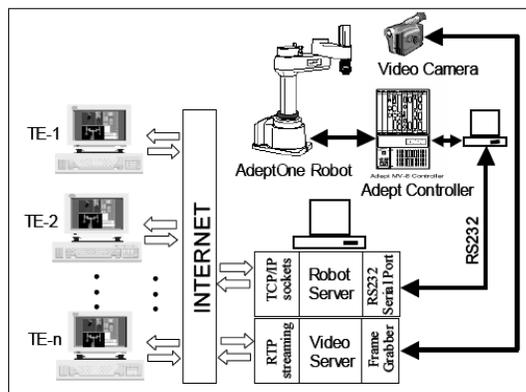


Figura 12 – Arquitetura geral da plataforma virtual e remota do laboratório de robótica. Fonte: Tzafestas et al. (2006).

Segundo Lima et al. (2005), “o laboratório real é aquele onde a forma de acesso é presencial e sua estrutura física é real, ou seja, não possui nenhum elemento virtual em sua composição. Seu conteúdo é exclusivamente real”.

O mesmo autor define, “o laboratório virtual é aquele onde a forma de acesso não é presencial, por tanto virtual, e sua estrutura física não é real, ou seja, não possui nenhum elemento real em sua composição. Seu conteúdo é exclusivamente virtual”.

Segundo Lima et al. (2005) apud SOUZA et al. (2001), “um laboratório remoto consiste de um laboratório real no qual os equipamentos são controlados remotamente, a partir de um computador conectado à web. A estrutura básica de um laboratório desse tipo é formada por um conjunto de instrumentos interfaceados a um computador. Esse computador tem a função de controlar, através de softwares específicos, o funcionamento dos equipamentos a ele interligado. O usuário remoto acessa, controla o computador do laboratório, aciona equipamentos, faz observações, testa condições e coleta dados. O alcance desse tipo de tecnologia é vasto desde um simples laboratório que não permite ao usuário criar sua própria experiência, até laboratório virtual de alcance mundial formados pela conexão de vários laboratórios”.

Nedic et al. (2003) apresentam, na Tabela 3, uma comparação das vantagens e desvantagens de três tipos de laboratório: real, virtual e remoto.

Apontam ainda que, provavelmente, a maior vantagem que um laboratório remoto tem sobre o real é a possibilidade de o estudante repetir sua experiência sem

estar presente no laboratório com alto nível de precisão e interatividade, gerando a sensação de se operar localmente. Estudantes relataram em seus trabalhos que a repetição do experimento contribui para o aprendizado e melhora a compreensão da operação dos instrumentos.

As vantagens obtidas tanto com o laboratório virtual como com o remoto se mostram significativas quanto à flexibilidade de acesso, sequência pedagógica e segurança na experimentação de equipamentos que envolvem risco.

Tabela 3 - Lista comparativa das vantagens e desvantagens entre laboratório real, virtual e remoto

Tipo de laboratório	Vantagens	Desvantagens
Real	Dados reais	Restrição ao tempo e local
	Interação real com o equipamento	Requer agendamento
	Trabalho colaborativo	Alto custo
	Interação com o orientador	Requer presença do orientador
Virtual	Boa explicação conceitual	Dados idealizados
	Sem restrição de tempo e local	Falta de colaboração
	Média interação	Não há interação com o equipamento real
	Baixo custo	
Remoto	Interação com equipamento real	Somente “presença virtual” no laboratório
	Calibração	
	Dados reais	
	Há menor restrição de tempo do que no local	
	Custo médio	

Fonte: Nedic et al. (2003).

Mendes et al. (2010) organizaram fontes de pesquisas de requisitos, dividindo-as em três grupos: didático, usuário final e técnico, conforme mostrado na Tabela 4. Segundo estes autores, é uma lista não finita para identificar requisitos qualitativos no início de um novo projeto.

Tabela 4 - Fontes de pesquisa de requisitos em projetos de Weblabs

Grupos	Fontes de Pesquisa de Requisitos
Didático	Pré-conhecimento do experimento Objetivos e o contexto dos experimentos Seqüenciamento didático Cognição dos comandos e resultados Resultados esperados dos experimentos
Usuário final	Interface cognitiva Visualização dinâmica do sistema físico Elementos e modos de interação Orientação para as ações do usuário O desempenho constante do sistema (e suficiente) Opções de idioma Acesso multi-plataforma Compatibilidade com outros sistemas de e-learning
Técnico	Configuração da experiência remota Restrições do laboratório

	Normas e procedimentos de segurança aplicáveis Formatação e apresentação dos dados do experimento Manutenção, calibração e testes Capacidade de atualização e escalabilidade Manutenção (local e remota) Paralelização de tarefas Disponibilidade de tempo e uso de agendamento Acesso dos usuários e gerenciamento de permissões Apoio a vários usuários simultâneos Apoio ao trabalho colaborativo Intervenções técnicas locais
--	---

Fonte: Mendes et al. (2010)

Tais requisitos condizem com as considerações apresentadas por Guimarães et al. (2011) como sendo pontos importantes no projeto do Weblab.

Garcia-Zubia et al. (2009) analisam características que visam permitir completo acesso aos Weblabs, assinalando os seguintes aspectos.

- Possibilitar acesso ao Weblab independentemente dos sistemas operacionais (SO) e browsers do lado do cliente;
- Conceder acesso aos experimentos via firewall pelo protocolo HTTP sem necessidade de permissões.
- Não permitir ao WebLab execução de aplicações no cliente com acesso ao disco rígido;
- Garantir alto nível de interação do Weblab com o usuário e recursos multimídia (áudio e vídeo);
- Permitir a execução de experimentos sem necessitar instalação de software no lado do cliente;
- Acessar o Weblab por dispositivos móveis;
- Garantir máxima eficiência em largura de banda;
- Implementar complexos WebLabs através tecnologias Web.

2.1.2. TECNOLOGIAS WEB

Muitas são as possibilidades de softwares e tecnologias empregadas para estabelecer a conexão entre o computador remoto (do lado do cliente) e o computador local (do lado do servidor).

Gravier et al. (2008), identificou o predomínio de softwares proprietários como LabView/DataSocket (National Instruments) e Matlab/Simulink, em um levantamento contendo 42 publicações sobre laboratórios remotos desenvolvidos entre 2001 a 2007. Dentre as tecnologias de software, destaca-se o Java, aplicado na grande maioria dos Weblabs. No período entre 2008 a 2011 (Stefanovic et al. 2009)

observou o uso do LabVIEW no desenvolvimento de novos Weblabs para aplicações voltadas à medição e automação, por possuir uma linguagem de programação baseada em *dataflow* (fluxo de dados) e bastante adequada para aquisição de dados e a sua manipulação. O LabVIEW também fornece uma interface Web que facilita a integração ao framework proposto por Ariadne et al. (2007).

Outras tecnologias de software também foram identificadas como mostra o Gráfico 1.

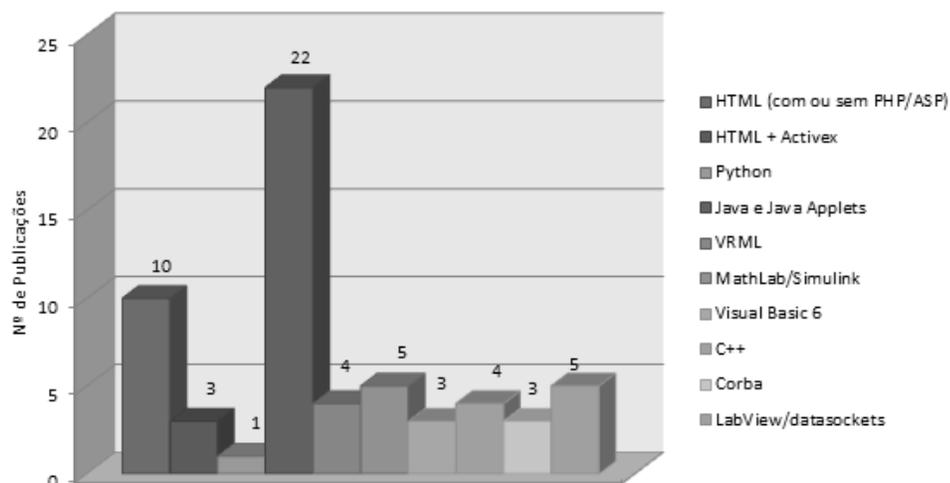


Gráfico 1 - Uso de tecnologias de software e interface gráfica do usuário. Fonte: Gravier et al. (2008).

Algumas destas tecnologias de softwares são referenciados por Garcia-Zubia et al. (2009) como características das tecnologias a serem implementadas no lado do cliente, destacando Java applets, Adobe Flash, AJAX, HTML, e ActiveX, como mostrado no Gráfico 2.

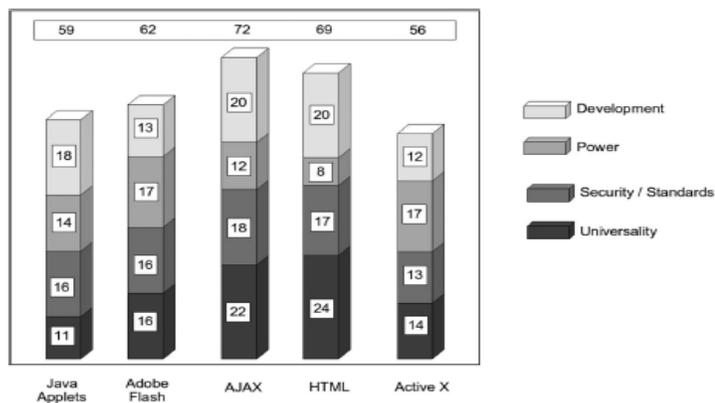


Gráfico 2 – Comparação entre diferentes tecnologias do lado do cliente. Fonte; Garcia-Zubia et al. 2009.

Num comparativo entre as tecnologias Python, .NET e Java, Garcia-Zubia et al. (2009) apresenta o seguinte resultado na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise das tecnologias para Weblab-Deusto do lado do servidor.

Características	Tecnologia	Casos observados				
Multi-plataforma	Phyton					
	.NET					
	Java					
Ferramentas de desenvolvimento	Phyton					
	.NET					
	Java					
Velocidade de desenvolvimento	Phyton					
	.NET					
	Java					
Rede de desenvolvedores	Phyton					
	.NET					
	Java					
Robustez	Phyton					
	.NET					
	Java					
Serviços de bibliotecas Web	Phyton					
	.NET					
	Java					
Funcionalidade das Linguagens	Phyton					
	.NET					
	Java					
Preço	Phyton					
	.NET					
	Java					
Total	Phyton	32				
	.NET	30				
	Java	33				

Fonte: Garcia-Zubia et al. (2009).

Guimarães et al. (2011) tratam da concepção e implementação dos laboratórios controlados remotamente que aplicam tecnologias Web, tanto no lado do servidor como do cliente. Estes autores abordam a possibilidade do uso de diversas redes, como a pública, a do campus da academia, ou mesmo a rede privada de alta velocidade. Uma atenção é dada para a incorporação dos requisitos na concepção de Weblabs relacionados à segurança, à qualidade de serviço, à federação de Weblabs e às tecnologias web que julgam adequadas considerando suas experiências no desenvolvimento destes laboratórios para preencher estes requisitos. Consideram que os principais pontos a serem observados no projeto do Weblab são o controle de acesso, o gerenciamento de usuários, o agendamento, o registro das atividades do usuário para fins de estatísticas, a detecção de falha, e a auditoria. Através das tecnologias já fundamentadas como J2EE, NET, PHP, a

gestão do usuário pode ser realizada por aplicativo centralizado de banco de dados. No aspecto da segurança, um *firewall* deve proteger os recursos físicos, independente do tipo da rede ao qual o Weblab esteja conectado, obrigando a um rígido processo de autenticação para o acesso e permissão de certos procedimentos. A qualidade de serviço é outro aspecto a ser incorporado em alguns casos, referindo-se particularmente à internet pública, onde sugere-se a gestão do fluxo da rede para maximizar os benefícios dos recursos disponíveis devido à baixa largura de banda. A operação de Weblabs federados, segundo Guimarães et al. (2009) permite compartilhar experiências e recursos de forma mais eficiente devido aos diversos tipos de gerenciamento, como: de políticas; de QoS (Quality of Service); gerenciamento de identidades e credenciais; de recursos; de acesso; gerenciamento de experimentos. Guimarães et al. (2011) consideram ideal que, do lado do usuário, o acesso aos Weblabs seja baseado em um navegador web e, ainda sobre o uso de linguagens para a codificação de experimentos no campo da engenharia, julga adequado adotar Python, Matlab e Java. Os autores concluem que utilizar a solução com micro-servidores baseados em AJAX, como é abordado em (Garcia-Zubia 2005), é o estado da arte no que se refere à arquitetura para Weblabs.

No lado do servidor, a tecnologia que se adequou às exigências do Weblab-Deusto foi o Python, devido à sua natureza de código aberto e ciclo rápido de resposta quando comparado às tecnologias .NET e Java, mostrando-se igualmente adequadas para uso em laboratórios remotos. Grandes empresas como Google, NASA e Yahoo também adotaram a linguagem Python, devido à sua praticidade.

Garcia-Zubia et al. (2009) abordam o impacto do software no projeto de Weblabs, analisando as tecnologias de software do cliente e do servidor, utilizando-se da experiência obtida no desenvolvimento do Weblab-Deusto desde 2001. Os resultados apontam para uma crescente importância no que se refere a:

- Universalidade - acesso por diversos sistemas operacionais, navegadores, flexibilidade das aplicações em diferentes contextos, adequado ao uso de diferentes dispositivos móveis;
- Segurança: normas e segurança que não coloquem o usuário ou laboratório em risco;
- Capacidade de combinar tecnologias: recursos multimídia, eficiência em largura de banda para desenvolver os Weblabs;

Estas características também são identificadas nos requisitos apresentados por Mendes et al. (2010), na fase inicial do processo de desenvolvimento de Weblabs, e por Jim Henri et al. (2011), como características principais de uma plataforma para uma boa usabilidade por estudantes, professores, laboratórios e serviços de TI. Mais detalhes sobre a plataforma podem ser obtidos em Garcia-Zubia et al. (2011).

Em se tratando de desenvolvimento de softwares para dispositivos móveis, Orduña et al. (2011), apresentam duas categorias de tecnologias que podem ser utilizadas:

- Tecnologias WEB: AJAX, HTML5, com subconjuntos de determinados dispositivos;
- Tecnologias Nativas: iPhone SDK, o Android SDK, .NET Windows Mobile, Symbian SDK.

A vantagem das tecnologias Web em aumentar a disponibilidade de aplicações para diferentes dispositivos é limitada quando comparada às tecnologias nativas, que podem usar todos os poderosos recursos oferecidos pelos dispositivos móveis: o uso de Gráficos 3D, conexão com outros dispositivos via Bluetooth e o acesso a calendários ou contatos são alguns destes recursos, desde que sejam suportados pelos dispositivos.

O grau de utilidade que cada um destes recursos pode ter em uma determinada aplicação varia de caso a caso. No entanto, três características em aplicações Web são desejáveis para o seu uso em dispositivos móveis, segundo Orduña et al. (2011):

- Fornecer leiaute adequado;
- Fornecer adequação do conteúdo exigido;
- Evitar uso de plug-ins;

Há uma gama de Frameworks para desenvolvimentos de aplicativos destinados aos dispositivos móveis, que usam sistemas operacionais móveis como: Symbian, Android, Apple iOS, Windows Mobile, BlackBerry OS.

Quando se necessita executar softwares remotamente, a interface gráfica do usuário não é adaptada para estes dispositivos móveis, pois foram projetados para desktop. A utilização de plug-ins como Applet's Java e Adobe Flash são comumente utilizados em alguns laboratórios remotos, porém diversos smartphones e/ou tablets ainda não aceitam tais plug-ins.

A escolha entre tecnologia Web ou nativa dependerá dos requisitos do experimento, do uso dos dispositivos móveis e deve ser resultado de uma avaliação caso a caso.

2.1.3. FRAMEWORKS E ARQUITETURA DE SOFTWARE E HARDWARE

Na tentativa de reutilização de códigos que executem de forma genérica, modular e que atinjam maior produtividade na construção de Weblabs, diversas propostas foram apresentadas denominadas 'frameworks', ou arquiteturas para software e hardware. Gravier et al. (2008) mostra um aumento exponencial das demandas em 2002/2003 e 2006 por laboratórios controlados remotamente e aconselha que no futuro possa ocorrer alguma formalização de arquitetura de software, para reduzir custos. Ariadne et al. (2007) cita a diversidade dos WebLabs que vêm sendo desenvolvidos através do projeto KyaTera, e aponta para a necessidade da existência de um framework que forneça diferentes tipos de serviços a diferentes tipos de usuários.

García-Zubia et al. (2009) sugerem a adoção da Service Oriented Laboratory Architecture (SOLA) ao se conceber e desenvolver novos Weblabs, com ilustrado na Figura 13. A principal característica desta abordagem é permitir a reutilização, a modularidade e interoperabilidade da arquitetura utilizada para os Weblabs. Outros benefícios destacados da SOLA são sua conformidade com as normas (comuns e de indústrias específicas) e a capacidade de identificar e categorizar serviços para facilitar a pesquisa e composição deles.

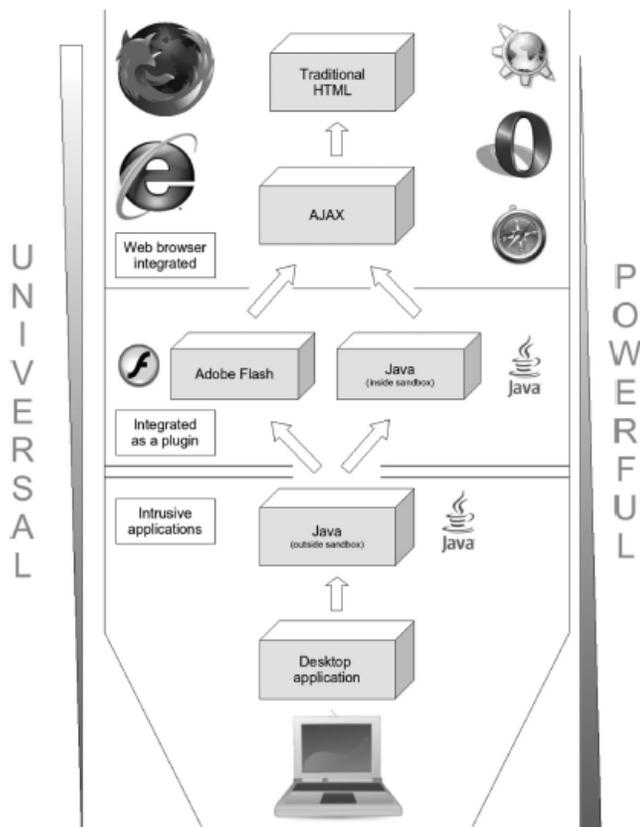


Figura 13 - Classificação de tecnologia do lado do cliente. Fonte: Garcia-Zubia et al. (2009)

Ngolo (2009), em sua dissertação de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores pela Universidade Nova de Lisboa, apresenta uma arquitetura orientada a serviços 'Representational State Transfer (REST)', como mostra a Figura 14, que permite implementar um laboratório remoto com acesso via Internet baseando-se no funcionamento da Web e do protocolo HTTP. Do lado do cliente, a tecnologia AJAX (Asynchronous Javascript and XML) é executada pelo navegador (browser) de Internet, cujas funcionalidades de comunicação com uma aplicação ocorrem num servidor. É proposta a criação de uma plataforma para laboratório remoto orientada a Serviços Web. Isto torna a plataforma não só escalável como também distribuída, além de facilitar a adição de novas funcionalidades e de novos serviços (experiências remotas). Ela permite que cada operação do laboratório remoto possa ser ela própria um serviço, e admite a criação de serviços distribuídos em sistemas de controle. Os Serviços Web foram escolhidos para o desenvolvimento da aplicação servidora devido à elevada interoperabilidade e à grande liberdade de escolha para desenvolver a aplicação no cliente em qualquer linguagem de programação ou tecnologia compatível com o código XML.

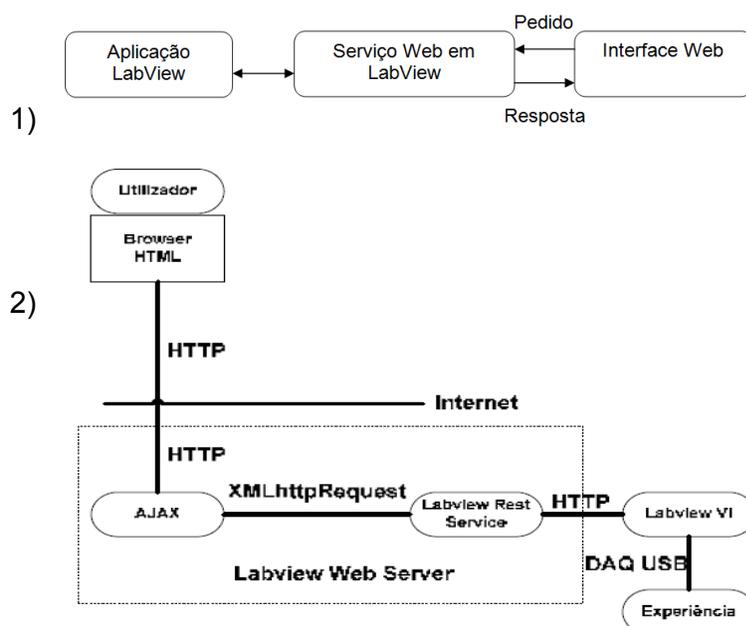


Figura 14 – (1) Arquitetura resumida (2) Arquitetura do sistema integrado. Fonte: Ngolo (2009).

Ariadne et al. (2007) apresentam em seu estudo uma arquitetura de framework flexível, robusta e extensível para integração de Weblabs conforme Figura 15.

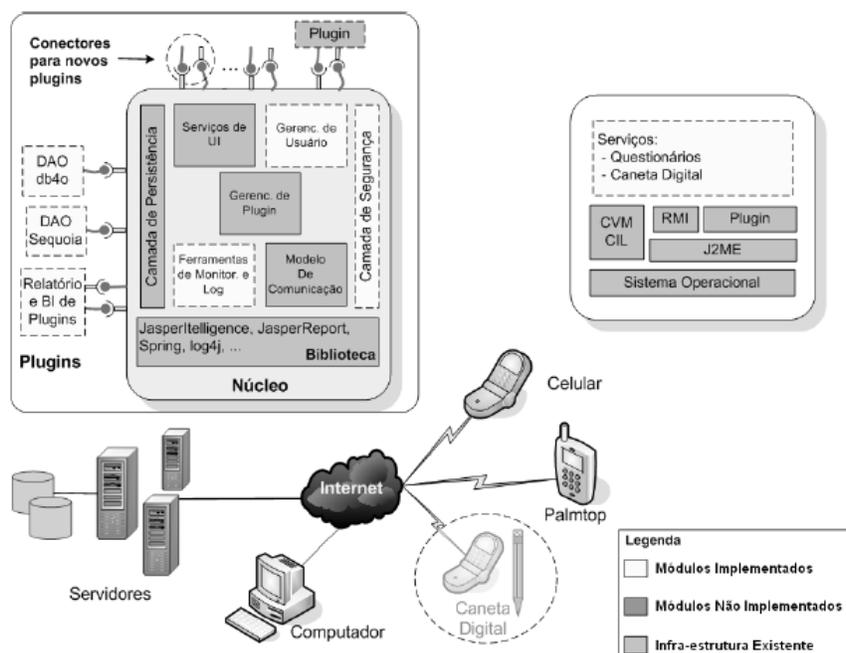


Figura 15 – Arquitetura de framework proposta Ariadne (2007).

