

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SISTEMA DE GESTÃO DE CONHECIMENTO
APLICADO AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS MECATRÔNICOS: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA**

Por,

André Luiz Pereira Corrêa

Brasília, 06 de outubro de 2014.



UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA

**ENGENHARIA
MECATRÔNICA**
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de
Tecnologia

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**SISTEMA DE GESTÃO DE CONHECIMENTO APLICADO
AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
MECATRÔNICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA**

ANDRÉ LUIZ PEREIRA CORRÊA

**ORIENTADOR(A): ANDREA CRISTINA DOS SANTOS, DR.
ENG.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM SISTEMAS
MECATRÔNICOS**

PUBLICAÇÃO: ENM. DM – 73/14

BRASÍLIA / DF: OUTUBRO – 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**SISTEMA DE GESTÃO DE CONHECIMENTO APLICADO
AO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS
MECATRÔNICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA**

ANDRÉ LUIZ PEREIRA CORRÊA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM SISTEMAS MECATRÔNICOS.

APROVADA POR:

ANDREA CRISTINA DO SANTOS, DR. ENG. (UNB/ENM)
(ORIENTADORA)

CARLOS HUMBERTO LLANOS QUINTERO, DR. ENG. (UNB/ENM)
(EXAMINADOR INTERNO)

DANIEL CAPALDO AMARAL, DR. ENG. (USP-SC)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 06 DE OUTUBRO DE 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

CORRÊA, ANDRÉ LUIZ PEREIRA

Sistema de gestão de conhecimento aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos: um estudo de caso em uma empresa de base tecnológica [Distrito Federal] 2014

xi, 62 p., 210 x 297 mm (ENM/FT/UnB, Mestre, Sistemas Mecatrônicos, 2014)

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica.

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. Produto Mecatrônico | 2. Gestão do Conhecimento |
| 3. PDP | 4. Empresa de Base Tecnológica |
| I. ENM/FT/UnB | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CORRÊA, A. L. P. (2014). Sistema de gestão de conhecimento aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos: um estudo de caso em uma empresa de base tecnológica, Publicação ENM.DM-73/14, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 62 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: André Luiz Pereira Corrêa.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Sistema de gestão de conhecimento aplicado ao processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos: um estudo de caso em uma empresa de base tecnológica.

GRAU: MESTRE

ANO: 2014

É concedida a Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma cópia para esta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

André Luiz Pereira Corrêa
SQS 403, Bloco J, Apto 302, Asa Sul
CEP: 70237-100 – Brasília/DF – Brasil
e-mail: andre_luiz@ymail.com

AGRADECIMENTOS

Alcançar um novo degrau no ciclo eterno do aprendizado nem sempre é fácil, e alcançar um degrau tão grande e difícil como o mestrado não é possível sozinho. Então, tem-se nesta seção o reconhecimento a todos os que me ajudaram a alcançar mais esta conquista, me desculpendo desde já com os que não foram citados explicitamente, mas serão sempre lembrados pelo importante papel neste feito. Agradeço a minha namorada Mariana, companheira de todas as horas, que sempre me apoiou durante todo o trajeto, incentivando e impedindo que me desmotivasse ao longo do processo. Agradeço muito à minha orientadora Andrea, que esteve sempre muito dedicada a me conduzir pelo melhor caminho da pesquisa, cuidando da motivação e resgatando em momentos de dificuldade. Agradeço aos meus pais Mônica e Luiz Fernando pela formação, apoio incondicional e presença em todas as fases da minha formação. E, por fim, agradeço à Universidade de Brasília por, mais uma vez, me propiciar a formação acadêmica e profissional do mais alto nível enquanto engenheiro atuante.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento de produtos para captura, representação e recuperação do conhecimento obtido ao longo do PDP, com foco em pequenas empresas de base tecnológica, no desenvolvimento de produtos mecatrônicos. O processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos tem se tornado cada vez mais um desafio para as empresas de base-tecnológica, que tem lidado com as complexidades da integração entre engenharia elétrica, mecânica e a tecnologia da informação. Estes desafios advindos da complexidade levam a definição do produto a ter altos níveis de incerteza nas fases iniciais do desenvolvimento e, conseqüentemente, um elevado número mudanças ao longo do desenvolvimento. Neste sentido, pode-se ter na gestão do conhecimento uma ferramenta para redução de incertezas e um facilitador na condução de mudanças ao longo do projeto. Com o foco em pequenas empresas, onde os recursos são limitados para ferramentas de gestão do conhecimento mais complexas, este trabalho buscou a modelagem do PDP para produtos mecatrônicos, tendo como base modelos advindos da revisão bibliográfica e o estudo de caso realizado em uma pequena empresa de base-tecnológica nacional. O modelo proposto para o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos contribui como um referencial que pode ser particularizado e aplicado em pequenas empresas de base tecnológica. A partir do modelo desenvolvido, formalizou-se uma ferramenta para gestão do conhecimento de escopo dedicado ao PDP para produtos mecatrônicos em pequenas empresas. A avaliação da ferramenta foi realizada por meio de um estudo de caso em uma pequena empresa de base-tecnológica, que mostrou a adequação da solução através de uma ferramenta de baixo custo de implementação e operação.