A abordagem flexível trata da capacidade do framework fornecer a diferentes tipos de usuários distintos tipos de serviços e análise de dados. A robustez está relacionada aos inúmeros serviços fornecidos pelos Weblabs e pretende-se que não ocorram problemas na funcionalidade do sistema quando estes serviços forem inseridos, editados ou modificados.

A aplicação principal é implementada em JAVA e é dividida em quatro módulos: Serviços de UI (Interface do Usuário), Gerenciador de Plug-In, Camada de Persistência e Modelo de Comunicação.

- **Serviços de Interface com Usuário (UI):** é uma aplicação em AJAX que fornece funcionalidades avançadas para o usuário. Esta camada é responsável pelos serviços de plug-in's e pela construção de interfaces.
- **Gerenciador de Plug-In's:** responsável pelo controle sobre todos os plugins instalados, é capaz de incluir novos plug-ins sem recompilar o núcleo da aplicação.
- **Camada de Persistência:** é uma camada que oferece a capacidade de armazenar objetos em um banco de dados relacional. No entanto, o uso do padrão DAO (Data Access Object), permite o uso de mecanismos de armazenamentos tais como Banco de Dados Orientado a Objetos (OODB), arquivos XML, entre outras opções.
- **Modelo de comunicação:** fornece estrutura de armazenamento de dados e é responsável pela comunicação entre cliente e servidor via JavaScript.

Normalmente, faltam recursos às interfaces do usuário nas aplicações WEB, além do alto tempo empregado na resposta do sistema. O framework propõe como solução o uso da tecnologia Web AJAX para se desenvolver interfaces ricas, sofisticadas e rápidas, sem que seja necessário instalar Java no lado do cliente, realizando apenas o download dos dados essenciais ao usuário.

Através desta plataforma, torna-se possível construir ambientes de desenvolvimento, criando, integrando e executando módulos de plug-in. O acesso a cada Weblab se dá por meio de técnicas de concepção de arquitetura baseada em plug-ins. Estes adicionam funções a outros programas, fornecendo alguma funcionalidade especial ou muito específica.

Dentre eles Ariadne et al. (2007) cita como principais padrões usados pela arquitetura proposta Dependency Injection Pattern (DIP), Extension Object (EO), Data Access Object (DAO), Model View (MV). Ao executar seu framework de forma modular, permite-se que os plug-ins sejam inseridos, editados e removidos sem necessidade de recompilar.

2.1.4. SEGURANÇA

Experimentos realizados em laboratórios, sejam eles operados localmente ou remotamente, devem garantir a segurança sobre todos os aspectos dos seus usuários e do equipamento.

Através de um servidor de aplicação, o usuário pode ser autenticado enquanto uma sessão Hypertext Transfer Protocol (HTTP) for válida, e isso ocorre por um determinado período de tempo para Weblabs cujas aplicações são baseadas na Web. Um serviço de autenticação baseado em Web pode armazenar os usuários registrados e objetos da sessão HTTP, conservando informações sobre os usuários autenticados num banco de dados.

Garcia-Zubia et al. (2009) classificam as aplicações como não-intrusivas e intrusivas, sendo que a primeira não oferece qualquer risco quanto à segurança e privacidade na execução da aplicação. Significa que nenhuma informação de arquivo será lida no disco rígido que o usuário não escolha explicitamente, nem oferece risco de introduzir vírus no sistema. Já a segunda, devido à necessidade de acesso com privilégios, permitem acesso ao disco rígido, leitura de arquivos e abrir conexões no computador.

2.1.5. FEDERAÇÃO DE WEBLABS

Federações são formadas por organizações com o objetivo de beneficiar seus membros (usuários ou organizações cadastrados), compartilhando o uso dos WebLabs regulados por contratos ou Service-Level Agreements (SLA). SLA's formam um conjunto de políticas que estabelecem como serviços e experimentos se comportam de acordo com restrições e privilégios. Por exemplo, pode-se oferecer a membros de outra organização um WebLab com um tempo máximo de reserva, acessos por dia, e uma determinada qualidade do serviço. Na Figura 16 pode-se

observar a interface para acesso ao sitio do projeto Kyatera, um exemplo de federação de WebLabs.



Figura 16 – Sitio do projeto TIDIA-KyaTera. Fonte: TIDIA-KyaTera (2011).

Formada por uma rede de informações cuja taxa de transmissão é da ordem de Terabits por segundo (Tb/s), o KyaTera conta com o interesse e a participação de empresas que visam desenvolver projetos de inovação tecnológica envolvendo parcerias entre empresas e universidades. Seu nome é originado do tupi-guarani “Kia” (= rede de pesca), mais o prefixo “Tera” (= 10^{12}). O Projeto KyaTera apresenta como objetivos:

- Permitir e incentivar trabalhos colaborativos inter-institucionais de forma multidisciplinar entre grupos de P&D através da rede de fibra óptica da rede Kyatera.
- Permitir e incentivar trabalhos cooperativos entre a universidade e a indústria para o desenvolvimento da internet avançada com inovações em aplicações, dispositivos e equipamentos.
- Provocar conhecimento sobre aplicações internet e as tecnologias de redes avançadas em qualidade e quantidade
- Gerar recursos humanos nessas áreas.

Atualmente, 28 WebLabs já estão funcionando nas mais diversas áreas como Robótica, Óptica e Fotônica, Engenharia Química, Medicina, Meio Ambiente. Para utilizá-los, entretanto, é necessário tornar-se um membro associado

2.1.6. O PROJETO iLAB's do MIT

Os laboratórios remotos disponibilizados pelo MIT são denominados de iLabs. O objetivo é disponibilizar um conjunto de recursos de laboratórios reais promovendo a prática de experimentos voltados aos cursos de engenharias on-line através da Internet, permitindo compartilhar experiências entre alunos, professores, universidades e pesquisadores ao redor do mundo, com grande flexibilidade de horários e em qualquer lugar. Os benefícios destas experiências são observados na motivação dos alunos conforme Cmuk et al. (2009), nas dinâmicas aplicadas na aprendizagem observados por Fischer et al. (2007), em comparações entre o modo real e o simulado mostrado em Nedic et al. (2003), na formação de grupos em ambiente colaborativo como oferecido pelo projeto KyaTera, no despertar da curiosidade de acordo com Huang et al. (2001), no uso de recursos por vezes caros conforme Tzafestas et al. (2006), além da otimização do tempo e espaço.

Um conjunto de ferramentas de software descrito como iLab Shared Architecture (ISA) permite a inclusão e o gerenciamento de laboratórios com maior grau de complexidade (HARWARD et al. 2008). Desenvolvido sobre serviço Web, a ISA dispõe de uma infraestrutura de código aberto, escalável, interface padronizada e simples, além de permitir a uma plataforma unificada de vários laboratórios on-line.

O projeto compartilhado do iLab tem como objetivo:

- Desenvolver e gerenciar laboratórios remotos de forma simples;
- Disponibilizar uma diversidade de serviços e ferramentas comuns de desenvolvimento;
- Garantir infraestrutura e acesso suficiente para usuários ao redor do mundo;
- Compartilhar o acesso entre diversas universidades, independentemente da infraestrutura de rede.

Cronologicamente, o iLab teve início com Jesus del Alamo, HARWARD et al. (2008), que iniciou o Projeto iLabs em 1998 a partir da frustração com a falta de componentes para uso nos laboratórios, o que limitava determinados temas às

exposições teóricas somente. A partir de um Applet Java, desenvolveu-se um primeiro laboratório, denominado de Microelectronics WebLab. O acesso dos estudantes de engenharia elétrica ocorria via navegador web padrão.

No final de 1999, del Alamo propôs uma parceria entre MIT e a Microsoft, com o Projeto iCampus, cujo objetivo era criar um conjunto diversificado de iLabs e explorar o potencial dos laboratórios on-line voltados para a graduação, adotando uma variedade de técnicas de software (HARWARD et al. 2008).

Em 2001, Hal Abelson, do MIT, e Dave Mitchell, da Microsoft, sugerem aos pesquisadores do iLabs basearem seus laboratórios on-line em uma infraestrutura compartilhada e construída sobre a tecnologia de serviços web. A partir desta ação, houve o desenvolvimento do middleware que resultou na arquitetura ISA (iLabs Shared Architecture).

Neste modelo, a arquitetura de um iLab divide-se em três partes distintas:

- Um servidor de laboratório, Lab Server, está conectado ao equipamento do laboratório para operação real do experimento;
- Uma interface com o usuário, Lab Client, permite a observação do funcionamento do laboratório e/ou a interação com o mesmo;
- Um Service Broker realiza o intercâmbio entre o Lab Server e o Lab Client pela Web, onde é possível realizar serviços administrativos comuns, tais como armazenamento e autenticação de dados.

A Figura 17, mostra a arquitetura desenvolvida para os iLabs.

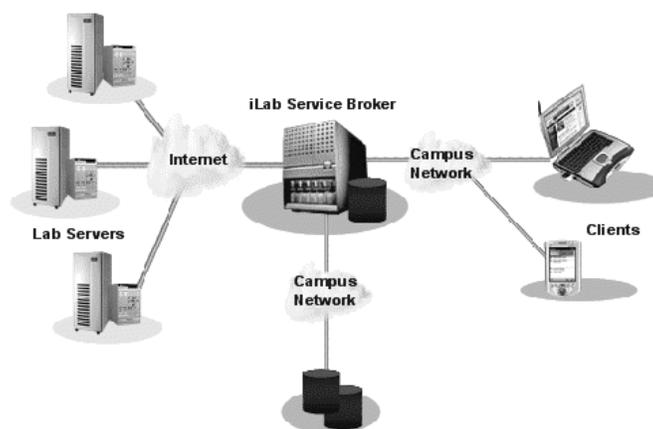
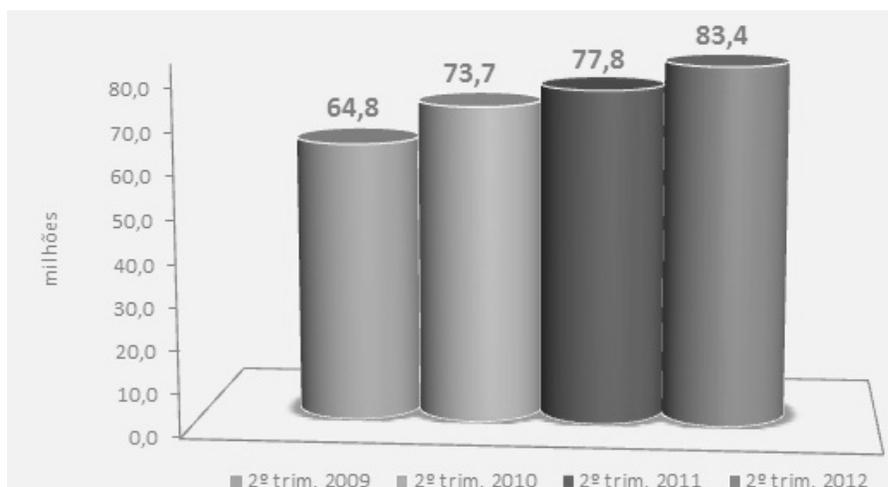


Figura 17 - Sitio com a Arquitetura Compartilhada do Projeto iLabs Fonte: MIT iCampus (2012)

2.1.7. DADOS SOBRE HÁBITOS DE ACESSO À INTERNET NO BRASIL

A partir de dados do IBOPE-Nielsen Online (IBOPE Nielsen Online, 2012) pode-se observar o crescimento da Internet e seu acesso de qualquer ambiente (domicílios, trabalho, escolas, lan houses ou outros locais). Dados informam que 83,4 milhões de pessoas tiveram acesso no segundo trimestre de 2012, tendo um crescimento de 7% comparado ao segundo trimestre de 2011 e 22% maior ao segundo trimestre de 2009 como mostrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Evolução do número de pessoas com acesso à internet em qualquer ambiente, Brasil – segundo trimestre de 2009, 2010, 2011 e 2012. Fonte: IBOPE Nielsen Online (2012).



Houve também crescimento no tempo de uso do computador com acesso à Internet, conforme a Tabela 8, chegando-se a 69 horas por pessoa em agosto de 2011.

Tabela 8 - Tempo de uso por pessoa, número de usuários ativos e número de pessoas com acesso – trabalho e domicílios, Brasil – junho, julho e agosto de 2011.

	Jun/11	Jul/11	Ago/11	Varição Jul/Ago
Tempo de uso do computador (hh:mm:ss)				
Aplicativos incluídos Trabalho e domicílio	61:16:14	64:53:06	69:01:00	6,4%
Tempo de uso do computador (hh:mm:ss)				
Aplicativos excluídos Trabalho e domicílio	45:24:25	48:23:28	51:12:12	5,8%
Número de usuários ativos (000) Trabalhos e domicílios	45.556	44.883	45.404	1,2%
Número de pessoas com acesso (000) Trabalhos e domicílios	58.637	58.637	61.195	4,4%

Fonte: IBOPE Nielsen Online (2012).

Dividindo os usuários em categorias, tem-se os números da Tabela 9:

Tabela 9 - Categorias com maior acréscimo percentual do número de usuários.

Categorias - Sites	Evolução	Usuários internautas (trabalho e domicílio)
Educação e Carreiras	9,1%	28 milhões (56,7%)
Ocasões Especiais	8,3%	11,7 milhões (25,7%)
Redes Sociais (fóruns, blogs, microblogs, outras páginas de relacionamento)		39,3 milhões (87%)

Fonte: IBOPE Nielsen Online (2011)

Essa última categoria coloca o Brasil como o país de maior alcance em sites de comunidades entre dez países acompanhados pela pesquisa. Com estes números, o Brasil destaca-se pelo mercado com elevado acesso aos sites sociais, uso diversificado e grande interesse pela Internet.

Segundo pesquisa realizada pelo IBOPE Nielsen Online (IBOPE Nielsen Online, 2012), no Brasil em 2012, a aquisição de *smartphones* quase dobrou com relação à 2010, onde o percentual era de 19%, em 2011 chegou a 35%. Este dado aponta, segundo a pesquisa, para o crescente interesse dos brasileiros por este tipo de aparelho, devido à mobilidade e a facilidade de acesso à Internet, assim como ocorre com os Tablets. A possibilidade de acessar experimentos em Weblabs via celulares vem se tornando crescente com o desenvolvimento de aplicativos para este fim.

Sobre a rede celular, a Internet Pop levantou que internautas citaram que usam celulares e smartphones com tecnologia de banda larga para acesso à rede quando não o fazem pelo computador, o que representa 47% dos equipamentos citados. Dentre a população pesquisada, 28% têm idade entre 20 e 24 anos, faixa que representa uma parcela de estudantes universitários.

Num dos maiores eventos sobre tecnologias digitais do mundo, o 'Campus Party', realizado em 20 e 21 de janeiro de 2009, o IBOPE Inteligência – (IBOPE Inteligência, 2009) entrevistou 600 participantes. Dentre os entrevistados, 90% participam de alguma forma, como consumidores ou geradores de conteúdos, de tecnologias colaborativas.

Dos principais resultados obtidos, destacam-se aqui apenas alguns:

- 91% dos entrevistados têm interesse em blogs;
- Cerca de 21% dos entrevistados contribuem diariamente para algum fórum de discussão;
- 57% visitam fóruns pelo menos uma vez por semana;
- 16% visitam fórum várias vezes ao dia;
- Duas das principais motivações para utilização das diversas tecnologias colaborativas são o desenvolvimento Profissional/vantagens financeiras (25%) e aprendizagem e educação (24%);
- 15% dos entrevistados afirmam utilizar estas tecnologias para “ajudar os outros e/ou a comunidade”.

Imagina-se que as redes sociais são as grandes incentivadoras destas conexões, e que podem servir de links para o trabalho colaborativo, como no caso dos experimentos em Weblabs.

2.1.8. MAPA DA QUALIDADE DA INTERNET.

Há no Brasil um sistema para coleta diária de alguns dados Centro de Estudos e Pesquisas em Tecnologia de Redes e Operações, CEPTRÓ – (2012), que representa através de gráficos, informações dispostas por indicadores sobre conexões, perda, atrasos e variações do atraso (*jitter*). O objetivo é detectar problemas de conexão de internet dentro e fora do Brasil. A indicação do valor da qualidade pode ser observada por cores no gráfico da seguinte forma:

Até 25% = Péssima;

De 25% até 50% = Ruim;

De 50% até 75% = Boa;

Acima de 75% = Ótima.

No Mapa da Qualidade do CEPTRÓ, como ilustrado na Figura 19, pode-se visualizar dados do enlace (qualidade da conexão) entre os continentes representados pelo Brasil, EUA, Europa e Ásia, obtidos em Abril de 2012. Naquele momento, indicava-se a ótima qualidade das conexões.

É possível observar que entre Brasil/EUA obteve-se o percentual de qualidade de (77,16%), Brasil/Europa (83,91%), Brasil/Ásia (92,95%), e qualidade geral dentro do Brasil (87.85%). No Brasil, existem alguns pontos de medida representados pelas letras entre A, B, C, D e E. Dentre estes, observa-se apenas a medida de qualidade entre A e E destacada em laranja como ruim (25% a 50%). No mapa da qualidade Figura 18, as informações de atraso e perda localizadas logo abaixo do mapa, podem ser obtidas ao posicionar o cursor na barra horizontal do percentual de cada país.

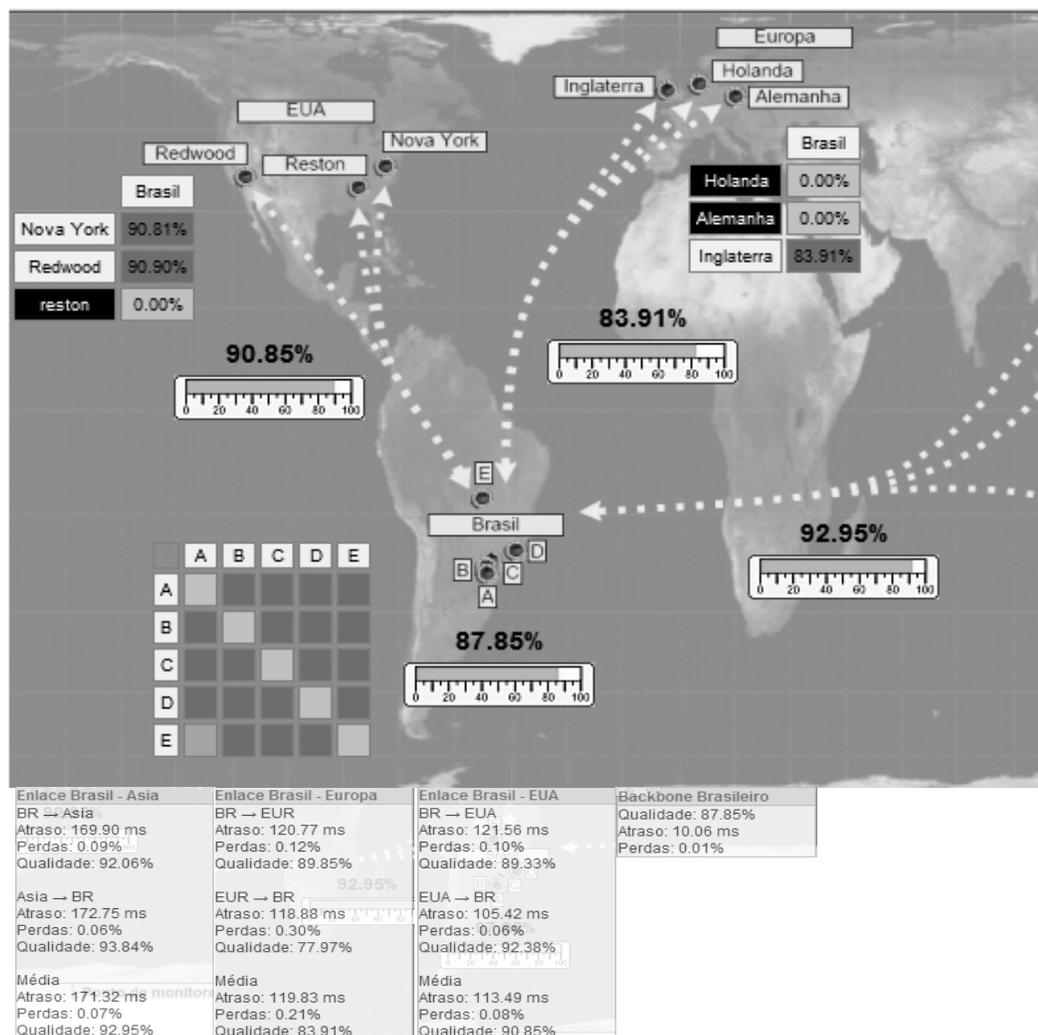


Figura 18 – Mapa da qualidade entre o Brasil, EUA, Europa e ASIA. Fonte: CEPTR0 2012

A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) destaca-se como pioneira no Brasil quanto ao acesso à Internet, operando a rede Ipê (óptica) com conexões multigigabits (acima de 1Gbps). A RNP está presente em 27 unidades da federação,

conectando mais de 800 instituições com aproximadamente 3,5 milhões de usuários através do seu backbone acadêmico. A RNP é mantida pelos ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), da Educação (MEC) e da Cultura (MinC).

A RNP, através da sua infraestrutura de rede avançada, mostra-se preparada para realizar experimentos que contribuam de forma integrada com o meio acadêmico, ciência e tecnologia, saúde e cultura. Na Figura 19, observa-se o leiaute do cabeamento da rede Ipê conectando as unidades da federação e suas respectivas velocidades.

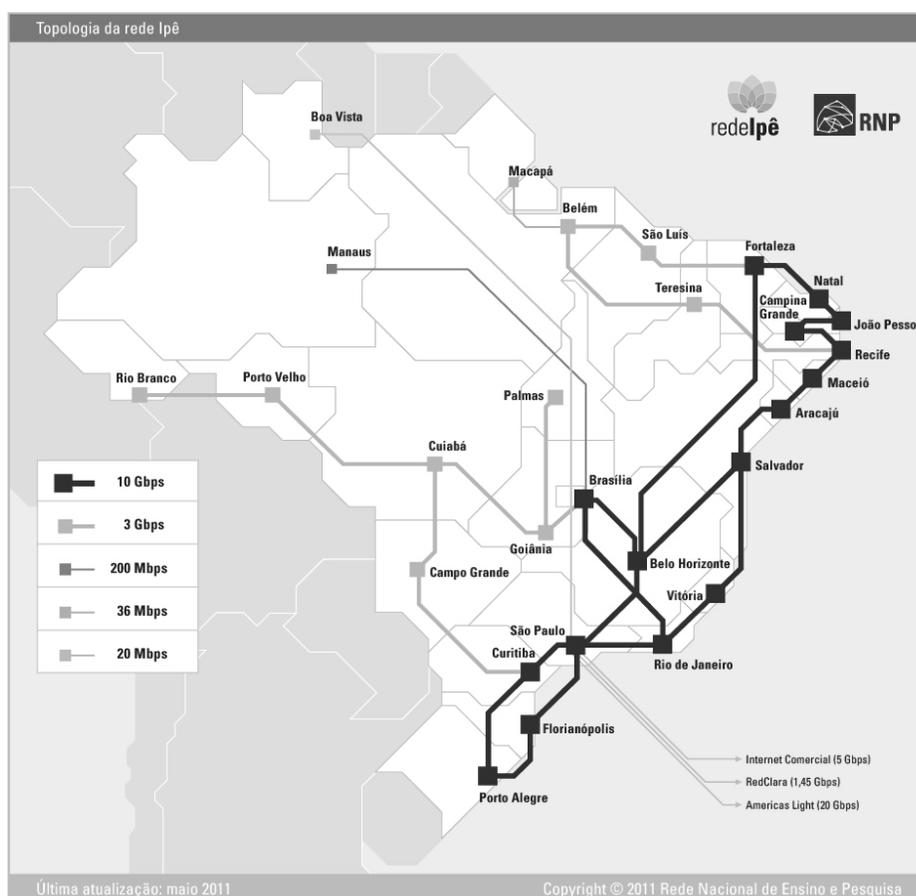


Figura 19 - Leiaute do cabeamento da rede Ipê da RNP. Fonte: RNP

2.1.9. RESUMO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS RELACIONADOS COM WEBLABS

Do lado do usuário, através de dispositivos como computador, tablet ou smartphone, realiza-se uma conexão remota via Internet através de um browser. Nestes dispositivos existem recursos de áudio e vídeo que fazem do acesso ao

laboratório uma experiência a ser percebida em tempo real. Conectado ao servidor do laboratório, o usuário tem acesso total ou parcial ao equipamento e aos parâmetros com os quais se deseja realizar um experimento. Comandos são efetuados e enviam-se sinais à interface de hardware que está ligada ao experimento. O processamento dos sinais é realizado, e elementos sensores enviam os resultados de tal processamento às saídas no hardware, atuando-se sobre o equipamento físico. Tudo pode ser acompanhado pelo usuário por recursos multimídia, que proporcionam ao usuário a sensação da operar localmente o equipamento. Este procedimento poderá ser realizado diversas vezes pelo usuário, com possibilidade de alterar parâmetros e fazer repetições do experimento.

O sistema de hardware proporciona a obtenção da real situação do sistema, local ou remoto, através da amplificação e transmissão de sinais de entrada e saída, captação de áudio e vídeo. É comum que controladores lógicos programáveis (CLP's), interface homem máquina (IHM) e sistema de aquisição de dados façam parte de projeto de Weblabs. Tais equipamentos são compostos por placas eletrônicas e portas de comunicação que estabelecem interface com outros equipamentos e fazem parte do projeto de Weblab como elementos de hardware. Outro detalhe destes equipamentos é a necessidade do uso de um padrão de comunicação com equipamentos que muitas vezes devem estar homologados para o correto funcionamento. Módulos de conversão de sinais e protocolos, como de porta serial para IP (Internet Protocol), são adotados para comunicar estes equipamentos com a Internet. Os dispositivos ou elementos de hardware devem possuir capacidade computacional e suportar as demandas de software para os possíveis acessos dos usuários. Um processo de agendamento para o uso do Weblab permite equilibrar o número de acesso em um horário determinado. Um cadastro pode ser realizado, onde o usuário informa seus dados pessoais, a data e hora, para o momento que deseja realizar o experimento (Delay, 2012).

Melhores resultados com Weblabs podem ser obtidos quando se disponibiliza uma infraestrutura de rede onde a capacidade dos computadores é dimensionada para a banda larga existente e a velocidade de processamento e armazenamento são adequados. Desta forma, não se ocasiona atraso no processamento dos dados e se possibilita que o usuário utilize os dados armazenados para análise e futuras tarefas. No que diz respeito à plataforma de software para Weblabs tanto do lado do

usuário como do lado do servidor há diversas possibilidades de software e tecnologias atualmente empregadas.

Quando se trata de softwares proprietários, a adoção do LabVIEW se torna uma referência devido a facilidade e capacidade de criar interfaces Web interativas, com uma programação baseada em fluxo de dados, na aquisição e manipulação de dados do mundo real. A adoção destes softwares está voltada para experimentos que envolvam medição e automação (HARWARD et al. 2008).

Quanto às tecnologias de softwares Web, o AJAX (Asynchronous Javascript And XML) é destaque nos projetos de Weblabs. Este destaque se deve as características indispensáveis aos experimentos de Weblabs do lado do usuário como: não necessitar instalação, uso em sistemas multiplataforma, aceitação por diversos browsers e para casos onde a interatividade com áudio e vídeo de alta resolução seja necessária. Neste último, é possível obter um alto desempenho em conjunto com o Adobe Flash. O AJAX adota o uso metodológico de tecnologias como Javascript e XML, providas por navegadores, para tornar páginas Web mais interativas com o usuário, utilizando-se de solicitações assíncronas de informações.

Do lado do servidor, as tecnologias mais indicadas são Python e Java. O Python oferece praticidade, ciclo rápido de resposta e principalmente código aberto. Com Java, um API (*Application Programming Interface*) padrão pode ser adotado em diversas plataformas, além de possuir uma comunidade open source com disponibilidade de bibliotecas para fazer as mais diversas tarefas, ser escalável, e a possibilidade de desenvolver tanto sistemas simples como complexos.

De modo geral, uma padronização no que se refere a plataforma, é motivada pela universalidade, segurança, combinação de tecnologias, modularização, integração e robustez. Diante destas características, as plataformas SOLA (Service Oriented Laboratory Architecture) e Serviços Web, permitem a reutilização, a modularidade e interoperabilidade da arquitetura utilizada nos Weblabs. Também possibilita na aplicação servidora uma elevada interoperabilidade, sem necessidade de recompilar quando ocorrer inserção, edição ou remoção de plug-ins. Além disso, oferece grande liberdade de escolha para desenvolver a aplicação no cliente em qualquer linguagem de programação ou tecnologia compatível com o código XML. Estas plataformas estão integradas a tecnologia Web AJAX onde se desenvolve interfaces interativas sem que seja necessário instalar Java no lado do cliente. A plataforma iLab Shared Architecture (ISA) do MIT, é uma outra opção que se

enquadra nas características citadas acima, com destaque o fato que já é adotada como uma plataforma unificada em diversos laboratórios on-line. No aspecto de segurança, recomenda-se o uso de um *firewall*. Sua função é servir como uma barreira de proteção, onde se controla o tráfego de dados entre o computador e a Internet, ou entre a rede onde o computador está instalado e a Internet. Outra característica do firewall é permitir somente a transmissão e a recepção de dados autorizados independente do tipo da rede ao qual o Weblab esteja conectado. Para este caso, um sistema de autenticação do usuário se faz necessário integrado ao agendamento feito pelo usuário para uso do experimento. Desta forma, são conservadas as informações sobre os usuários autenticados num banco de dados.

Exaustivos testes dos recursos de hardware e software que envolva a inicialização e configuração do sistema, análise e gerenciamento dos sinais, permitem verificar o correto funcionamento dos instrumentos ligados ao projeto, além de identificar se os mesmos estão calibrados.

O dimensionamento do Weblab é também atribuído à capacidade e ao tráfego da rede local, exigindo uma rede de alta velocidade à nível de Gigabyte (10^9) além das transferências de dados na Web.

Diante destas características observadas em experimentos de Weblabs, tem-se um ponto de partida para o desenvolvimento de futuros projetos de Weblabs

3. PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E SISTEMAS

3.1. BREVE REVISÃO DA LITERATURA SOBRE PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A abordagem sobre processos de desenvolvimento de produtos remete, inicialmente, a projetos. Toda organização que visa dispor no mercado produto ou serviço deveria considerar a orientação por projetos.

“Projeto”, segundo definição do PMBOK^RGuide 2000 (Project Management Institute, 2000), é uma ação única, delimitada no tempo, portanto com data para iniciar e terminar, com emprego de recursos, gerido por pessoas, orientadas a atingirem objetivos claros e conhecidos.

Dinsmore (2003) cita uma divisão dos projetos em ciclos de vida, caracterizando-os por ciclo de vida do projeto e ciclo de vida do gerenciamento do projeto.

Um conjunto de múltiplas fases e suas características particulares e necessárias para cada projeto está contido no ciclo de vida do projeto, e orientam o que precisa ser feito.

Outro conjunto de processos ordenados, porém com possibilidade de se sobrepor, visam guiar o bom gerenciamento do projeto. Os processos ocorrem ao menos uma única vez em cada fase do projeto. São classificados em cinco grupos: Iniciação, Planejamento, Execução, Controle e Encerramento, conforme mostrado na Figura 20.

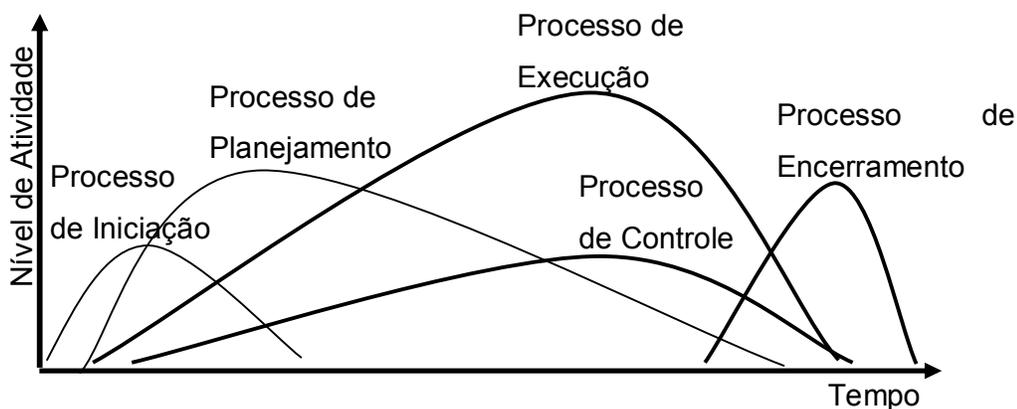


Figura 20 - Os processos de gerenciamento de projetos sobrepostos. Fonte: Dinsmore et al. (2003)

Back et al. (2008), apresentam de forma resumida a cronologia das principais referências bibliográficas da evolução no campo de conhecimento em projeto de produto. Destacam-se aqui apenas algumas destas referências apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 - Cronologia das principais referências bibliográficas da evolução no campo de conhecimento em projeto de produto

Asimov (1962)	Primeira bibliografia a orientar atividades realizadas no decorrer do processo de projeto de engenharia
Pahl e Beitz (1977)	A partir do conjunto de 36 artigos sobre a prática de projetos realizados na Alemanha os autores tornaram-se reconhecidos mundialmente na área de sistematização do processo de desenvolvimento de produtos. Seus artigos foram agrupados num livro e editados em vários idiomas, cuja obra continua a ser referência na atualidade.
VDI 2222 (1977)	Norma que apresenta uma sistemática de projeto de sistemas técnicos a partir dos resultados das pesquisas desenvolvidas na Alemanha e referenciadas nas obras de Pahl e Beitz (1972 a 77)
Back (1983)	Autor da primeira obra em português sobre metodologia de projetos de produtos industriais. O conteúdo adotado abordava características de projeto de produto em duas disciplinas na pós-graduação em engenharia mecânica da UFSC. Contribuiu para o reconhecimento da área de metodologia de projeto tornando-se uma obra de referência.
ASME (1986)	A ASME através de pesquisas buscava identificar os motivos que tornavam os produtos dos EUA menos competitivos quando comparados aos produtos do Japão e da Alemanha. Os resultados apontaram para qualidade inferior do projeto dos produtos devido a desatenção ao ensino e pesquisa no desenvolvimento de produtos.
Clausing (1994), Kusiak (1993), Ullman (1992)	Obras de referência pela grande quantidade de publicações no final da década de 1980 para metodologias de desenvolvimento de produtos com abordagens sobre engenharia simultânea, qualidade total, desenvolvimento integrado ou projeto para competitividade.

Fonte: Back et al. (2008).

Alguns modelos da tabela anterior e outros atualmente considerados referências na área são apresentados na sequência.

- Modelo de Pahl e Beitz (1996): possui ampla aplicabilidade; associado ao contexto de projetos de Engenharia Mecânica, conforme mostra a Figura 21.

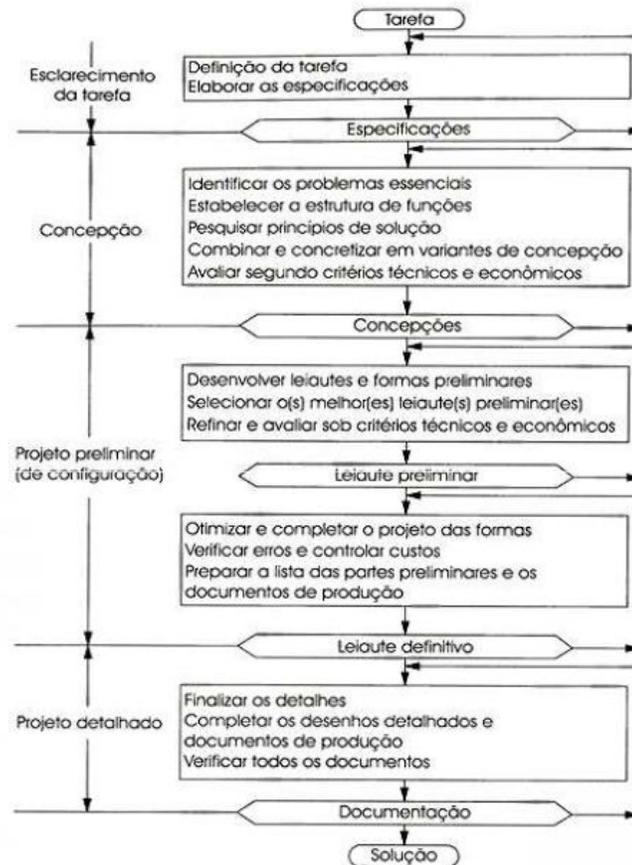


Figura 21 – Fases Processo de desenvolvimento de produto proposto por Pahl e Beitz (1996)

- Modelo PRODIP, Back et al. (2008) baseado em Romano (2003): aborda o Desenvolvimento Integrado do Projeto de Produtos, assim denominado, a partir do MR-PDMA (Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas). O modelo PRODIP abrange toda a organização como ilustrado na Figura 22. Apresenta uma evolução dos conceitos de Pahl e Beitz combinados com conceitos de Engenharia Simultânea.

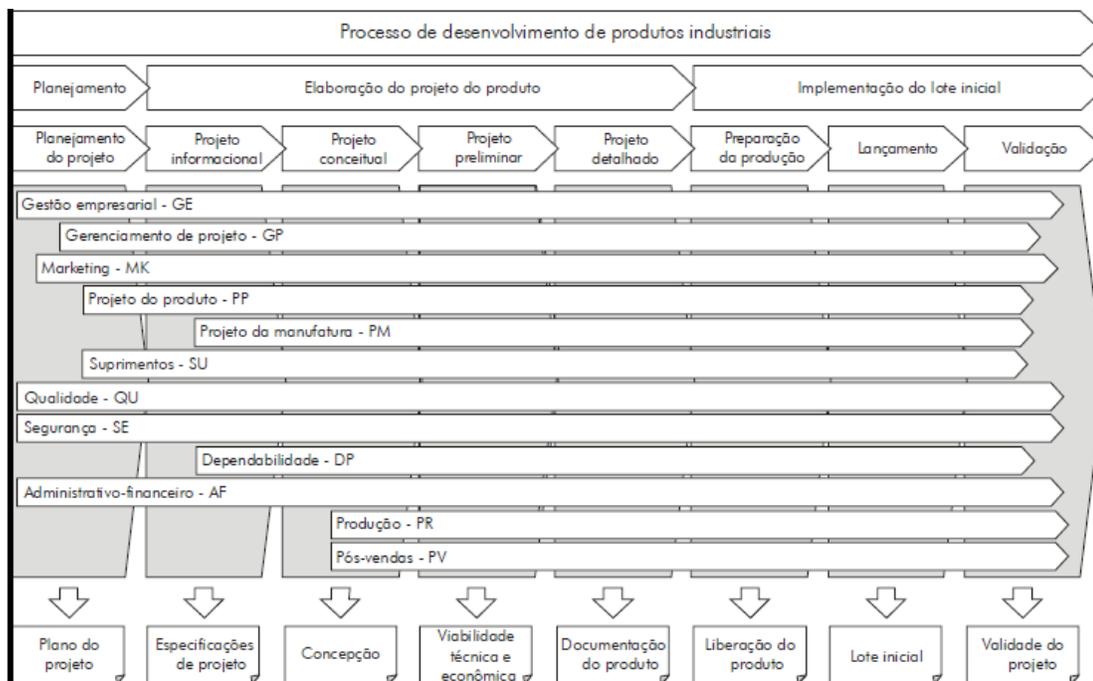


Figura 22 – Modelo PRODIP - Processo Integrado de Desenvolvimento de Produtos Industriais.

Fonte: BACK et al. (2008); Romano (2003).

- Modelo Unificado, Rozenfeld et al. (2006): voltado para manufatura de bens de consumo duráveis e/ou capital, com ênfase na tecnologia de fabricação mecânica, como mostra a Figura 23.

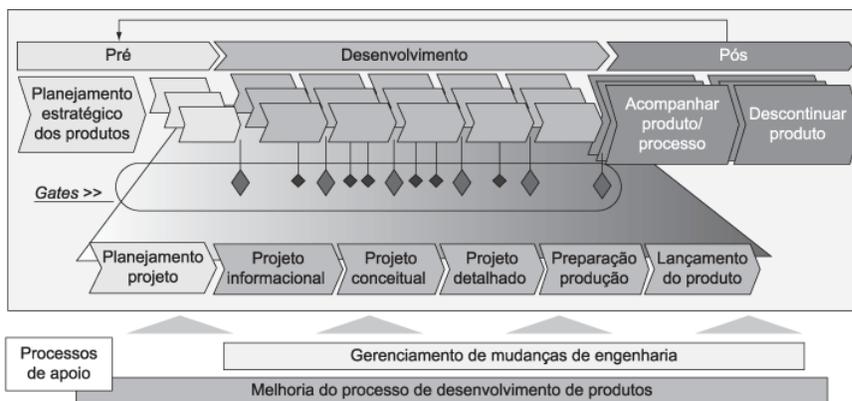


Figura 23 – Modelo Unificado - Processo de desenvolvimento de produto unificado. Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

3.2. UM MODELO EM QUATRO FASES

Segundo Back e Ogliari (2000), é praticamente um consenso as metodologias de projetos sistemáticos de produtos estarem organizadas em 4 fases (projeto

informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado) quando referem-se à macrofase de elaboração do projeto de produto e do processo de manufatura, pois permitem um fácil entendimento, caracterização e controle. Na próxima seção, serão descritas, de modo resumido, cada uma destas fases.

3.2.1. PROJETO INFORMACIONAL

Nesta fase, busca-se coletar informações vistas como requisitos inerentes ao produto, bem como suas restrições. A melhor identificação dos desejos e necessidades dos usuários nesta fase inicial permitirá uma melhor condução do projeto nas demais fases. Tomadas de decisão feitas nas fases iniciais definem o custo do projeto. Portanto, quanto mais cedo ocorrerem modificações, menor será o custo final. As informações coletadas nesta fase são traduzidas em requisitos de usuários (qualitativos), a partir dos quais são definidos os requisitos técnicos (quantitativos). Ao final desta fase, obtém-se uma especificação detalhada e documentada para o projeto.

Para Romano (2003), esta etapa corresponde à primeira fase do projeto de produto, onde se obtém as especificações do projeto de produto, o que é feito a partir da pesquisa das necessidades dos clientes até que se relacione com consistência os requisitos do projeto que melhor expressem essas necessidades. Entende-se por “clientes” o universo de todos os interessados no projeto e nos seus resultados.

Segundo Dinsmore (2003), os interessados podem ser: Gerente do projeto, Clientes, Organização executora, Membros da equipe de projeto, Patrocinador; Sociedade, Usuário final, Time ou equipe, Usuário final, Fornecedores.

3.2.2. PROJETO CONCEITUAL

A partir de uma análise da especificação da fase anterior e das restrições a serem observadas, deseja-se ter claramente identificado o problema a ser resolvido a partir da definição da função global aplicando-se o método da estrutura funcional. Neste caso, entende-se por “Função” a relação geral e desejada entre entrada e saída de um sistema técnico, com finalidade de cumprir uma tarefa. Por sua vez,

sistemas técnicos envolvem instalações, equipamentos, máquinas, aparelhos, subconjuntos ou componentes.

Inicia-se então uma busca por possíveis alternativas para as sub-funções, bem como combinações que levem à possíveis soluções. Ao final, será identificada uma ou mais soluções que melhor atendam aos requisitos da fase anterior.

Pahl e Beitz (2005) ressaltam a importância desta fase de concepção com relação às decisões tomadas, pela dificuldade de corrigir problemas nas etapas posteriores.

Esta advertência já fora apresentada por Downey (1969), Barton, Love e Taylor (2002), Smith e Reinertsen (1991), conforme ilustrado na Figura 24, destacando-se que a influências da atividade de projeto, seja nas fases de definição do custo do produto, de produção ou durante o ciclo de vida, podendo alcançar até cerca de 70% do custo total do produto.

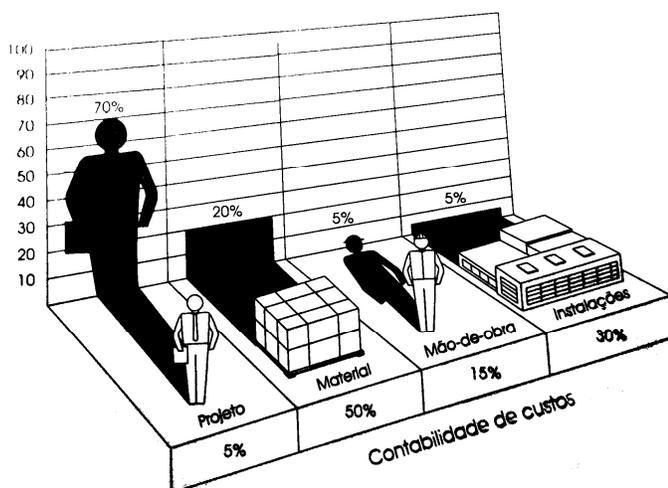


Figura 24 - Influência sobre o custo do produto, devido às decisões tomadas, referente ao projeto, ao material, à mão de obra e às instalações (Smith e Reinertsen, 1991).

Back (1983) comenta que esta técnica permite identificar as funções, bem como hierarquizá-las. Segundo (Cross, 1994), a técnica em particular tem foco em estabelecer as características desejadas em um novo projeto e não como obtê-las.

A Figura 25 apresenta um exemplo de estrutura de funções para um problema de beneficiamento de placas de plástico, indicando os fluxos de energia, material e sinais de sub-funções em uma estrutura de funções.

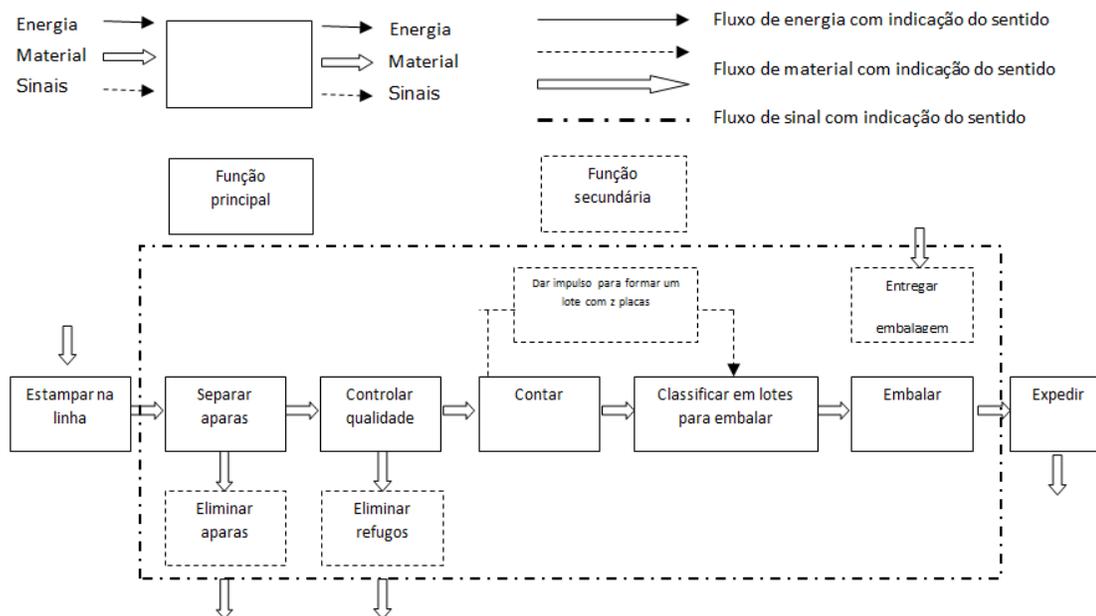


Figura 25 – Simbologia e representação de tipos de fluxos, sistema, e estrutura de funções. Fonte: Pahl e Beitz (2005).

Obtida a estrutura funcional do problema em questão, pode-se adotar a técnica da matriz morfológica na pesquisa sistemática de soluções adequadas ao problema geral de projeto. Cross (1994) apresenta em resumo os passos para aplicação da matriz morfológica:

- Identificar as funções essenciais ou a relação entre as características do produto;
- Descrever os meios em como obter as funções desejadas ou características do produto;
- Organizar as possíveis soluções em forma de tabela;
- Identificar as combinações possíveis das soluções parciais.

Com as soluções conceituais alternativas obtidas pela matriz morfológicas, pode-se observar uma combinação dos princípios de soluções funcionais.

Para seleção do melhor conceito de solução pode ser adotada uma matriz de avaliação do método Pugh, Pugh (1991). Nela, são atribuídos, a cada solução candidata, graus de desempenho ante critérios ponderados definidos pelo usuário/projetista, de modo que com as pontuações atribuídas pode-se ordenar as soluções segundo um desempenho global.

3.2.3. PROJETO PRELIMINAR

Durante esta fase, o objetivo principal é o dimensionamento e a definição do leiaute do sistema final. Podem ser aplicados nesta fase: leiautes, estudos de materiais, exame de soluções alternativas, protótipos, avaliações do processo de montagem, integração entre os elementos de hardware, software e sistema físico, entre outras análises e ferramentas de engenharia pertinentes.

Em linha geral, Pahl e Beitz (2005) destaca como atividades principais desta fase, a elaboração de leiautes preliminares e detalhados, os desenhos de formas e fornecem uma lista de verificação com as principais características para o projeto da forma.

Para Rozenfeld et al. (2006), esta fase denomina-se de projeto detalhado. O mesmo autor compara a fase anterior com a preliminar, através dos conceitos “top-down” e “bottom-up”, conforme Figura 26.

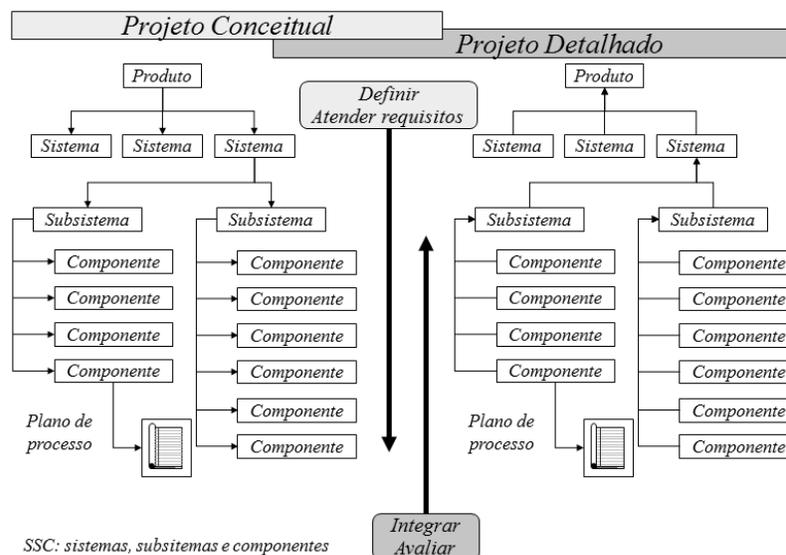


Figura 26 - Desdobramento de itens e sua integração ao projeto conceitual e detalhado (Rozenfeld et al. 2006).

Na fase conceitual desdobram-se os sistemas, subsistemas, até o nível de componente (*top-down*). Na fase de detalhamento, parte-se dos componentes ao sistema ou produto final (*bottom-up*).

Com foco no objetivo de desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, Back et al. (2008) informam ainda que nesta fase ocorre a aprovação da viabilidade econômica e financeira, enfatizando ser este o principal critério que habilita o projeto para a fase seguinte (após atualização do plano do projeto).

3.2.4. PROJETO DETALHADO

Nesta fase, segundo Pahl e Beitz (2005), toda a documentação para a produção é especificada tecnicamente. São elaborados documentos que instruem a operação, planejamento do trabalho, controle, produção e manutenção. A conclusão desta fase é a documentação da produção do produto projetado.

Rozenfeld et al. (2006) denominam esta fase de “Preparação da Produção do Produto”, onde o produto é certificado a partir de uma produção piloto e passa a estar apto para fabricação em série com autorização e lançamento oficial do produto. Para Pahl e Beitz (2005), a conclusão desta fase é a documentação da produção do produto projetado.

3.2.5. COMPARAÇÃO DE MODELOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, SISTEMAS

Diversos autores que abordam o tema de desenvolvimento de produtos apresentam subdivisões em fases, que são comparáveis entre si. Na Tabela 11 pode-se observar uma comparação apresentada por Romano (2003).

Tabela 11 - As fases do processo de desenvolvimento de produtos segundo a visão de diversos autores. (Romano, 2003)

Autores	Fases						
	Elaboração do projeto				Implementação		
	1	2	3	4	5	6	7
Baxter (1998)	Especificação do projeto	Projeto conceitual	Projeto de configuração	Projeto detalhado	Projeto para fabricação		
Magrab (1997)	Definição do produto	Geração de projetos viáveis	Avaliação dos projetos	Projeto do produto e do processo	Manufatura e montagem		
Pahl e Beitz (1996)	Clarificação da tarefa	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Projeto detalhado			
Hubka e Eder (1996)	Definição do problema	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Detalhamento	Protótipo e testes		
Clausing (1995)	Conceito		Projeto		Preparação	Produção	
Ulrich e Eppinger (1995)	Desenvolvimento do conceito		Projeto nível de sistema	Projeto detalhado	Teste e melhorias	Produção e lançamento	
Schulmann (1994)	Estudos preliminares	Criação	Execução tridimensional (modelos)	Realização (aperfeiçoamento técnico, protótipos e custos)	Industrialização		
Ulman (1992)	Planejamento (desenvolvimento da especificação)	Projeto conceitual	Projeto do produto (documentação)		Produção		
Wheelwright e Clark (1992)	Projeto do produto e projeto do processo de manufatura				Produção piloto	Lançamento	
Pugh (1991)	Especificação de projeto de produto	Projeto conceitual	Projeto detalhado		Manufatura		
Andreassen e Hein (1987)	Investigação da necessidade	Princípio do produto	Projeto do produto		Preparação da produção	Produção	
Bonsiepe (1984)	Definição do problema	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto (avaliação, decisão, escolha)	Realização	Análise final da solução		
Back (1983)	Estudo de viabilidade		Projeto preliminar	Projeto detalhado, revisão e testes	Planejamento da produção	Planejamento de marketing	
Barroso Neto (1982)	Definição do produto	Anteprojeto geração de alternativas	Projeto	Construção do protótipo	Produção experimental		
Bomfim, Nagel e Rossi (1977)	Compreensão da necessidade	Processos de solução e análise	Desenvolvimento		Implantação		
Archer (1974)	Pesquisa preliminar	Estudos de exequibilidade	Desenvolvimento do desenho do produto	Desenvolvimento do(s) modelo (s)	Estudos de comercialização	Desenvolvimento da produção	Planejamento da produção
Cain (1969)	Investigação	Concepção de projeto	Projeto do produto	Desenvolvimento do produto	Teste	Documentação para produção	

Pahl e Beitz (2005) são autores reconhecidos pela sistematização do processo de desenvolvimento de produtos. Back et al. (2008) estruturaram processos e métodos empregados no projeto de produtos industriais a partir da sua experiência de pesquisa e ensino no NeDIP/UFSC (Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos). Sua obra conduz a maneira de planejar, especificar e conceber projeto de produtos integrados orientados por uma metodologia.

Rozenfeld et al. (2006) fazem uma abordagem para projeto genérico com foco na manufatura de bens de consumo duráveis e/ou capital, com ênfase na tecnologia

de fabricação mecânica. Como exemplos, citam-se equipamentos, eletrodomésticos (linha branca), automóveis.

Romano (2003) aborda um Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA). Este modelo, mostrado na Figura 27, visa sistematizar e integrar processos para o desenvolvimento de um produto industrial em concordância com o portfólio de produtos e com o plano estratégico de negócios da organização.

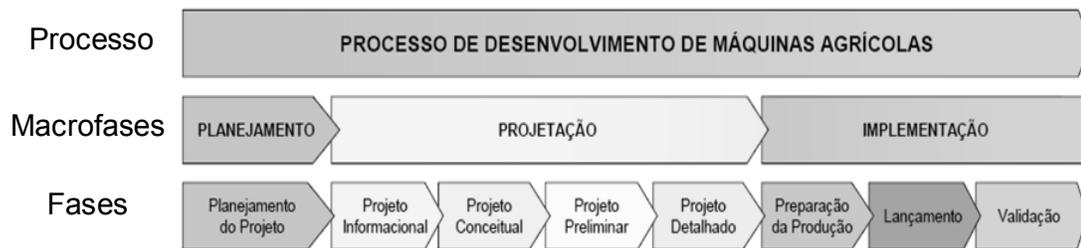


Figura 27 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR-PDMA). Fonte: Romano (2003).

Os modelos abordados pelos autores Pahl e Beitz (2005), Back et al. (2008), Rozenfeld et al. (2006) e Romano (2003) são reconhecidos no meio acadêmico por suas obras de referência na área de conhecimento em gestão de desenvolvimento de produtos, projeto na engenharia e projeto integrado de produtos. Para efeito de referência desta dissertação, será tomado como base o modelo de referência MR-PDMA, apresentado por Romano (2003) na proposta de um novo modelo de referência para o desenvolvimento de projetos de Weblab.

O MR-PDMA apresenta de forma clara o processo dividido em macrofases, fases, atividades e tarefas. As atividades e tarefas serão abordadas adiante.

As Macrofases dividem-se em três:

- Planejamento: refere-se ao planejamento do novo projeto tendo como resultado o plano do projeto do produto;
- Projeção: elabora-se o projeto do produto e o plano de manufatura. Esta macrofase subdivide-se em quatro fases nomeadas de projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. São obtidos ao final de cada fase os seguintes resultados em sequência: especificações do projeto, concepção do produto,

aprovação da viabilidade técnica e econômica e documentação completa do produto;

- Implementação: descrição do processo de fabricação da produção da empresa e finalização do projeto. Nesta macrofase há subdivisão em três fases denominadas e sequenciadas em preparação da produção, lançamento e validação. Os resultados de cada fase são ordenados pela aprovação do produto, produção do lote piloto e a validação do produto.

Ao final de cada uma das oito fases que compõem o processo de desenvolvimento de produtos, são relacionadas lições aprendidas, revisa-se o plano do projeto e a viabilidade econômica e financeira.

As fases decompõem-se em atividades que resultam na subdivisão de tarefas. Para facilitar a compreensão dos desdobramentos das fases de projeção, o autor apresenta um modelo, como mostrado na Tabela 12, com atividades e tarefas. As atividades são sequenciadas de forma a facilitar o armazenamento das informações sem impedir que as atividades ocorram ao mesmo tempo.

Tabela 12 - Modelo de tabela de desdobramento das fases de projeto do produto. Fonte: Adaptado de Romano (2003).

Fase do processo de desenvolvimento de produto						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
n	Entradas da atividade Xn	Atividade Xn	Xn1	...	...	Saídas da atividade Xn
			Xn2	...	...
			Xn3	...	...
			Xn4	...	...
			
n+1	...	...	...	...	...	...
Indicação do número de ordem da atividade da etapa	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos mecanismos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos oela execução da atividade

A tabela também apresenta elementos, como ilustrado na Figura 28, denominados de entradas, recursos, controles e saídas, descritos a seguir:

- Entradas: informações por processar ou objetos tangíveis a serem alterados pela tarefa;
- Recursos: informações e recursos tangíveis às ações necessárias às tarefas compostas por métodos, técnicas, ferramentas;
- Controles: uso de informações para acompanhar e dirigir a tarefa;
- Saídas: informações processadas ou objetos tangíveis alterados pela tarefa onde se obtêm um resultado produzido pela tarefa;

As saídas podem servir de *entradas* para outras atividades ou tarefas seguintes.

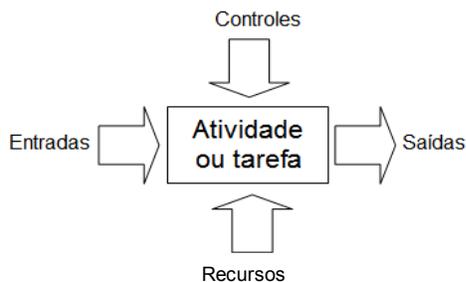


Figura 28 - Elementos na descrição de atividades ou tarefas. Fonte: Romano (2003).

Em resumo, um índice ordena as atividades descritas para processar as informações das entradas para a realização das atividades e tarefas a serem executadas no âmbito dos domínios de conhecimento. Os domínios de conhecimento remetem às pessoas e suas habilidades para realização das tarefas. Tais domínios são complementados por recursos e controles, que geram resultados para as atividades e tarefas seguintes.

3.3. UMA PROPOSTA VOLTADA PARA WEBLABS

Dentre os diversos modelos abordados anteriormente, pode-se observar a existência de características similares no contexto das suas fases e atividades propostas. Os modelos clássicos de metodologia de desenvolvimento de produtos têm a proposta de ser desvinculados de algum tipo de produto ou sistema em particular, mantendo alto grau de generalidade. Historicamente, entretanto, a maioria desses modelos teve origem em conhecimentos relacionados com projetos no domínio da engenharia mecânica.

Tomando-se um modelo generalista e aprofundando-o em suas prescrições para determinado *tipo* de produto ou sistema, pode-se chegar a um modelo de referência para um tipo específico de projeto, que se situe em uma profundidade intermediária, entre o genérico e o muito específico, e que seja de grande valia para o projetista do tipo de sistema em questão. Se a equipe de projeto for pouco experiente no tema, então maior é a contribuição do modelo de referência para o seu trabalho.

Neste sentido, um modelo intermediário orientado para o processo de desenvolvimento de WebLabs, organizado de forma sistemática, foi proposto por Mendes et al. (2010). Uma característica deste modelo está na divisão de parte das suas fases em três camadas: sistema físico, hardware e software. Esta divisão é característica em sistemas com conteúdo de automação, mecatrônicos ou que apresentem parte importante de suas funções implementadas em software.

Como uma ferramenta de auxílio ao projeto de Weblabs, os autores buscaram orientar de forma integrada a equipe de projeto, mesmo que inexperiente, com possíveis benefícios relacionados à redução do tempo de execução, e com a maior probabilidade de percepção dos erros de projeto logo nas fases iniciais, onde corre-se maior risco de onerar em maior medida as fases seguintes.

Sua abordagem se dá pelas seguintes fases: definição de requisitos do cliente; especificação técnica do sistema; síntese conceitual; análise, simulação e dimensionamento; detalhamento e documentação; integração, testes e operacionalização, representadas, respectivamente, na Figura 29.

O modelo citado para o Processo de Desenvolvimento de Weblabs, pode ser expandido e integrado ao Modelo de Referência do Processo de Desenvolvimento

de Máquinas Agrícolas. Desta forma, a proposta do modelo de referência para o desenvolvimento de projetos de Weblab tomará como base um modelo reconhecido no meio acadêmico para aliá-lo a uma visão para o processo de desenvolvimento de Weblabs. A presente proposta do modelo de referência visa sistematizar e integrar processos para o desenvolvimento de projetos de Weblabs para emprego em educação na área engenharia, agregando conhecimentos em gestão de desenvolvimento de produtos, projeto na engenharia, projeto integrado de produtos ligados à engenharia de hardware, software e sistema físico.

Nenhum software funciona sem o hardware, que é a parte física de um equipamento. É através dele que as operações e funções são realizadas.

No desenvolvimento de um produto, são previstas funções ao qual se deseja inserir e neste contexto, o hardware deve preencher todos os requisitos necessários.

A engenharia de hardware trata da projeção dos sistemas formados pelas tecnologias de eletrônica analógica, digital, microprocessadores, microcontroladores, plataformas FPGA, sistemas de I/O de sinais analógicos e digitais, sistemas de alimentação e potência, que podem ser aplicadas isoladamente ou uma combinação destes.

A engenharia de software aborda a teoria e a prática, bem como metodologias e técnicas da computação, no processo de desenvolvimento de sistemas de software. Nessa área, busca-se investigar e desenvolver soluções de software de pequeno, médio e grande porte para os mais diversos tipos de aplicações. Uma característica inerente no desenvolvimento de software é a possibilidade de se testar frequentemente a aplicação, em oposição a dificuldade de se fazer o mesmo no caso de sistemas físicos.

O sistema físico está relacionado aos elementos, componentes, dispositivos, que compõem a planta física do experimento, tais como sustentação mecânica, acessórios elétricos, materiais e substâncias, elementos de fixação, dentre outros conforme o contexto.

Na Figura 29, visualiza-se a correspondência entre os modelos e a estrutura de representação para o modelo de referência.

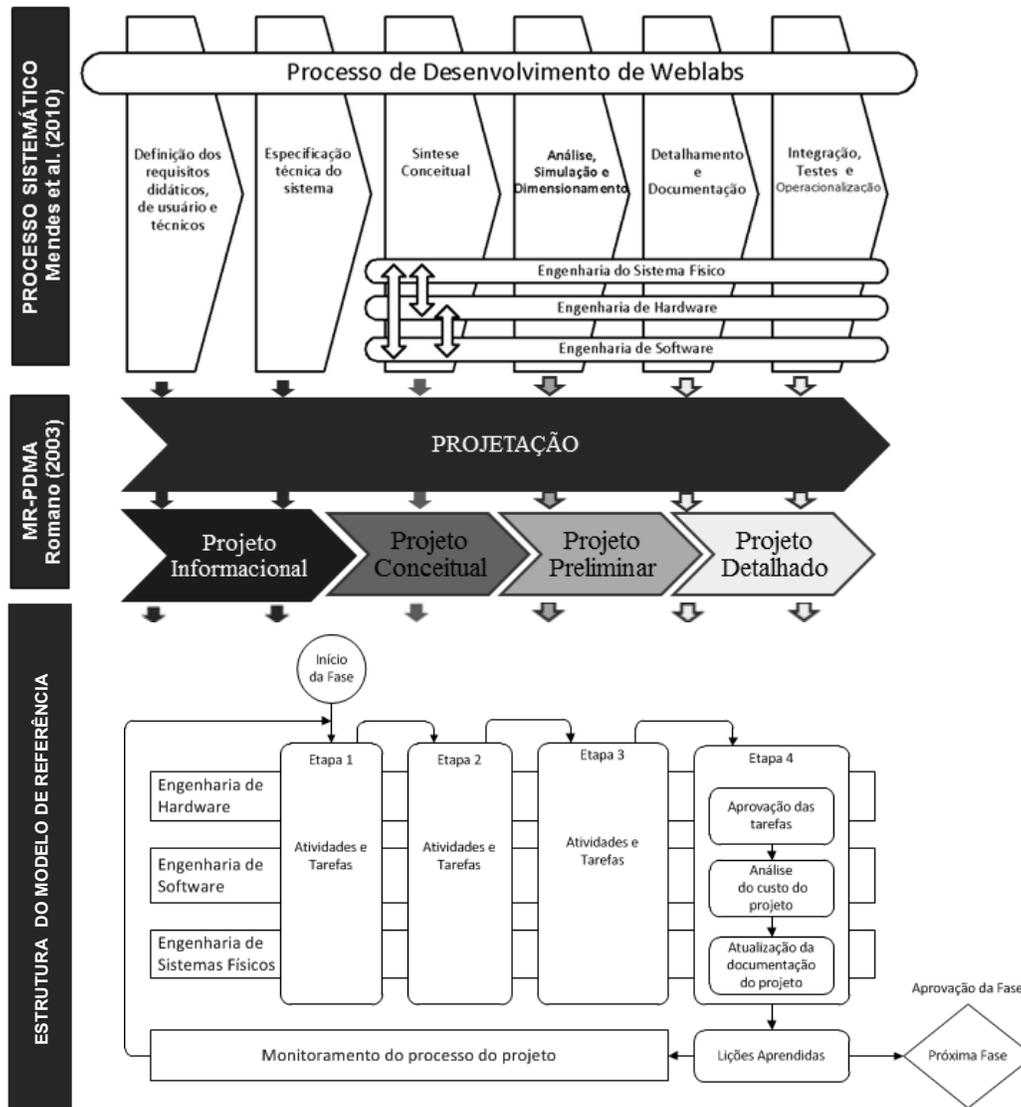


Figura 29 – Expansão e integração entre os modelos e a estrutura de representação da proposta do modelo de referência de desenvolvimento de projetos de Weblabs. Fonte: Adaptado de Mendes et al. (2008); Romano (2003).

4. DETALHAMENTO DE UM MODELO DE REFERÊNCIA PARA PROJETOS DE WEBLABS.

Os capítulos anteriores fornecem dados, elementos e informações que servirão de base (não limitada) ao detalhamento da proposta de um modelo de referência deste capítulo. A estrutura de organização e formato do modelo baseiam-se na Tabela 12 e na Figura 28 do sub-capítulo 3.2.5. Assim, 'recursos' são representados por métodos ou ferramentas, tais como: método QFD, análise funcional, matriz morfológica e método de Pugh; 'controles' são utilizados para o registro e monitoramento dos resultados obtidos da tarefa. Ao longo do detalhamento desta proposta, serão apresentados fluxogramas e tabelas para orientação das fases de projeção, que descrevem as sequências de atividades e tarefas do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs.

Com base no exposto, foi definido o seguinte procedimento:

- a) Representação do modelo proposto de forma gráfica e descritiva;
- b) Representação em macrofases e fases;
- c) Descrição das saídas para cada fase, considerando-se seu uso na entrada da fase seguinte;
- d) Descrição das atividades e tarefas de cada fase, com orientação sequencial das mesmas;
- e) Avaliação do processo ao final de cada fase e das lições aprendidas.

Considera-se que, anteriormente à fase de projeto informacional, a equipe de projeto já tenha sido formada e recebido o planejamento do projeto (incluindo um plano de gerenciamento de comunicação, de documentação e um cronograma do projeto, de forma a organizar as atividades, sua sequência, tempos e recursos). Dentro do possível, sugere-se o uso de um software de gerenciamento de projetos para o controle de informações. A partir do cronograma de desenvolvimento, o início e o fim do projeto são conhecidos e as principais atividades e tarefas orientam ao que se espera realizar. Uma estrutura para o plano de projeto, nos moldes daquela usado por Romano (2003), inclui:

- a) Declaração do escopo do projeto;
- b) Estrutura de decomposição do projeto;
- c) Classificação do risco do projeto;
- d) Equipe de gerenciamento do projeto;
- e) Lista de atividades do projeto;
- f) Lista de recursos físicos;
- g) Equipe de desenvolvimento do produto;
- h) Cronograma de desenvolvimento;
- i) Custo estimado dos recursos físicos;
- j) Orçamento para desenvolvimento;
- k) Documentação e gerenciamento das comunicações;
- l) Aplicação de normas de segurança;
- m) Restrições de projeto;

A lista acima foi adaptada para as características de projetos de Weblabs uma vez que a lista original tem foco preferencialmente organizacional.

Neste ponto, cabe comentar que três atividades são recorrentes ao final de cada fase do processo de desenvolvimento subsequente.

A primeira delas é a atividade de “Aprovação, análise e atualização do projeto” que submete a fase do projeto à aprovação das especificações de projeto, ao controle dos custos, à atualização do plano de projeto e à aprovação conforme a Tabela 13. As especificações do projeto surgem dos requisitos de projeto. Os requisitos de projeto identificados na fase inicial serão comparados com as especificações técnicas. A definição dos valores-meta é feita pela equipe de projeto, bem como a forma de avaliá-los no projeto. Ao final ocorre o registro e documentação de todas as informações, seja através de um sistema ou de forma física. Uma vez avaliados e aprovados os resultados obtidos das atividades, a fase em questão estará finalizada e se poderá seguir à fase seguinte. Não sendo aprovada pelo líder, o projeto deve ser revisto.

Tabela 13 – Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs – Avaliação da fase.

Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs - Avaliação da Fase						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
	Avaliação do líder de projeto	Aprovação, Análise e Atualização do projeto	Aprovar as especificações de projeto	Análise das especificações, registro da aprovação, documentação do projeto	Documento descritivo	Especificações de projeto aprovadas
			Analisar o custo do projeto	Reunião da equipe de projeto. Análise dos recursos financeiros.	Análise do plano do projeto	
			Atualizar do plano de projeto	Reunião da equipe de desenvolvimento do projeto. Lista das atividades, Cronograma e orçamento de desenvolvimento, Plano do projeto	Documento descritivo, especificações de projeto, recursos físicos disponíveis	
Indicação do número de ordem da atividade da etapa	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos mecanismos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da tarefa	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos pela execução da atividade

A segunda atividade a se repetir em todas as fases é denominada “lições aprendidas”, conforme a Tabela 14.

Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs - Lições Aprendidas						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
	Lições aprendidas	Registrar as informações decorrentes das atividades executadas na fase	Identificar e registrar as lições aprendidas	Reunião da equipe de projeto.	Documento descritivo, checklist das atividades realizadas.	Boas práticas de projeto
				Lições aprendidas	Documento descritivo	
Indicação do número de ordem da atividade da fase	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos recursos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da tarefa	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos pela execução da atividade

Tabela 14 – Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs – Lições aprendidas.

À medida que a equipe de projetos ganha experiência, novos conhecimentos são obtidos e podem ser compartilhados com a equipe. Tais lições podem ser expressas, discutidas e registradas ao final da fase corrente. Deseja-se, com esta atividade, gerar um histórico de boas práticas.

Paralelamente em todas as atividades durante a execução das fases do projeto ocorre o monitoramento do processo do projeto com o objetivo de monitorar o cronograma, as atividades, custos, riscos envolvidos, desempenho da equipe e registro das informações na documentação do projeto.

O monitoramento do processo e atualização das informações são fundamentais para a equipe no decorrer do desenvolvimento do projeto e diminuir assim o risco do projeto.

A partir deste ponto, serão descritas as atividades e tarefas do modelo de referência proposto para o desenvolvimento de Weblabs.

4.1. Fase do Projeto Informacional

Nesta fase inicial do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs, busca-se levantar informações dos usuários que servirão de requisitos e restrições no decorrer do desenvolvimento. O fluxograma apresentado na Figura 30 descreve as atividades desta fase.

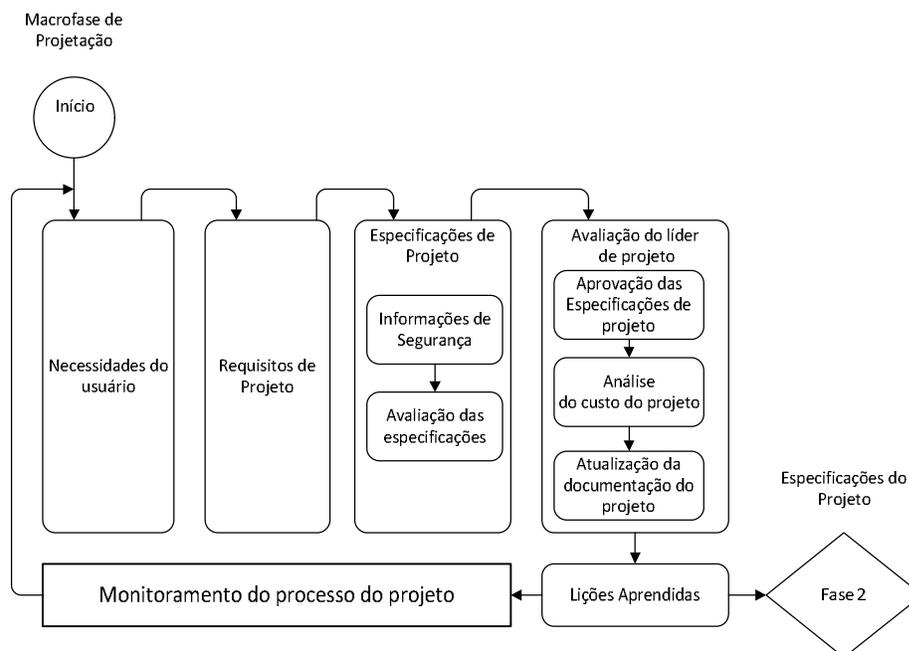


Figura 30 - Fluxograma da Fase do Projeto Informacional

Os dados originais devem ser tratados para posteriormente serem convertidos em requisitos do usuário. O termo “usuário” refere-se às pessoas que vão operar o experimento, seja localmente ou remotamente.

Ao levantar as necessidades do usuário, é importante observar que estas não são expressas em linguagem técnica; desta forma, sugere-se que a interpretação dos diferentes aspectos seja feita minuciosamente antes de transformá-los em requisitos técnico ou de projeto.

Na definição de requisitos de usuário para o projeto de Weblabs, consideram-se aspectos como:

- Garantir a eficiência didática do experimento;
- Garantir a disponibilidade do experimento;
- Possibilitar que usuários trabalhem colaborativamente;
- Facilitar o uso ou operação do equipamento;
- Permitir interação do usuário com o equipamento;
- Permitir agendamento do experimento;
- Obter proximidade com a realidade;
- Disponibilizar a seleção de múltiplos idiomas;
- Monitorar a execução dos comandos;
- Orientar os procedimentos do usuário;
- Avaliar os conhecimentos adquiridos pelo usuário;
- Permitir salvar arquivos, gerar relatórios e gráficos;
- Gerenciar acesso/agendamento de usuários;
- Permitir acesso de diferentes sistemas operacionais;
- Permitir análise dos dados experimentais;
- Atender às normas de segurança;

As necessidades do usuário podem ser obtidas e organizadas através de métodos, ferramentas e documentos auxiliares, tais como: questionário estruturado, entrevista, check-list, brainstorming, QFD (Desdobramento da Função Qualidade).

A ferramenta Matriz da Casa da Qualidade pode ser utilizada para a conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto, considerando diversos atributos de hardware, software, comunicação, infraestrutura de rede, sistemas

operacionais, *frameworks*, tipos de sinais entre outros. O objetivo da conversão dos dados qualitativos em quantitativos é transformá-los em informações de projeto.

Um exemplo de aplicação da Matriz da Casa da Qualidade do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade) para um Weblab de uma planta de processo térmico, pode ser visto no Apêndice 1.

Abaixo podem ser observadas 20 questões que contribuem para reflexão no processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs.

- 1 – A interface do WebLab é amigável?
- 2 – Há instruções para o uso do WebLab de forma clara e eficaz?
- 3 - A interface gráfica aprimora a experiência de aprendizagem?
- 4 - A interface gráfica apresenta dados de uma maneira clara e coerente?
- 5 – O usuário consegue perceber qual a contribuição do WebLab no seu aprendizado?
- 6 – O experimento do WebLab traz ao usuário uma experiência positiva ao utilizá-lo?
- 7 – Há uma indicação dos conhecimentos necessários do usuário para a execução do experimento ?
- 8 – É possível visualizar como os dispositivos disponíveis no experimento funcionam?
- 9 – O experimento conduz o usuário ao raciocínio sobre o comportamento dos dispositivos?
- 10 – O experimento permite a construção de conceitos após utilizá-los?
- 11 – Os conceitos apresentados e discutidos em sala, ou em material didático são claramente percebidos e aplicados no experimento?
- 12 – O experimento permite compreender as variáveis envolvidas no experimento?
- 13 – O usuário consegue executar e compreender quais os dispositivos estão envolvidos no experimento de forma intuitiva?
- 14 – É possível formular conceitos sobre o comportamento dos dispositivos após o uso do experimento?
- 15 – Há algum material que o usuário possa utilizar para compreender previamente o processo que envolve o experimento?
- 16 – O usuário pode testar os conhecimentos adquiridos ao final do experimento?
- 17 – O Weblab provoca no usuário a sensação de estar operando o experimento localmente?

- 18 – O usuário sentiu-se seguro, sem receio de provocar danos ao equipamento na operação do experimento?
- 19 – O experimento permite trabalhar colaborativamente?
- 20 – Há possibilidade de salvar os resultados obtidos na execução do experimento?

Uma sugestão acerca da organização dos requisitos durante o processo de desenvolvimento de Weblabs é classificá-los em didáticos, de usuário final e técnicos.

Um conjunto inicial de elementos para auxiliar na definição de requisitos é mostrado na Tabela 15, para uso na primeira fase do projeto. Esses elementos, aqui denominados “fontes de requisitos”, consistem de observações e ideias para exame pela equipe de projeto, e servem para sugerir requisitos que podem, ou não, ser adotados no projeto de um determinado Weblab.

Tabela 15 – Grupo de fontes de requisitos para o desenvolvimento de WebLabs.

Fontes de Requisitos didáticos
O usuário deve possuir um conhecimento prévio sobre o assunto antes de realizar o experimento.
O usuário deve ser inserido num contexto que o remeta a atividades que tenham propósito e significado.
O usuário deve ser levado a analisar, refletir e obter a solução a partir das suas experiências.
As informações aos usuários devem ser claras e objetivas, permitindo interpretação adequada à realização do experimento.
Os experimentos podem permitir a seleção de atividades ao nível de conhecimento de aprendizagem partindo do básico ao avançado.
Os usuários devem ser informados sobre os conhecimentos necessários para realizar o experimento e o objetivo a ser atingido.
Os usuários devem obter seus índices de desempenho na realização dos experimentos através de uma ferramenta de avaliação.
Fontes de Requisitos de Usuário
O usuário deve ser orientado em como proceder na utilização do experimento e realização das tarefas por meio de tutoriais e ou <i>help</i> do sistema.
O experimento deve ser desenvolvido sobre ambiente didático.
O experimento deve dar a sensação de operação local.
O experimento deve permitir ao usuário operações simples e intuitivas sobre todos os aspectos.
O experimento deve permitir a escolha de outros idiomas.
O usuário deve ter acesso independente do sistema operacional em uso.
Os dados processados em geral pelo experimento devem ser disponibilizados ao usuário para sua análise em forma de arquivos.
O experimento poderá estar disponível em tempo integral.
O usuário poderá realizar agendamento para uso do experimento
O experimento deve permitir total segurança ao usuário e laboratório seja local ou remotamente.
O experimento deve permitir compartilhar de forma interativa entre mais de um usuário simultâneo as experiências obtidas.
Um sistema deve gerenciar todos os procedimentos dos usuários.

Continua ... Fontes de Requisitos Técnicos
O experimento deve estar em conformidade às normas e procedimentos de segurança necessários a sua execução.
O experimento deve gerenciar usuários, o acesso, agendamento e tempo de execução.
O sistema deve ser construído sobre uma arquitetura flexível e permitir atualização, expansão do sistema de maneira simples.
O experimento deve permitir o compartilhamento e monitoramento das informações de forma interativa entre múltiplos usuários, porém com o experimento sob o controle de um único usuário.
O experimento deve oferecer o acesso em tempo integral;
O experimento deve oferecer qualidade de operação satisfatória e tempo de resposta aceitável mesmo quando não operar em banda larga.
Impedir acesso a parâmetros quando não fizerem parte da realização do experimento.
Disponer de operações suficientes para a realização do experimento sem que estas sejam em grande número.
Disponer de recursos multimídia (áudio e vídeo) gerenciável que permita obter a sensação de se estar presente junto ao experimento mesmo remotamente.
Permitir acesso ao experimento por diversos recursos móveis como smartphones, Tablets, notebooks, entre outros.
O experimento deve explorar o cognitivo do usuário durante a realização das atividades.

Especificações técnicas devem ser mensuráveis na prática (quantitativas) e expressar o desempenho desejado no final do projeto. Propõe-se aqui uma lista de fontes de especificações técnicas, mostradas na Tabela 16, comumente utilizada em projetos de Weblabs.

Tabela 16 – Lista de fontes de especificações técnicas.

Fontes de especificações técnicas
Conexão de rede - banda larga
Capacidades para computadores locais e remotos
Medidas de qualidade de vídeo conferência
Intervalos de variação das variáveis / parâmetros do sistema e taxas de atualizações
Medidas para incertezas admissíveis e sinais de saída.
Limitações das experiências e tempos de execução
Simulação independente ou usuários colaborativos
Restrições e limitações do sistema físico
Uso de energia
Segurança de modo geral
Disponibilidade do Weblab

Ressalta-se que esta lista não é definitiva e pode ser ampliada com ideias advindas da diversidade de aplicações e características específicas de projetos Weblabs.

Na Tabela 17 são exemplificados alguns requisitos de projeto (técnicos) e suas características (quantificáveis), que visam atender aos requisitos do usuário citados acima.

Tabela 17 – Requisitos de projeto (técnicos).

Requisitos	Descrição / Características
Quantidade de operações do usuário	Número de ações que o usuário realizará para operar o experimento
Quantidade de formas de interação com o usuário	Meios de comunicação como chat, fórum, etc.
Quantidade de pontos de visualização por câmeras	Possibilidade de visualizar o experimento por mais de uma câmera ou múltiplos pontos de visualização.
Quantidade de parâmetros configuráveis	Número de parâmetros (variável do experimento, geralmente valor numérico) que o usuário poderá configurar.
Grau de detalhamento das instruções	Grau de informação dada ao usuário para orientar em suas ações no experimento. Podendo ser utilizada uma escala de 1 a 5 envolvendo texto, som ou vídeo. Ex: resumida, explicada, detalhada, imagem, multimídia.
Número de formas de avaliação disponíveis	Quantidade de avaliações que podem ser realizadas pelos usuários como exemplo: múltipla escolha, comparação de medidas, teste de funcionamento, comparação de especificações, etc.
Número de sistemas operacionais	Acesso multi-plataforma (Windows, Linux, Unix, Apple, Palm OS, iOS)
Espaço local de armazenamento de dados	Tamanho do espaço local disponibilizado para armazenamento de informações geradas pelo usuário durante o experimento.
Número de repetições do experimento	Quantas vezes o usuário poderá repetir a realização das operações do experimento num espaço de tempo.
Largura de banda de rede	Quantidade de dados (bits/s) que podem ser transmitidos numa comunicação em rede, em um determinado intervalo de tempo
Índice de disponibilidade do sistema	Qual o índice em que o sistema permanece ativo para a realização do experimento 0 a 100%. Tempo que o sistema estará disponível podendo chegar às 24h/dia.
Número de telas	Número de interface que o usuário terá que acessar para realizar o experimento
Índice de segurança	Grau de segurança ou fator de segurança, representado por um percentual ligado ao risco ou danos materiais ou pessoais que o experimento oferece. Quanto maior for o risco, maior o coeficiente.
Quantidade de Idiomas	Número de idiomas que o experimento disponibiliza além do idioma nativo.

Continuação... - Requisitos	Continuação... - Descrição / Características
Quantidade de usuários simultâneos	Contagem do número de usuários que acessam ao experimento num determinado momento.
Número de dispositivos de acesso	Número de dispositivos que poderão acessar os experimentos como: PC's, notebooks, PDAS, celulares, smartphones, etc.
Tempo médio de alocação do usuário	Tempo que o usuário utiliza para realizar o experimento através de um agendamento.
Tempo de resposta do sistema	Desempenho do sistema em responder as alterações dos parâmetros, atualização de imagens, a execução de um acionamento, etc.

Uma vez que estejam definidos os requisitos de usuário e de projeto pela equipe, sugere-se que os mesmos sejam avaliados pelos usuários.

A definição de valores-meta para os requisitos de projeto também auxilia de forma a avaliar o atendimento de um determinado requisito do usuário ou mesmo a definição das características que se deve evitar na execução. Desta forma, analisando-se os valores-meta e os requisitos de projeto, são obtidas as especificações de projeto.

Com as especificações de projeto definidas, é oportuno que sejam levantadas informações referentes à segurança ou riscos para implementação. A segurança deve ser apropriada tanto para operação local como para acesso remoto. Alguns sistemas de segurança característicos podem ser considerados:

- Sistemas de proteção para variáveis do processo, tais como: o nível, pressão, vazão e temperatura, ou aquelas relacionadas com o experimento;
- Sistema que desligue o equipamento após um determinado tempo sem operação;
- Chave de comutação para operação local e remota, de modo a evitar que o experimento seja acionado remotamente quando estiver em uso local;
- Sistema que impeça o controle pelo usuário remoto uma vez habilitada a operação local.

Desta forma, é essencial uma análise das especificações de projeto para identificar quais procedimentos podem trazer possíveis problemas ao projeto, processo, tecnologia empregada ou definir uma restrição ao projeto. Um especialista

da área de engenharia na qual se situa a temática do Weblab pode dar grande contribuição nesta atividade, para a tomada de decisões com foco nas metas dos requisitos definidos, acompanhando a implementação do projeto, e na garantia de soluções seguras.

A última atividade a ser realizada nesta fase pela equipe de desenvolvimento é a entrega das especificações técnicas do projeto. Para que isto aconteça, são necessárias as seguintes tarefas:

- Aprovar as especificações do projeto com foco no escopo do projeto;
- Fazer a análise do custo de projeto;
- Atualizar a documentação do projeto.

Não havendo a aprovação das especificações, a equipe de gerenciamento do projeto deverá rever o projeto.

A Tabela 18 apresenta as atividades e tarefas da primeira fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs, o projeto informacional.

Tabela 18 – Fase do processo de desenvolvimento de produto de Weblabs – Projeto Informacional.

Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs - Projeto Informacional						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
1.	Necessidade de desenvolvimento do sistema	1.1 Pesquisar informações sobre o tema de projeto	1.1.1 Pesquisar informações do projeto	Pesquisa bibliográfica	Documento descritivo	Informações para escopo do projeto
				Análise de sistemas similares	Lista de sistemas	
2	Informações para escopo do projeto	2.1 Identificar necessidades do usuário do projeto	2.1.1 Definir o usuário do projeto	Questionário estruturado	Lista das necessidades do usuário	Fontes de requisitos didáticos, de usuário final e técnicos.
			2.1.2 Coletar as necessidades dos usuários, fontes de requisitos didáticos, de usuário final e técnicos.			
3	Necessidades dos Usuários	3.1 Estabelecer os requisitos do usuário	3.1.1 Dedobrar as necessidades do usuário em requisitos do usuário (qualitativos) e técnicos (quantitativos)	Matriz da casa da qualidade, check list, brainstorming	Tabela das necessidades dos requisitos usuários e técnicos	Requisitos do usuário (qualitativos)
4	Requisitos dos usuários	4.1 Estabelecer os requisitos de projeto	4.1.1 Definir os requisitos de projeto			Requisitos de projeto (técnicos - quantitativos)
5	Requisitos de Projeto	5.1 Requisitos do usuário e de projeto	5.1.1 Hierarquizar os requisitos de projeto 5.1.2 Aplicar a matriz da casa da qualidade			Especificações de projeto
6	Especificações de projeto	6.1 Definir as especificações de projeto	6.1.1 Aplicar o quadro de especificações de projeto	Matriz da casa da qualidade	Documento descritivo Documento descritivo, Declaração do escopo do projeto	Avaliação do líder de projeto
			6.1.2 Identificar fatores de segurança	Normas técnicas e de Segurança		
			6.1.3 Avaliar as especificações de projeto	Análise das especificações, Análise de especialista, documentação do projeto		
Indicação do número de ordem da atividade da fase	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos recursos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da tarefa	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos oela execução da atividade

4.2. Fase do Projeto Conceitual

A segunda fase é chamada de projeto conceitual, ao qual o objetivo é estabelecer a concepção do projeto. A partir desta fase, as camadas de engenharia de hardware, software e sistema físico devem ser consideradas na síntese das possíveis soluções de forma integrada no processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs. Tais camadas são caracteristicamente encontradas em sistemas automatizados. Um conjunto de métodos e ferramentas de engenharia pode auxiliar na seleção da melhor solução.

O fluxograma apresentado na Figura 31 representa esta fase.

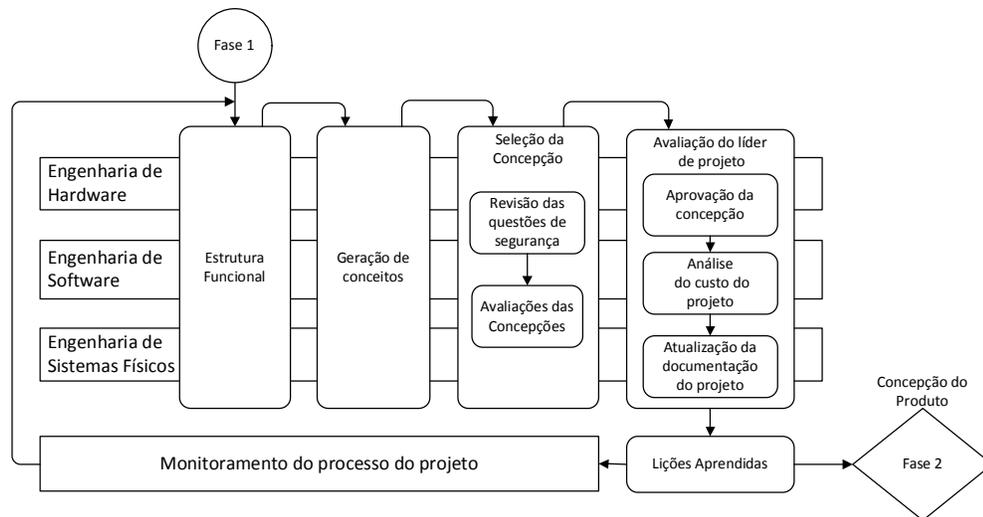


Figura 31 - Fluxograma da Fase do Projeto Conceitual

Algumas tarefas são apresentadas abaixo de forma resumida, e orientam as atividades a serem concluídas para estabelecer a estrutura funcional, geração de conceitos e seleção da concepção:

- Verificar o escopo do problema;
- Estabelecer a estrutura funcional;
- Desenvolver as concepções alternativas;
- Pesquisar por princípios de solução;
- Combinar princípios de soluções em atendimento à função global;
- Selecionar as combinações alternativas mais adequadas;
- Elaborar modelos das concepções alternativas em atendimento as especificações de projeto;
- Avaliar as concepções;
- Submeter a concepção à aprovação.

Um método bastante útil para a descrição do sistema é a síntese ou estrutura funcional, cujo objetivo é a definição da função global e das sub-funções para o projeto. A decomposição do problema geral de projeto em problemas menores facilita a busca de princípios de solução para as sub-funções e a posterior síntese de

uma solução geral. Duas ferramentas de engenharia podem auxiliar neste processo, a matriz morfológica e o método de Pugh.

Uma representação do Weblab conforme o macro framework mostrado na Figura 32 serve como ponto de partida para o refinamento das funções, que embasam a subsequente aplicação de ferramentas auxiliares. É importante observar que todas as decisões tomadas nesta fase têm grande impacto no custo total do projeto.

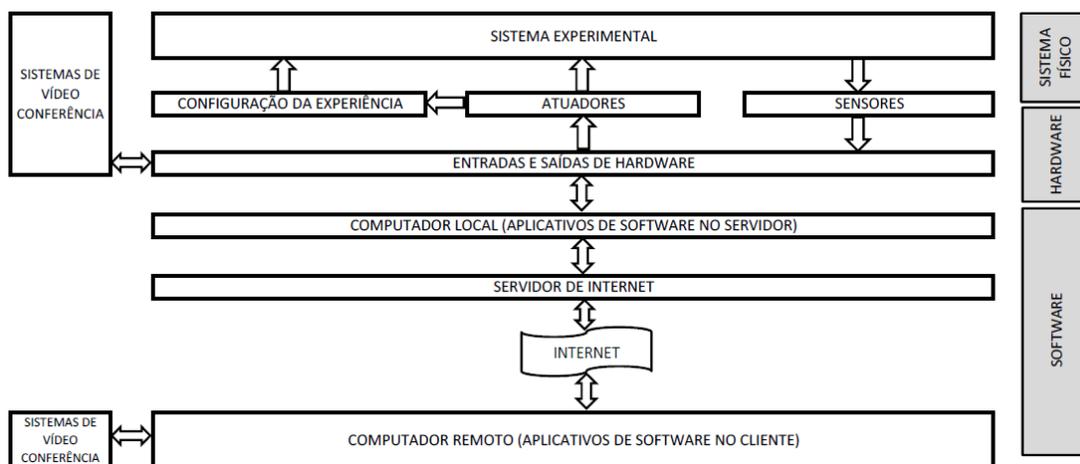


Figura 32 - Macro Framework para WebLab.

Elementos ligados à interface do usuário estão associados aos tipos de dispositivos que podem ser usados para acessar o sistema, a exemplo de: computador; notebooks / netbooks; smartphones; tablets. Estes se conectam através da Internet a servidores responsáveis por um conjunto de softwares e protocolos que garantem, além da segurança da operação, o acesso ao experimento do laboratório. Recursos multimídia integrados por sistemas de áudio e vídeo têm a intenção de causar a sensação do usuário estar presente no ambiente do laboratório, operando o experimento.

Elementos de hardware compostos por entradas e saídas permitem a transmissão, recepção, processamento dos dados e configuração dos parâmetros representados por sensores e atuadores interligados ao experimento do laboratório, que pode estar localizado em qualquer lugar do mundo.

Destaca-se que devem ser previstos, nas três camadas, sistemas de segurança aplicáveis para proteção da operação local/remota e dos equipamentos.

Algumas recomendações são feitas no que se refere ao aspecto da racionalização de recursos para cada uma das 3 camadas:

- Camada do Sistema Físico: uso de elementos mecânicos padronizados, acessórios elétricos e frames padronizados, visando diminuir custos no que for possível;
- Camada de Hardware: escolher módulos de I / O que sejam facilmente integrados, considerando a diversidade de fabricantes; dar preferência a componentes de prateleira e equipamentos de padrão aberto; considerar interfaces, instrumentação com fio / sem fio reprogramáveis e opções de firmware-permanente;
- Camada de Software: para integração remota (lado do usuário) ao computador local (lado do servidor), aliado aos recursos multimídia, sugere-se observar custos individualmente, considerando-se as vantagens/desvantagens no uso de sistemas com padrões abertos ou proprietários para o projeto.

Na Tabela 19, são indicados elementos que visam direcionar a busca por funções de primeira ordem em cada uma das camadas.

Tabela 19 – Elementos para auxiliar na busca por funções de primeira ordem em projetos de Weblabs.

	Fontes de funções de primeira ordem,
Camada de Sistema Físico	Sustentação mecânica / posicionamento de sensores / atuadores e dispositivos interativos
	Fornecimento de energia
	Fornecimento de materiais / substâncias
	Proteger os componentes do sistema de perigos potenciais
	Pronto tratamento de emergências
Camada de Hardware	Transmitir e condicionar sinais de entrada de sensores
	Amplificar sinais de atuação e saída
	Obter a real situação do sistema físico
	Reproduzir e capturar áudio / vídeo em tempo real
	Exibir o estado do sistema local e remotamente
	Capacidade computacional para executar as aplicações de software local (lado-servidor)
Camada de Software	Inicializar e configurar sistemas WebLab
	Gerenciar sinais de I/O hardware e componentes de interface com instrumentos
	Executar experimento(s) e algoritmo (s)
	Gerenciar a exibição de dados do experimento, armazenamento e recuperação remota
	Processo de aquisição de dados através de informações significativas
	Gerenciar rede local e transferências de dados web
	Calibrar sensores
	Garantir a operação segura

Na Tabela 20, tem-se um exemplo de conjunto de funções considerado no desenvolvimento de um projeto de Weblab.

Tabela 20 - Funções para um determinado projeto de Weblab

Funções para um determinado projeto de Weblab
F1 - Conectar à Internet
F2 - Monitorar o experimento
F3 - Acessar o Weblab
F4 - Assegurar proteção ao acesso
F5 - Configurar, implementar e monitorar o experimento por aplicativo local
F6 - Configurar, implementar e monitorar o experimento via plataforma (Interface WEB)
F7 - Estabelecer comunicação entre o experimento e o servidor
F8 - Coletar, armazenar e processar dados do experimento e do usuário.
F9 - Garantir a segurança de dados
F10 - Posicionar damper (automatizado)
F11 - Ajustar o fluxo de ar comprimido
F12 - Garantir a proteção contra falha elétrica
F13 - Medir e transmitir sinais de E/S
F14 - Transmitir sinais de vídeo conferência
F15 - Indicar a temperatura localmente

Uma forma aqui sugerida de organizar as funções é por categorias que se relacionam ao usuário, ao servidor do laboratório, e ao experimento, dividindo-as nas camadas de engenharia de hardware, software e sistema físico, como ilustrado na Tabela 21.

Tabela 21 – Organização das funções por categorias.

Categorias	Camadas	Funções
Usuário	Hardware	F1 - Conectar à Internet
		F2 - Monitorar o experimento
	Software	F3 - Acessar o Weblab
		F4 - Assegurar proteção ao acesso
		F5 - Configurar, implementar e monitorar o experimento por aplicativo local
		F6 - Configurar, implementar e monitorar o experimento via plataforma (Interface WEB)
Servidor do Laboratório	Hardware	F7 - Estabelecer comunicação entre o experimento e o servidor
	Software	F8 - Coletar, armazenar e processar dados do experimento e do usuário.
		F9 - Garantir a segurança de dados
Experimento	Sistema Físico	F10 - Posicionar Damper (automatizado)
	Hardware	F11 - Ajustar o fluxo de ar comprimido
		F12 - Garantir a proteção contra falha elétrica
		F13 - Medir e transmitir o sinal de temperatura
		F14 - Transmitir sinais de vídeo conferência
		F15 - Indicar a temperatura localmente

Na busca de princípios de solução para as funções anteriores, pode-se usar a busca sistemática, empregando-se a ferramenta Matriz Morfológica. Partes destas soluções podem ser inspiradas em estudos e pesquisas de diferentes Weblabs. Um exemplo de aplicação é mostrado na Tabela 22 e no Apêndice 3.

Tabela 22– Exemplo para busca sistemática através da matriz morfológica, dos princípios de soluções para as funções

Funções	Solução 1	Solução 2	Solução 3
F1	Opção 1	Opção 2	Opção 3
F2	Opção 1	Opção 2	Opção 3
F3	Opção 1	Opção 2	Opção 3
F4	Opção 1	Opção 2	Opção 3
F5	Opção 1	Opção 2	Opção 3
...
F _n	Opção n	Opção n	Opção n

As diferentes soluções sintetizadas, indicadas pelas linhas sobre a matriz morfológica, podem ser comparadas através do método de Pugh. Uma escala deve ser adotada para indicar o índice de desempenho, ante os atributos, das soluções alternativas, a exemplo da escala 1-3-9, onde 1 significa (baixo desempenho), 3 (médio desempenho) e 9 (melhor desempenho). A totalização indica qual das soluções apresenta-se mais adequada aos requisitos dos usuários.

Tabela 23 - Soluções obtidas pelo método de Pugh. Fonte: Siqueira et al. (2012)

Ordem	Critérios	% Importância	Solução 1	Solução 2
1	Critério 1	Grau 1	9	3
2	Critério 2	Grau 2	9	3
3	Critério 3	Grau 3	1	9
4	Critério 4	Grau 4	9	1
5	...	...	...	...
6	Critério N	Grau N	3	9
	Total	100,0	Total 1	Total 2

Exemplos de aplicação dos métodos de análise funcional, matriz morfológica e Pugh podem ser visto nos Apêndices 2 a 5.

Após a avaliação das concepções pela equipe de desenvolvimento do projeto a próxima etapa é submeter à avaliação do líder de projeto, que deverá aprovar o conceito do projeto ou solicitar a revisão do conceito.

A equipe de desenvolvimento do projeto deve estar atenta às questões de segurança, confiabilidade e ao atendimento às normas técnicas.

Aspectos de segurança, tais como: fim-de-curso; botões de emergência; sistemas de intertravamento; sistemas de proteção para sobrecarga; sinais sonoros e visuais; sistemas de alarme; controle de acesso e permissão de usuário; célula de segurança, dentre outros possíveis, podem ser aplicados em projetos de Weblabs.

Ao concluir-se estas tarefas, estará definido o conceito do projeto. No entanto, a concepção final poderá ser definida somente após iterações conjuntas com a fase seguinte - projeto preliminar.

Na Tabela 24, são apresentadas as atividades e tarefas para a fase do projeto conceitual.

Tabela 24 – Fase do processo de desenvolvimento de projeto de Weblab – Projeto Conceitual.

Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs - Projeto Conceitual						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
7	Especificações de projeto	Verificar o escopo do problema	Analisar as especificações Identificar restrições	Reunião com a equipe de projetos	Lista das atividades, cronograma, planilha de custos	Requisitos de usuário e de projeto
8	Requisitos de usuários e de projeto	Estabelecer a estrutura funcional	Definir a função global	Abstração orientada	Fatores de influência no projeto	Função Global
			Estabelecer estrutura funcional e funções alternativas - subfunções	Diretrizes de desenvolvimento da estrutura funcional	Requisitos de projeto	Estrutura funcional
			Identificar e selecionar as subfunções	Análise de especialista, Matriz de decisão (Pugh) para seleção das soluções		
9	Estrutura funcional	Desenvolver as concepções alternativas	Aplicar métodos de busca aos princípios de soluções	Matriz de decisão (Pugh) para seleção das soluções		
10	Estrutura funcional	Desenvolver os princípios de solução para as subfunções	Analisar e selecionar os princípios de soluções	Matriz morfológica, Brainstorming, combinação de métodos, pesquisa bibliográfica, análise de sistemas, medições e testes em modelos	Requisitos de projeto e especificações técnicas	Princípios de solução
11	Princípios de Soluções	Combinar princípios de soluções em atendimento à função global	Otimizar a combinação dos princípios de solução	Matriz morfológica, critérios de combinações	Especificações de projeto	Concepções Alternativas
12	Concepções Alternativas	Selecionar combinações alternativas mais adequadas	Avaliar comparativamente as concepções alternativas em relação as especificações de projeto, segurança, qualidade e custo	Reunião da equipe de desenvolvimento do projeto, tecnologias disponíveis	Requisitos de usuários, de projeto e especificações de projeto	Avaliação das concepções alternativas
13	Modelos e avaliação do custo das concepções alternativas	Elaborar modelos das concepções alternativas em atendimento as especificações de projeto	Detalhar as concepções selecionadas e definir o conceito	Conceito do projeto	Lista da concepção do projeto	Concepção do projeto
14	Concepção do projeto	Avaliar concepções	Verificar se a concepção atende ao escopo do projeto	Análise de especialista, Avaliação da concepção, Análise de risco, normas de segurança	Escopo do projeto, Normas de segurança	Concepção-conceito do projeto
15	Concepção-conceito do projeto	Submeter a concepção à aprovação	Aprovar a concepção, analisar custo do projeto, atualizar projeto	Análise das concepções, Análise de especialista, documentação do projeto	Documento descritivo, Declaração do escopo do projeto	Avaliação do líder de projeto
Indicação do número de ordem da atividade da fase	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos recursos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da tarefa	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos e da execução da atividade

4.3. Fase do Projeto Preliminar

A terceira fase de projeção é chamada de projeto preliminar, ao qual o objetivo é dimensionar os elementos do conceito selecionado, submeter a solução escolhida a simulações e análises de engenharia, estabelecer o leiaute final, bem como averiguar a sua viabilidade econômica. Busca-se identificar possíveis falhas, conferir os aspectos de segurança, restrições, verificar interferências entre os subsistemas, a correta integração, aplicar análises de desempenho e estudos de otimização, atendendo às especificações de projeto.

O fluxograma apresentado na Figura 33 orienta a equipe de desenvolvimento nas atividades desta fase.

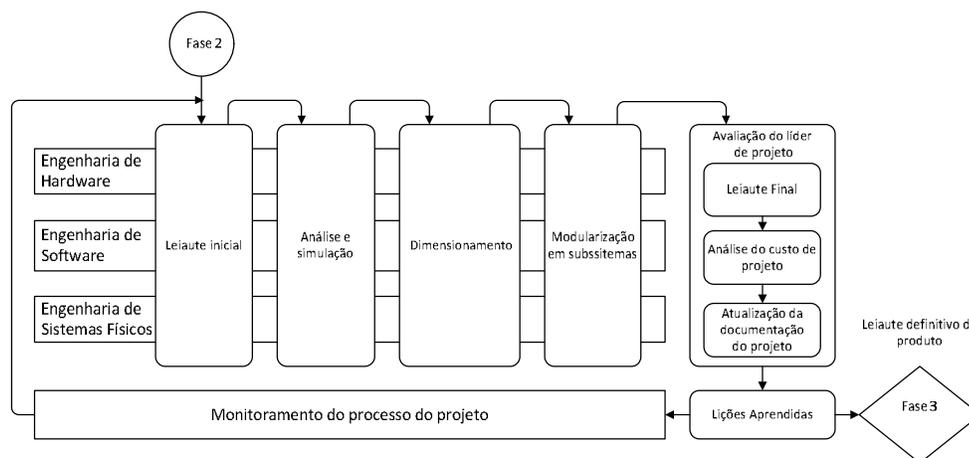


Figura 33 - Fluxograma da Fase do Projeto Preliminar

Nesta fase, deve-se observar quais são as interações ou interfaces existentes entre os elementos construtivos, considerando as camadas de hardware, software e o sistema físico.

A criação de leiautes alternativos permite a realização de análises comparativas, até que se obtenha o leiaute que melhor atenda à especificação do projeto, explorando-se os benefícios de cada leiaute.

Com o leiaute dimensional, analisa-se as principais características dimensionais dos componentes, identificando as dimensões primárias, a localização e interconexão dos subsistemas que integram o projeto, suas dimensões secundárias, tolerâncias, posicionamento de montagem, seleção de materiais, aplicação de critérios de segurança, seleção de meios de manufatura e avaliação da viabilidade técnica do projeto como um todo.

Na camada do sistema físico, é comum adotar suportes para fixação dos elementos construtivos do Weblab que devem ser interligados à mecânica e elétrica do sistema, ou planta, ou experimento-base, bem como de elementos pneumáticos, hidráulicos, sensores, atuadores, painéis, quadro de comandos, canaletas, dentre outros elementos comuns na automação, diretamente aplicáveis em sistemas de caráter mecatrônico controlados remotamente.

Os esboços realizados são convertidos para desenhos técnicos, representados em duas dimensões (2D) ou três dimensões (3D), através de softwares CAD que permitam obter a expressão gráfica do sistema de acordo com as normas técnicas (ABNT, ANSI, DIN). Nesta fase, é aplicável o uso de simulação computacional para estudar: a montagem de subconjuntos ou conjuntos completos; o funcionamento integrado; possíveis interferências; a validação de cálculos; compatibilidades entre os componentes e módulos. A otimização de componentes e módulos pode também ser realizada através de testes específicos - mecânicos, elétricos, hidráulicos, pneumáticos.

Softwares para projetos elétricos e eletrônicos são ferramentas aplicáveis em sistemas, painéis elétricos e placas eletrônicas. Além disso, atualmente é possível simular circuitos, selecionar o melhor leiaute de componentes, verificar falhas elétricas. Da mesma forma, existem softwares para projeto e simulação hidráulica e pneumática.

A Tabela 25 descreve análises e dimensionamentos aplicáveis nesta fase, nas três camadas de engenharia citadas.

Tabela 25 – Análises e dimensionamentos aplicáveis na etapa. Adaptado de: Mendes et al. (2010).

Sistema Físico	<ul style="list-style-type: none"> - componentes mecânicos e elétricos e/ou sub-sistemas de análise, simulação e dimensionamento integrados; - seleção de materiais (requeridas pelas suas propriedades); - componentes e / ou disposição dos subsistemas integrados; - tolerâncias e otimização da geometria das peças a serem fabricadas;
Software	<ul style="list-style-type: none"> - protótipo simplificado de um aplicativo funcional; - uso de sinais externos simulados para testar aplicação do protótipo; - verificação de sinais de entrada /saída e integração dos instrumentos e suas interfaces; -inclusão progressiva e execução de sub-rotinas (desenvolver adequadamente a estrutura de software e sub-rotinas para uso escalável e de manutenção tanto remota como local); - verificação de subsistemas firmware / software.
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> - definição das taxas de atualização e amostragem da I / O e otimização considerando contagem de canais e de dados do barramento de transmissão / trilhas; - equilibrar a capacidade computacional e as demandas dos aplicativos de software; - prestar atenção às fontes de ruído; - dimensionamento dos dispositivos de rede para a largura de banda especificada e a capacidades dos computadores quanto à velocidade de processamento e do armazenamento.

Paralelamente, os desenhos técnicos mecânicos, elétricos, eletrônicos, pneumáticos e hidráulicos, devem ser finalizados. Ao final, espera-se ter informações suficientes para determinação dos custos preliminares dos componentes e módulos, e a lista dos itens que compõem o projeto, sejam eles elementos padronizados ou não. Análises realizadas por especialistas, diagramas dos elementos construtivos, catálogo de componentes, lista de verificação, leiaute dimensional, plataforma de software, tecnologias Web, segurança da rede, e simulações e testes, estão entre as atividades, tarefas e recursos utilizáveis nesta fase.

As metas determinadas na geração dos requisitos de projeto são observadas durante os testes, que visam a identificar o atendimento ao escopo do projeto frente aos requisitos do usuário (qualitativos) e de projeto (técnicos, quantitativos).

Na Tabela 26 são descritas as atividades e tarefas da fase do projeto preliminar, de modo a orientar a equipe de projetos no processo de desenvolvimento.

Tabela 26 – Fase do processo de desenvolvimento de projeto de Weblabs – Projeto Preliminar.

Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs - Projeto Preliminar						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
16	Leiaute Inicial	Elaborar leiautes preliminares e desenho de formas, sustentação mecânica, posicionamento de sensores, atuadores e dispositivos interativos. Obter a real situação do sistema físico.	Identificar requisitos determinantes (forma, leiaute, material, segurança, hardware e software e sistema físico) Produzir desenhos em escala (diagramas, esquemáticos, esboços) Identificar as interfaces entre módulos de hardware. Interação entre os softwares. Definir o leiaute inicial Selecionar leiautes preliminares, Gerenciar a exibição de dados do experimento, armazenamento e recuperação remota	Análise de Especialista Desenhos técnicos, diagramas dos elementos construtivos, identificação dos elementos de hardware e definição da plataforma de softwares	Requisitos de projeto, informações de segurança	Leiaute preliminares definidos. Plataforma de hardware e software
17	Leiaute preliminares definidos. Plataforma de hardware e software, Análise e simulação	Elaborar leiautes detalhados e desenhos de formas. Definir hardwares e softwares para integração do sistema	Buscar soluções para funções auxiliares, Desenhar, detalhar, dimensionar, selecionar materiais e otimizar os componentes e/ou módulos. Buscar alternativas de hardware, tecnologias WEB e plataforma de softwares de padrão aberto ou proprietário. Realizar a integração dos sistemas. Incorporar no leiaute e nos desenhos de formas as soluções para as funções auxiliares e módulos Completar os leiautes gerais com todas as funções incorporadas Avaliar sob critérios técnicos e econômicos	Desenhos técnicos, Lista de verificação, catálogo de componentes, plataforma de hardware e softwares. Análise de Especialista	Lista de componentes do sistema físico preliminar, especificações do projeto, definição dos hardwares e softwares aplicados	Desenhos de componentes, Lista de componentes, Sistemas de hardware e softwares integrados
18	Dimensionamento, modularização em sistemas	Finalizar as verificações, Obter a real situação do sistema físico, integração de hardware e software	Otimizar e completar os desenhos técnicos, estabelecer tipos de testes Verificar erros e fatores inconsistentes, realização de testes Preparar lista de partes preliminares e documentos do sistema	Leiaute Dimensional Análise de Especialista Lista de componentes, documentação do projeto	Especificações do projeto	Especificações técnicas, Leiaute final, Avaliação do líder do projeto
Indicação do número de ordem da atividade da fase	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos recursos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da tarefa	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos oela execução da atividade

Por fim, o líder de projeto deve aprovar o leiaute final dos sistemas e o custo do projeto.

4.4. Fase do Projeto Detalhado

O projeto detalhado é a última fase da macrofase de projeção, cujo objetivo é a aprovação da estrutura do protótipo, dos componentes e módulos definitivos; toda a documentação gerada nas fases anteriores deve ser finalizada, e por fim feita a aprovação do custo do projeto; então, a execução / integração / teste, e operacionalização do sistema, são realizadas, como mostra a Figura 34.

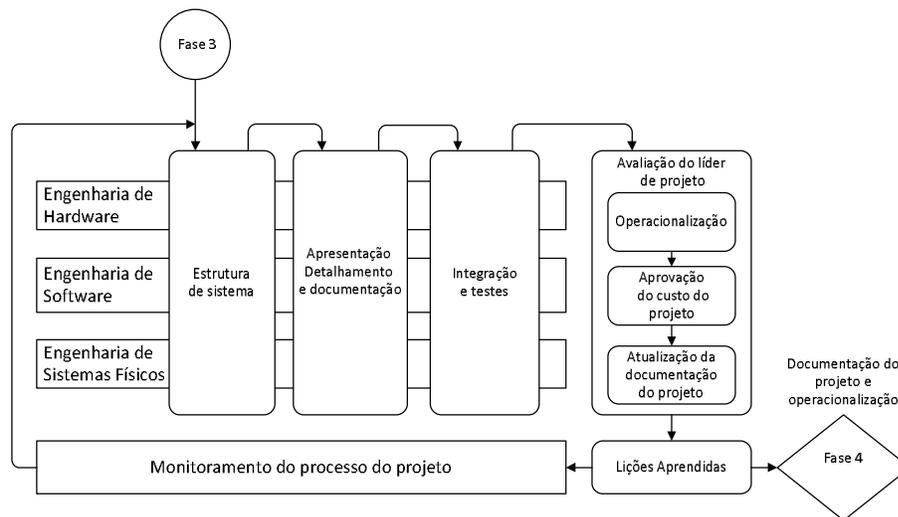


Figura 34 - Fluxograma da Etapa do Projeto Detalhado

Nesta fase, um piloto é construído de acordo com o projeto.

Documentos técnicos (de engenharia) e manuais de usuários adequados, com riqueza de detalhes, aplicados às três camadas, também são gerados. Algumas sugestões para documentação referentes às camadas de engenharia nesta fase são:

- Em Sistema Físico: desenhos mecânicos / elétricos detalhados, conforme normas técnicas;
- Em Hardware: esquemas e configurações relacionados à configuração, conexão e parâmetros para integração com redes de comunicação e hardware.
- Em Software: parâmetros de configuração de rede, software / *firmware*; código fonte de aplicações (servidor e cliente); segurança e controle de versão.

Para validar a execução do experimento com segurança, é necessário realizar testes e verificar a integração completa dos componentes e módulos.

Posteriormente, deve-se analisar os resultados experimentais e verificar se os parâmetros estão dentro das metas especificadas, seja no modo de operação local ou no remoto. Sistemas de proteção, mecanismos e alarmes que devem bloquear toda e qualquer forma imprópria de utilização do Weblab precisam ser testados ostensivamente.

Pode ser necessários realizar alguns ajustes que não foram percebidos nas fases anteriores.

Algumas questões podem auxiliar na verificação e validação do sistema:

Função

A função global prevista é satisfeita? As funções auxiliares atendem às necessidades?

Montagem

Todos os processos de montagem do SISTEMA podem ser realizados de modo simples e ordenados?

Manutenção

Possibilita uma manutenção ou verificação de modo seguro?

Custo

Foram observados os limites de custo previsto no projeto?

Uso

É possível operar o Weblab com as funcionalidades previstas no projeto e com eficiência didática.

Segurança

O Weblab pode ser operado de forma segura pelo ao usuário local e remoto e impede que danos sejam causados ao laboratório?

Na fase do projeto detalhado, pode-se avaliar o tempo empregado pelo usuário na execução remota do experimento em Weblab, assim como validar as atividades didáticas experimentais.

Pode-se tornar, como exemplo, uma aplicação para uma estação de processo de uma variável que envolva um controle Proporcional-Integral-Derivativo (PID). A qualidade das escolhas feitas pelo usuário define o comportamento da resposta do sistema, o que pode ser relacionado com a sua capacidade de bem aplicar as ferramentas matemáticas para o seu cálculo, demonstrando o seu aprendizado. Medidas de desempenho da resposta do sistema controlado em malha

fechada, a exemplo de *Integral Squared Error* (ISE), *Integral Absolute Error* (IAE) and *Integral Time-weighted Absolute Error* (ITAE), poderiam ser usadas para compor a avaliação de desempenho do usuário.

Nesta fase, deve-se testar todas as funcionalidades do WebLab. É avaliado o acesso ao experimento desde os diferentes dispositivos previstos, tais como computadores, smartphones e tablets.

As atividades e tarefas para a fase do projeto detalhado pode ser observada na Tabela 27.

Tabela 27- Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs – Projeto Detalhado.

Fase do processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs - Projeto Detalhado						
Número da atividade	Entradas	Atividades	Tarefas	Recursos	Controles	Saídas
19	Estrutura do projeto	Elementos de hardware, software e sistema físico	<p>Efetuar dimensionamentos finais. Produzir desenhos detalhados e leiautes do sistema físico</p> <p>Obter a solução definitiva. Montar o protótipo.</p>	<p>Desenhos de componentes e leiaute final. Software de simulação. Normas técnicas. Análise de especialista. Em sistema físico: Desenhos de mecânicos e elétricos detalhados, conforme normas técnicas; Em Hardware: esquemas e configurações relacionados à configuração, conexão e parâmetros para integrar redes e hardwares; Em Software: parâmetros de configuração de rede, software, firmware; código fonte de aplicações (servidor e cliente); segurança e controle de versão.</p>	<p>Lista e desenhos de componentes, Especificação do projeto, normas técnicas, documentação do projeto,</p>	<p>Componentes otimizados, desenho dos componentes e montagem.</p>
20	Apresentação, detalhamento e documentação do projeto	Apresentar o protótipo	<p>Avaliar o atendimento às especificações de projeto, das normas técnicas e de segurança. Avaliar quanto a função, ao uso, montagem, manutenção, e custo. Finalizar a documentação do projeto.</p>	<p>Reunião da equipe de desenvolvimento do projeto documentação atualizada do projeto</p>		<p>Protótipo montado definitivo</p>
21	Integração e testes	Realizar integração e testes de laboratório no protótipo definitivo	<p>Preparar, aplicar teste de laboratório e certificar a integração dos elementos de hardware e software e sistema físico. O tempo empregado na execução do experimento. Realizar a atividade didática proposta. Verificar aspectos de segurança do projeto. Elaborar e emitir relatório de testes de laboratório.</p>	<p>Realizar teste de laboratório (compatibilidade, funcionalidade, segurança, desempenho, ajustes, falhas/correções), Análise de especialista</p>	<p>Especificações de projeto, resultado dos testes de laboratório, relatório das metas atingidas</p>	<p>Avaliação da compatibilidade entre hardware, software e sistema físico.</p>
22	Submeter o protótipo para aprovação	Revisar o projeto	<p>Verificar se o produto atende as especificações do projeto. Elaborar e redigir informações quanto a operacionalização pelo usuário, manutenção, procedimentos de emergência</p> <p>Aprovar a operacionalização do projeto.</p>	<p>Análise de especialistas, especificações de projeto, catálogo de peças, manual de instruções, diagramas do processo de operações (folhas de roteiro)</p>	<p>Análise de especialista, estrutura do projeto, informações de segurança, Desenhos de componentes e montagem, relatório de custo e desenvolvimento</p>	<p>Estrutura do produto, desenhos de componentes e montagem, manual de instruções, especificações técnicas</p> <p>Protótipo aprovado, documentação do projeto atualizado e operacionalização</p>
Indicação do número de ordem da atividade da fase	Descrição dos dados ou informações necessárias para executar a atividade	Declaração da atividade a ser executada	Declaração da tarefa resultante do desdobramento da atividade	Descrição dos recursos, métodos ou ferramentas utilizadas na elaboração da tarefa	Formas de monitoramento e controle de execução da tarefa	Descrição dos resultados obtidos oela execução da atividade

Uma vez cumpridas estas atividades e tarefas, a saída desta fase é o projeto com toda a documentação atualizada e finalizada, de modo que a operacionalização do projeto pode ser executada.

5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi apresentado que, usando dispositivos tais como computador, *tablet* ou smartphone, e mediante uma conexão remota via Internet ao laboratório, o usuário pode ter acesso total ou parcial a um equipamento experimental, e a possibilidade de configurar parâmetros do experimento que deseja realizar. Para tanto, componentes de hardware proporcionam a captura do estado real do sistema, e permitem a atuação sobre o mesmo, local ou remotamente, através da amplificação e transmissão de sinais de entrada e saída, captação e transmissão de áudio e vídeo. Esta combinação permite ao usuário a sensação de operar localmente o equipamento.

Sugere-se que os dispositivos ou elementos de hardware a serem adotados em projetos de Weblabs possuam capacidade computacional dimensionada e suportem as demandas de acesso dos usuários com boa qualidade. O dimensionamento do Weblab é também dependente da capacidade e do tráfego da rede local, exigindo assim uma rede de alta velocidade. Portanto, uma infraestrutura de rede dedicada aos experimentos parece ser ideal.

Quanto às plataformas de software para Weblabs, observou-se uma busca pela universalidade, tanto do lado do usuário como do lado do servidor. Neste estudo, foram apresentadas tecnologias atualmente empregadas com sucesso que podem ser adotadas pela equipe de projeto no desenvolvimento de um determinado Weblab. Neste cenário, são desejáveis características como universalidade, segurança, possibilidade de combinação de tecnologias, modularização, integração e robustez. Algumas plataformas com as características anteriores são abertas e podem ser diretamente adotadas por desenvolvedores, a exemplo da ISA e da SOLA; em outros casos, o desenvolvedor precisa se associar, como no caso de sistemas federados.

Muitos equipamentos laboratoriais, particularmente nas diversas áreas de engenharia, foram adaptados com sucesso para serem operados remotamente, dentro do conceito de Weblabs. Comprovadamente, a experiência laboratorial na aprendizagem não é mais um obstáculo incontornável nas modalidades de ensino à distância, e o compartilhamento de caras estruturas durante os períodos de

ociosidade tornou-se uma opção para aumentar o aproveitamento e a racionalização de recursos. Desta forma, realizar experimentos em dispositivos, plantas ou equipamentos sem a presença física do usuário, professor ou pesquisador no laboratório, já se tornou tecnicamente viável. Este fato é demonstrado nesta dissertação com diversos exemplos de sistemas operando mundo afora e com uma relação de tecnologias e recursos disponíveis para a sua criação, seja para fins didáticos ou de cooperação em pesquisas.

Para responder à questão de pesquisa proposta, “Qual seria a melhor aproximação de um modelo de referência para o desenvolvimento de Weblabs, considerando-se os conhecimentos científicos existentes?”, foram examinados modelos e ferramentas da literatura e a partir deles foi proposto um método sistemático para o desenvolvimento de projetos de Weblabs, contemplando as camadas de engenharia de hardware, software e sistema físico. Buscou-se, neste modelo, preservar a necessária integração dos recursos utilizados no decorrer do projeto. Como referência para a estrutura de representação empregada na proposta foi utilizada aquela usada na macrofase de projeção do modelo MR-PDMA – Modelo de Referência do Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, que também serviu de base ao modelo PRODIP - Desenvolvimento Integrado do Projeto de Produtos, uma referência no meio acadêmico na área de gestão de desenvolvimento de produtos, projeto na engenharia e projeto integrado de produtos. Seguindo aquele formato, com fluxogramas e tabelas que descrevem atividades e tarefas, buscou-se relacionar um conjunto significativo de elementos para municiar o processo de desenvolvimento de projetos de Weblabs, com recursos e informações pertinentes, bem como com orientações específicas.

Entre os benefícios esperados com o uso da metodologia proposta, destaca-se a redução do tempo de desenvolvimento, com a antecipação, previsão e prevenção de possíveis erros durante as fases de projeto, minimizando os laços de reexecução. Assim, o resultado esperado com esta proposta de um modelo de referência é conduzir a equipe de projetos no atendimento dos requisitos específicos do projeto de um determinado Weblab, constituindo-se assim em um ponto de partida avançado para projetistas destes sistemas, facilitando o seu desenvolvimento de forma integrada e sistemática. A proposta constitui-se ainda em um valioso conjunto de informações e orientações para equipes de projeto, particularmente para aquelas com pouca experiência.

É importante destacar que os modelos, métodos, arquiteturas e tecnologias, ferramentas de engenharia e características dos Weblabs descritos nesta dissertação não são definitivos, e bem poderão agregar, no futuro, outras ideias e conceitos, que talvez ainda melhor considerarão o estágio de desenvolvimento tecnológico do momento, dada a grande velocidade de inovação nestes tempos no campo das tecnologias de informação e comunicação (TIC), para ficar no exemplo de um campo apenas.

Como sugestão para trabalhos futuros, esta proposta poderá ser aplicada em estudos de caso para a validação do modelo de referência apresentado. As atividades e tarefas propostas poderão ser complementadas e exploradas em maior profundidade, assim como o elenco dos requisitos consideráveis no desenvolvimento de projetos de Weblabs poderá, da mesma forma, ser ampliado.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – EXEMPLO DE TABELA DE CORRELAÇÃO DOS REQUISITOS DO USUÁRIO E DE PROJETO (TÉCNICOS) PELO MÉTODO QFD.

	Requisitos de projeto (técnicos)																			Peso	% Peso
	Grau de importância	Qtde. de operações do usuário	Qtde. de interação com o usuário	Qtde. de pontos de visualização por câmeras	Qtde. de parâmetros configuráveis	Grau de detalhamento das instruções	Nº de avaliações disponíveis	Nº de sistemas operacionais	Espaço local de armazenamento de dados	Nº de repetições do experimento	Largura de banda de rede	Índice de disponibilidade do sistema	Número de telas	Índice de segurança	Qtde. de idiomas	Qtde. de usuários simultâneos	Nº de dispositivos de acesso	Tempo médio de alocação do usuário	Tempo de resposta do sistema		
Muito forte	9	3	1	0																	
Médio	3	1	0																		
Fraco	1	0																			
Não há correlação	0																				
Requisitos do usuário																					
Eficiência didática.	9	9	9	9	9	9	9	9	1	9	1	3	3	3	1	9	9	3	9		
Trabalhar colaborativamente.	3	1	9	9	1	9	9	9	9	9	9	3	3	3	9	9	9	9	9		
Interação do usuário com o equipamento.	9	9	9	9	9	9	3	9	3	9	9	9	3	9	3	9	9	9	9		
Proximidade com a realidade.	9	9	1	9	9	3	3	3	1	9	9	9	1	9	1	1	9	3	9		
Monitorar a execução dos comandos.	9	3	3	9	9	0	0	3	0	3	9	9	3	3	0	0	9	0	9		
Avaliar os conhecimentos adquiridos	9	3	3	0	3	3	9	9	3	9	3	3	1	3	3	3	9	3	3		
Gerenciamento de usuários	3	9	9	3	9	3	9	9	9	9	9	9	3	3	3	9	9	9	9		
Permitir análise dos dados experimentais	9	3	9	3	9	9	9	9	9	9	3	3	1	3	3	3	9	3	3		
Disponível 24h	3	3	3	3	3	9	3	3	3	3	9	9	1	9	3	9	0	9	9		
Fácil de usar ou operar	9	9	9	9	9	9	3	9	3	9	9	3	9	9	3	3	9	3	9		
Permitir agendamento	9	0	0	0	0	9	0	9	0	9	9	9	1	9	9	9	9	9	9		
Múltiplos idiomas	3	3	3	3	3	3	9	3	1	0	0	0	9	9	9	9	9	9	9		
Procedimentos de orientação ao usuário	3	9	9	3	9	9	3	9	1	3	9	9	3	9	9	3	9	3	9		
Salvar arquivos, gerar relatórios e gráficos	1	9	3	3	3	3	9	9	9	9	3	9	3	3	9	9	9	1	9		
Acesso de qualquer sistema operacional	9	9	9	9	9	9	3	9	3	3	9	9	3	9	1	9	9	3	9		
Normas de segurança	9	9	9	9	9	3	3	9	1	9	9	9	3	9	9	9	9	3	9		
Peso	570	576	585	678	675	477	810	261	828	738	684	318	720	495	513	945	549	864	11.286		
% Peso	5,1	5,1	5,2	6	6	4,2	7,2	2,3	7,3	6,5	6,1	2,8	6,4	4,4	4,5	8,4	4,9	7,7	100,0		

Fonte: Santos et al. (2010).

**APÊNDICE 2 – EXEMPLO REQUISITOS DE PROJETO (TÉCNICOS) E
PERCENTUAL DO PESO DE IMPORTÂNCIA.**

Requisitos de projeto	% Peso
Número de dispositivos de acesso	12,6
Tempo de resposta do sistema	11,5
Número de repetições do experimento	10,9
Número de sistemas operacionais	10,8
Largura de banda da rede	9,7
Índice de segurança	9,6
Índice de disponibilidade do sistema	9,1
Quantidade de parâmetros configuráveis	9,0
Grau de detalhamento das instruções	9,0
Quantidade de operações e interações do	7,8

Fonte: Santos et al. (2010).

APÊNDICE 3 – EXEMPLO DE ANÁLISE FUNCIONAL E MATRIZ MORFOLÓGICA

Categories	Layer	Functions	1	2	3	
User	Hardware	F1	Connect the WEB	Computer	PDA	Cellular
		F2	Monitor the experiment	Audio	Video	Audio/video
	Software	F3	Access the Weblab	Internet Explorer	Fire fox	Google Chrome
		F4	Ensure access protection	Logm	Ip	
		F5	Configure, implement and monitor the experiment.	LabVIEW	Elipse	Visual C++
		F5.1	Configure, implement and monitor the experiment. Platform (Programming web)	Java	Html	Xml
Lab server	Hardware	F6	Establish communication between server and experiment.	I/O multifunctional	Microcontroller	PLC
	Software	F7	Collect, store and process data of the experiment and user.	LabVIEW	Supervisory	Visual C++
		F8	Ensuring data security	Antivirus	Firewall	Firewall Antivirus
Experiment	Physical System	F9	Damper position automatically	Electric Actuator	Pneumatic actuator	
		F10	Transmit video signals conference	Camera	Several Fixed cameras	Mobile Camera
	Hardware	F11	Ensure protection against electric fault	Fuse	circuit breaker magnetic	Residual protection device (DR)
		F12	Interlock modes of local or remote operation	Mechanical key manual Automatic	Kirk Key Switching Relays	
		F13	Measure and transmit temperature signal	Sensor TTI	Sensor TT	
		F14	Adjust flow of compressed air	Proportional Valve Electric	Pneumatic Proportional Valve	
		F15	Indicate temperature locally	TI	IHM	

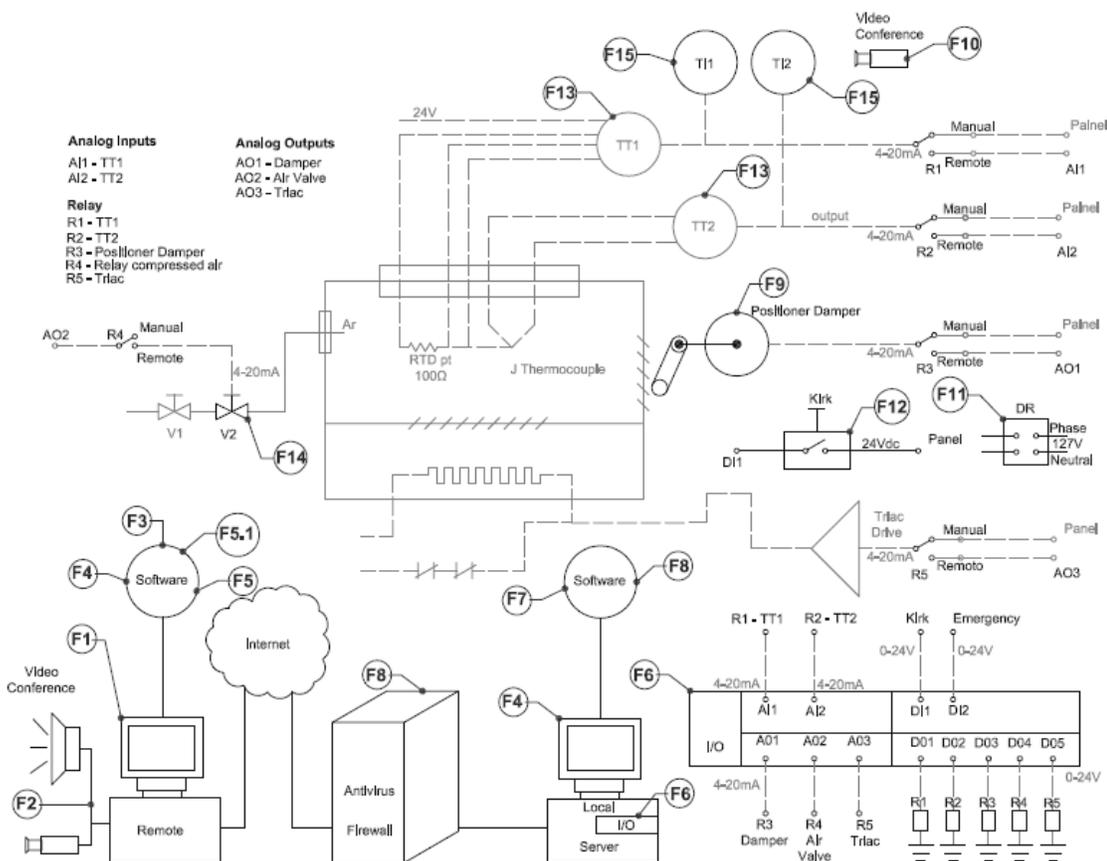
Fonte: Siqueira et al. (2012)

APÊNDICE 4 – SOLUÇÕES OBTIDAS PELO MÉTODO DE PUGH.

Ordem	Critérios	Importância	Solução1	Solução 2
1	Número de dispositivos de acesso	11,5	9	3
2	Acesso por diferentes sistemas operacionais	11,5	9	3
3	Interação do usuário com o equipamento	11,5	9	9
4	Imersão do usuário (percepção de realidade)	11,5	9	9
5	Executar e monitorar comandos	11,5	9	9
6	Fácil de usar e operar	11,5	9	3
7	Gerenciamento do usuário	4,0	3	3
8	Permitir análise dos dados experimentais	11,5	3	1
9	Procedimentos de orientação ao usuário	4,0	3	1
10	Normas de segurança	11,5	9	3
	Total	100,0	784,7	477,0

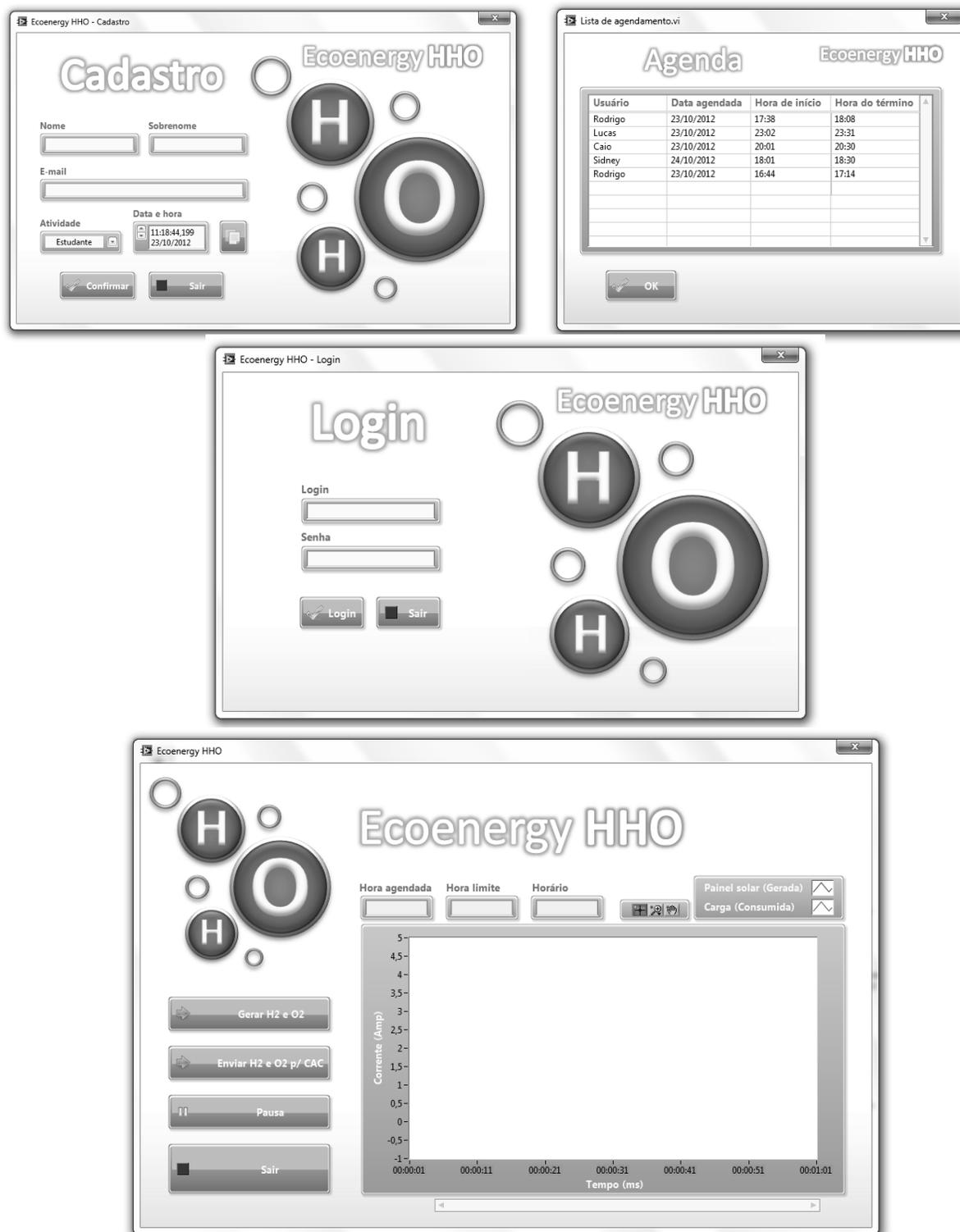
Fonte: Siqueira et al. (2012)

APÊNDICE 5 – EXEMPLO DE DIAGRAMA RESULTANTE DA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE ANÁLISE FUNCIONAL, MATRIZ MORFOLÓGICA E PUGH PARA UM WEBLAB DE UMA PLANTA DE PROCESSO TÉRMICO, COM INDICAÇÃO DAS FUNÇÕES.



Fonte: Siqueira et al. (2012).

APÊNDICE 6 – EXEMPLO DE INTERFACE PARA CADASTRO, AGENDA, LOGIN E EXPERIMENTO DE WEBLAB.



Fonte: Delay, (2012).

REFERÊNCIAS

ALVES, R. Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras. 21. Ed. São Paulo: Brasiliense, 1995.

ALVES, J. M. R. C., Apoio a criação de ambientes para experimentação remota, Relatório do estágio curricular da LEIC 2004/05, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia FEUP, Portugal, Novembro, 2005.

ARIADNE A. CRUZ, FÁBIO A. L. GOMES, FABBRYCCIO A. C. M. CARDOSO, ERNESTO B. MARTIN AND DALTON S. ARANTES. Development of a Robust and Flexible Weblab Framework based on AJAX and Design Patterns, **Seventh IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid'07)**, 0-7695-2833-3/07 © 2007 IEEE

ASIMOV, M., **Introduction to design: fundamentals of engineering design**, Prentice Hall, New Jersey, 1962.

ASME RESEARCH, **Design theory and methodology: a new discipline**, Mechanical Engineering, 1986, p. 23-27.

AGRAWAL. A., SRIVASTAVA. A., WebLab: A Generic Architecture for Remote Laboratories, **15th International Conference on Advanced Computing and Communications**, 2007, 0-7695-3059-1/07 DOI 10.1109/ADCOM.2007.71

ADAMCZYK Z, JONCZYK D, KOCIOLEK K. A new approach to a CAD/CAM system as a part of distributed environment: Intranet database. **Journal of Materials Processing Technology 133**, 2003 p. 7–12.

ATKINSON, I. M., BOULAY, D. DU, CHEE, C., CHIU, K., KING, T., MCMULLEN, D. F., QUILICI, R., SIM, N. G. D., TURNER, P., AND WYATT, M., CIMA based remote instrument and data access: An extension into the Australian e-Science environment, in Proc. **2nd IEEE Int. Conf. e-Sci. Grid Comput.**, Amsterdam, The Netherlands, Dec. 2006, p. 125.

AKAO, Y.; MAZUR, G. H.; King, B.; **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design**; Ed. by Yoji Akao, 2004.

BRAYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.

BACK, N., **Metodologia de projeto de produtos industriais**, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1983.

BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A., SILVA da, J. C., **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**, Barueri, São Paulo, Ed. Manole, 1^a edição, 2008.

BACK, N.; OGLIARI, A. **Desenvolvimento do Produto: Aspectos Gerais**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 24p. Apostila.

Centro de Estudos e Pesquisas em Tecnologia de Redes e Operações – CEPTR0, 2012. MAPA DE QUALIDADE - Disponível em: <<http://www.ceptro.br/CEPTRO/MapaQualidade>>. Acesso em: 03 Abr. 2012.

CETIC - Centro de Estudos sobre as Tecnologias de Informação e da Comunicação. Disponível em: <<http://www.cetic.br/usuarios/ibope/w-tab02-01-2012.htm>> Acesso em: 03 Abr. 2012.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1995.

COELHO, P. R. S. L., CARDOZO E., GUIMARÃES, E., Modelagem e Implementação de uma Arquitetura para Federação de WebLabs Cooperativos, **Seminário de pesquisas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, Brasil, 2009.** Disponível em: <http://www.dca.fee.unicamp.br/portugues/pesquisa/seminarios/2009/artigos/coelho_quimaraes_cardozo.pdf> Acesso em: 03 Abr. 2012.

CURY, CARLOS R J. A evolução do pensamento pedagógico. **Revista Nova Escola**. Edição especial: Grandes pensadores. Jan. 2003.

CRUZ, A., A., **Projeto e Implementação de um Framework para WebLabs Baseado em Ajax e Padrões de Projeto**. 2007. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CMUK, D., MUTAPCIC, T., AND I. BILIC, MIRACLE - Model for Integration of Remote Laboratories in Courses that Use Laboratory and e-Learning Systems - **IEEE Transactions on Learning Technologies**, vol. 2, no. 4, October-December 2009

CHUNG C, PENG Q. The selection of tools and machines on web-based manufacturing environments. **International Journal of Machine Tools & Manufacture** 44. 2004 p. 317–326.

CARNEVALI, G. AND G. BUTTAZZO. A virtual laboratory environment for real-time experiments. In **SISICAS** July. 2003.

CRANE, D., AJAX in Action. **Manning Publication** 2005.

CRUPI, J. Core J2Ee Patterns. **Prentice Hall PTR** 2003.

DELAY, R; **Weblab de um sistema de energia renovável**, Trabalho de conclusão de curso de Mecatrônica – Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PR, Curitiba, 2012.

DINSMORE, P. C., CAVALIERI, A., Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos: **livro-base de Preparação para Certificação PMP^R – Project Management Professional**, Ed. QualityMark, Rio de Janeiro, 2003, ISBN 85-7303-447-5, p.2

DURO. N., DORMIDO. R, VARGAS. H, DORMIDO-CANTO. S, SÁNCHEZ. J, FARIAS. G, and DORMIDO. S., ESQUEMBRE. F., An Integrated Virtual and Remote Control Lab the Three-Tank System as a Case Study, **IEEE Computing in Science & Engineering**, , 1521-9615/08, 2008.

D. LÓPEZ-DE-IPÍÑA, J. GARCÍA-ZUBIA, AND P. ORDUÑA, Remote control of Web 2.0-enabled laboratories from mobile devices, In **Proc. 2nd IEEE Int. Conf. e-Sci. Grid Comput.**, p. 123. Dec. 2006.

ELIANE G. GUIMARÃES, ELERI CARDOZO, DANIEL H. MORAES, AND PAULO R. COELHO - Design and Implementation Issues for Modern Remote Laboratories, **IEEE Transactions On Learning Technologies**, VOL. 4, NO. 2, April-June 2011

EMIGH, J., **New flash player rises in the Web-Video market**, Computer, vol. 39, no. 2, pp. 14–16, Feb. 2006.

FARIAS, A. F., **Desenvolvimento de um Web Lab SOA no Domínio de Redes de Computadores**, 2008. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

FISCHER, J., MITCHELL, R., ALAMO, J. D., Inquiry-Learning with WebLab: Undergraduate Attitudes and Experiences - **Journal of Science Education and Technology**, vol. 16, No. 4, August 2007, DOI 10.1007/S10956-007-9054-6

FUH, J. Y. H., LI. W. D., **Advances in collaborative CAD: the-state-of-the art. Computer-Aided-Design** 37. 2005. p. 571-581.

GRAVIER, C., Fayolle, C., BAYARD, J., ATEs, B., LARDON, M. J., State of the art about remote laboratories paradigms – foundations of ongoing mutations

International Journal of Online Engineering – Vol. 4, Issue 1, Feb. 2008.

GAMMA, E. AND BECK, K. Contributing to Eclipse Principles, Patterns, and Plug-ins. **Addison Wesley Professional**, 2004.

GARCIA. C. E, CARELLI R, POSTIGO J.F, SORIA C. Supervisory control for a telerobotic system: a hybrid control approach. **Control Engineering Practice** **11**, 2003, p. 805–817.

GARCIA-ZUBIA, JAVIER, et al. WebLab-Deusto-PLD: remote experimentation, surveys and students' opinion, **Frontiers in Education**, Paper No. T1A-6, Rapid City, SD, USA, October 12 - 15, 2011.

GARCÍA-ZUBÍA, J. LOPEZ-DE-IPÍÑA, D. ORDUÑA, P. HERNÁNDEZ, U. T. Questions and Answers for Designing Useful WebLabs, **International Journal of Online Engineering**, 2006.

GARCIA-ZUBIA, J., LÓPEZ-IPINÁ, D., and ORDUNÁ, P., Evolving Towards Better Architectures for Remote Laboratories: A Practical Case, **In International Journal of Online Engineering**., vol. 1, no. 2. Disponível em: < <http://www.i-joe.org> >, 2005.

GARCÍA-ZUBIA, J., ORDUÑA, P., LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D., and ALVES, G. R., Addressing Software Impact in the Design of Remote Laboratories, **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, vol. 56, no. 12, Dec. 2009, 0278-0046.

GARCIA-ZUBIA. J., MORAL. A. D., Suitability and Implementation of a WebLab in Enginneering, **Faculty of Engineering University of Deusto**, Apdo. 1, 48080 Bilbao, Spain zubia@eside.deusto.es, anselmo@eside.deusto.es © 2005, 0-7803-9402-X/05

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo. Atlas. 1991.

GOBBO, F., AND VACCARI, M., Open standards for higher education in robotics by immersive telelaboratories, **Learn. Technol. Newslett.**, vol. 7, no. 3, pp. 30–32, 2005.

HARWARD V. J., ALAMO J. A. del, LERMAN S. R., BAILEY P. H., J. CARPENTER, DELONG K., FELKNOR C., HARDISON J., HARRISON B., JABBOUR I., LONG P. D., MAO T., NAAMANI L., NORTHRIDGE J., SCHULZ M., TALAVERA D., VARADHARAJAN C., WANG S., YEHIA K., ZBIB R., and ZYCH D., The iLab Shared Architecture: A Web Services Infrastructure to Build Communities of Internet Accessible Laboratories, **Proceedings of the IEEE**, 0018-9219, IEEE 96, No. 6, June 2008.

HENRY, J., and GASPARYAN, O. Global Cooperation in WEB-based Control Laboratories: USA and Armenia, **Proceedings of Computer Science and Information Technologies**, Yerevan, Armenia, Disponível em: < <http://doiop.com/csit-2009> > 2009. p. 481.

HENRY, J., Guerrero, J. A. G. and ROSALES, B. S. (2010) Use of the internet to do Experiments of Dynamics and Control in Zacatecas, Mexico, in the Laboratory of the University of Tennessee Campus Chattanooga, **AIChE Annual Meeting**, Salt Lake City, UT, USA, 2010.

HENRY, J., Gasparyan, O., Serrano-Rosales, B., Ruja, I., Garcia-Zubia, J., Saliah-Hassane, H., Montoya, J. C., Unique Remote Experiments in Engineering: USA, Armenia, Canada, Colombia, Germany, Mexico, Romania & Spain. **ICEE - International Conference on Engineering Education**. 2011.

HUANG. S. H., SU. Q., SAMANT. N., KHAN. I., Development of a We-Based Integrated Manufacturing Laboratory, **Wiley Periodicals, Inc. Comput Appl Eng Educ** 9: 228-237, 2001; published online in Wiley InterScience; DOI 10.1002/cae.10006

IBOPE Nielsen Online, 2008, disponível em <http://www.ibope.com.br/pt-br/Compra-Online/Paginas/Relatorios.aspx>. Acesso em: Jan. 2010.

IBOPE Inteligência, 2009, disponível em http://www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Documents/09_01_26_oesp_campusparty.pdf. Acesso em: Jan, 2010.

IBOPE Nielsen Online, 2012-a, disponível em <http://www.ibope.com.br/pt-br/relacionamento/imprensa/releases/paginas/acesso-%C3%A0-internet-no-brasil-chega-a-83,4-milh%C3%B5es-de-pessoas.aspx>. Acesso em: Mar, 2013.

IBOPE Nielsen Online, 2012-b, disponível em <http://www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Paginas/Consumidor%20pretende%20comprar%20mais%20smartphone%20do%20que%20celular%20comum.aspx>. Acesso em: Mar, 2013.

KNOWLES, M. S. The Adult Learner A Neglected Species. **Gulf Publishin Compano**. Houston, 1990

LEITE. M. Q., NAJM. L. H., CORRÊA. P. L. P., NETO. A. V., FONSECA. V.L. I., System architecture form Data Acquisition, Extraction and Analysis for Experiments with Weblabs, 978-1-4244-7571-1/10, 2010.

LI W.D. An internet-enabled integrated system for co-design and concurrent engineering. **Computers in Industry** 55. 2004 p. 87–103.

LIMA, J. F.; NETO, J. R. M.; MARTINS, C. A. P. S., Laboratório Virtual: apresentação, conceituação, análise e uma proposta de definição, **XXXIII – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia – COBENGE**, Campina Grande, Paraíba, Setembro 2005.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, **MIT iCampus**. iLabs: Internet access to real labs - anywhere, anytime”, <http://icampus.mit.edu/ilabs>. Acessado em: 02 mai. 2010.

MATALLO JR., H. A. **A problemática do conhecimento**. In: CARVALHO, M.C.M. (Org.). Construindo o saber. 2. Ed. Campinas: Papirus, 2000. p. 13-28.

MENDES, L. A. **Desenvolvimento e validação de um reator piloto para processamento de materiais por plasma**. Florianópolis, 2001. p. 264. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MENDES, L. A. ; SANTOS, M. L. D. ; SIQUEIRA, M. T. C. . Systematization of the WebLabs Development Process: Towards an Approach Proposal. In: **International Conference on Engineering Education - ICEE**, 2010, Gliwice. 2010. p. 1.

MENDES, L. A. ; SIQUEIRA, M. T. C. ; SANTOS, M. L. D. . Conceptual Design of a Thermal Process Plant Weblab. In: **Remote Engineering and Virtual Instrumentation - REV'12**, 2012, Bilbao. Universidade de Deusto, v. 1. p. 1. 2012.

MIT iCampus: iLabs. Disponível em:

<<https://wikis.mit.edu/confluence/display/ILAB2/about+iLabs>> Acessado em: 27 mar. 2012.

MOREIRA, V. R., CARDOSO, F. A. C. M., ARANTES, D. S., Plataforma reconfigurável para ensino e pesquisa em laboratório de sistemas digitais à distância, **XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2008)**, Campinas, 2008.

MOSCONI, E. P., PRIM, M. F., FERNANDES, R. F., and FORCELLINI, F. A., Desenvolvimento da Concepção de um Sistema para Gestão de Conhecimento em Pequenas e Médias Empresas de Base Tecnológica, **IV Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos**, IV CBGDP, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil, 2003.

MUTO. K., Advanced Technology for Manufacturing Engineering Development. **JSAE Review** 24 303-312, 2003.

NEDIC. Z., MACHOTKA. J., NAFALSKT. A., Remote Laboratories Versus Virtual And Real Laboratories, **33rd ASSE/IEEE Frontiers in Education Conference**, Boulder, CO. November 5-8, 2003.

NGOLO, MÁRCIO ANTÓNIO, FERNANDES, **Arquitetura Orientada a Serviços REST para Laboratórios Remotos**, 2009. Dissertação (Mestrado), Universidade Nova de Lisboa, 2009.

OHFUJI, T.; MICHITERU, O; AKAO, Y. (1997). **Método de desdobramento da qualidade (1): elaboração e exercício da matriz da qualidade**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. (Manual de aplicação do desdobramento da função da qualidade, v. 1). (Disponível na biblioteca da EESC - USP).

ORDUÑA. P, GARCÍA-ZUBIA. J., IRURZUN. J., LÓPEZ-DE-IPÍÑA. L., RODRIGUEZ-GIL. LUIS, Enabling mobile access to Remote Laboratories, **IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)** – Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education, April 4 - 6, 2010, Amman, Jordan - 978-1-61284 -643-9/11.

PALADINI, S., **Experimentação Remota como Suporte a Ambientes de Aprendizagem de Física**. 2008. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

PAULSON, L. D., Building rich web applications with Ajax, **Computer**, vol. 38, no. 10, pp. 14–17, Oct. 2005.

PEREIRA, T.; Sales, B.; SOUZA, D.; MACHADO, L. G. J.; Restivo, M. T.; LOPES, A.; MORAES, R., **Laboratórios Remotos com Sistemas Hápticos para Educação à Distância LabTEVE** – Universidade Federal da Paraíba (Brasil) Disponível em: < www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2008_svr2.pdf > Acesso em: Abr 2013.

PINTO, ÁLVARO V. **Sete lições sobre a educação de adultos**, Ed.Cortez, 10ª Ed., SP 2001

PRIETO-BLÁZQUEZ, J., ARNEDO-MORENO, J., HERRERA-JOANCOMARTÍ, J., An Integrated Structure for a Virtual Networking Laboratory. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, Vol. 55, No. 6, June 2008. IEEE.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos (PMBOK Guide)**, Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.

PUGH, S., **Total Design: Integrated Methods for Successful Product Design**. Great-Britain: Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

REMOTELAB FEUP – Porto University, disponível em: <<http://remotelab.fe.up.pt>> Acessado em: 02 mai. 2010.

REXNET (Remote Experimentation Network), disponível em: <<http://www.rexlab.net>>
Acessado em: 05 mai. 2013.

ROCHA, L., A., **WebLab SOA no Domínio de Redes de Computadores para Experimentos Diff/Serv**, 2009. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2009.

ROMANO L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 2003. p. 321. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L., ALLIPRANDINI, D. H.; E SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: Uma Referência para a Melhoria dos Processos. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, L. R. P. DOS., CAMARGO, E. Z., JUNIOR, C. L. N., WEBLAB MAGLEV: EXPERIMENTO REAL VIA INTERNET PARA ENSINO EM CONTROLE, **XVIII Congresso Brasileiro de Automática**, 12 a 16 Setembro-2010, Bonito-MS

SANTOS, M. L. D. ; SIQUEIRA, M. T. C. ; MENDES, L. A. . Aplicação do QFD no processo sistemático de desenvolvimento de um WebLab para uma planta de processo de temperatura: identificação dos requisitos de usuário e de projeto. In: **XVII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2010, Bauru. CD de trabalhos do XVII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010.

SANTOS, M. L. D. ; SIQUEIRA, M. T. C. ; MENDES, L.A.; MACHADO, L. C. . Análise do tempo de resposta de um experimento em Weblab utilizando Design Fatorial 3k. In: **XVIII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção**, 2011, Bauru - SP. XVIII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, 2011.

SELMER. ANDERS, KRAFT. MARKUS, MOROS. RALF, COLTON. CLARK, - **Weblabs In Chemical Engineering Education**, Cod: ISSN 1473-4273 Preprint N° 41, 26 July 2006

SILVA. C. E. O, NAKAO. E. Y., SANTOS. P. P. G. D. DE O., SOUZA. T. P., VILLANI. E., Analysis of Customized and Commercial Solutions for Remote Monitoring of Manufacturing Process, **ABCM Symposium in Mechatronics**, Vol. 3 – pp. 414-423, 2008.

SOUZA, A. L.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, M. P. L. Recursos da Computação Gráfica para o Desenvolvimento de um Laboratório Virtual de Teoria Eletromagnética. **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE**. 2001. Porto Alegre, Setembro de 2001.

SOYSAL, O. Computer Integrated Experimentation in Electrical Engineering Education over **Distance Proceedings of ASEE 200 Annual Conference**, Saint Louis, MO, June 2000.

STEFANOVIC, M.; CVIJETKOVIC, V.; MATIJEVIC, M; VISNJA SIMIC, V.. A LabVIEW-based Remote Laboratory Experiments for Control Engineering Education. **Computer Applications in Engineering Education**, 2009, (early view) publicado online. Disponível em: <<http://www.interscience.wiley.com>>, DOI 10.1002/cae.20334.

TIDIA-KyaTera. Programa de Internet Avançada, FAPESP, Brasil. Disponível em: <<http://www.kyatera.fapesp.br>> Acessado em: 02 nov. 2011.

TZAFESTAS. C. S., PALAIOLOGOU. N., ALIFRAGIS. M., **Experimental Evaluation and Pilot Assessment Study of a Virtual and Remote Laboratory on Robotic Manipulation**, 2006.

TERNINKO, J., **Step-by-Step QFD – Customer-Driven Product Design**, Ed. St Lucie, 2nd ed, 1997.

TEIXEIRA, F. G., SILVA da, R. P., SILVA da, T. L. K., BRUNO, F. B., Um Sistema WEB para o Projeto Conceitual de Produtos, **5º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, Bauru**, São Paulo, Brasil, 2009.

VAN MAANEN. J. Reclaiming qualitative methods for organizational research. **Administrative Science Quartely**, v. 24, dez. 1979. p. 520-526.

WebLab Deusto; Disponível em: <<https://www.weblab.deusto.es/joomla/>> Acessado em: 02 mai. 2010.

ZHAN H.F. A web-based collaborative product design platform for dispersed network manufacturing. **Journal of Materials Processing Technology** **138**. 2003 p.600–604.