Palavras Chaves: Produto Mecatrônico; Processo de Desenvolvimento de Produtos; Gestão do Conhecimento; Empresa de Base Tecnológica.

ABSTRACT

The objective of this paper is to develop a knowledge management tool to support the product development: capturing, representing and retrieving the knowledge obtained during the PDP, focusing on small technology-based companies in mechatronic product development. The process of developing mechatronic products has become increasingly challenging for technology-based companies that have to deal with the complexities of integrating information technology, electrical and mechanics engineering. These challenges obtained by the complexity result in the product development to have high levels of uncertainty in the early stages and, consequently, a large number changes during the development. By this way, the knowledge management can be a valuable tool for reducing uncertainty and a facility in conducting the project change management. Focusing on small companies, where resources are limited to use more complex knowledge management tools, this study has modeled the PDP for mechatronic products, based on models studied from the literature review and a case study in a small national technology-based company. The proposed model for development process of mechatronic product contributes as a reference that can be individualized and applied in small technology-based companies. From the model developed, it has been formalized a tool for knowledge management with dedicated scope to PDP of mechatronic products on small companies. The tool evaluation is based on the case study in a small technology-based company, which showed the suitability of the solution through a tool with low cost for implementation and operation.

Keywords: Mechatronic Product; Product Development Process; Knowledge Management; Technology-based Company.

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 – Pequenas Empresas de Base Tecnológica	3
1.2 – Objetivos	4
1.3 – Metodologia	4
1.4 – Organização do Trabalho	6
Capítulo 2 – O Processo de Desenvolvimento de Produtos.....	7
2.1 – Produtos Mecatrônicos.....	7
2.2 – Fundamentos.....	8
2.3 – Modelo Unificado do PDP	9
2.4 – Modelo em V	10
2.5 – Modelo dos Três Ciclos	12
2.6 – Considerações sobre os Modelos	13
Capítulo 3 – Gestão de Mudanças	14
3.1 – Gerenciamento de Mudanças de Engenharia	15
3.2 – Melhoria Incremental do PDP	18
3.3 – Maturidade no Desenvolvimento de Produtos	19
Capítulo 4 – Gestão do Conhecimento	21
4.1 – Tipos de conhecimento	21
4.2 – Tarefas de Gestão do Conhecimento.....	23
4.3 – Sistemas de Gestão do Conhecimento	23
4.4 – Formas de Representação do Conhecimento.....	24
4.4.1 – ARCE-PDP	25
Capítulo 5 – Modelo do PDP Mecatrônico	28
5.1 – Empresa Selecionada	28
5.2 – Modelo Proposto	31
5.3 – Ciclo Estratégico.....	32
5.3.1 – Problema Inicial	33
5.3.2 – Prospecção Externa	33
5.3.3 – Requisitos (Uso).....	34
5.3.4 – Plano de Negócio do Produto.....	34
5.3.5 – Avaliação Conceitual	34
5.4 – Ciclo de Engenharia.....	35

5.4.1 – Especificação	35
5.4.2 – Planejamento	36
5.4.3 – Definição da Equipe.....	36
5.4.4 – Protótipo	36
5.4.5 – Desenvolvimento.....	36
5.5 – Ciclo de Produção	37
5.5.1 – Planejamento	37
5.5.2 – Equipe.....	38
5.5.3 – Protótipo	38
5.5.4 – Processo	38
5.5.5 – Lista de Materiais	38
5.6 – Considerações finais	39
Capítulo 6 – Ferramenta de Gestão do Conhecimento.....	40
6.1 – Visão Geral da Ferramenta.....	40
6.2 – Organização em Projetos	41
6.2.1 – Representação dos Projetos.....	42
6.2.2 – Soluções Técnicas	43
6.2.3 – Tomada de Decisão	45
6.3 – Modelo de Dados final	45
6.4 – Desenvolvimento do Software	46
6.4.1 – Casos de Uso	47
6.4.2 – Cadastro de Projetos	48
6.4.3 – Realização de Reuniões de Acompanhamento	50
6.4.4 – Busca de Informação	52
6.5 – Estudo de Caso.....	53
6.5.1 – Coleta de Dados.....	53
6.5.2 – Análise de Resultados.....	54
6.5.3 – Workshop	55
Capítulo 7 – Conclusões e Trabalhos Futuros.....	58
7.1 – Propostas de Trabalhos Futuros	60
Referência Bibliográfica	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Metodologia de Pesquisa.	6
Figura 2-1: Fontes de Complexidade (LINDEMANN; MAURER; BRAUN, 2009).	8
Figura 2-2: Modelo Unificado do PDP (ROZENFELD et al., 2006).	9
Figura 2-3: Modelo em V (HEHENBERGER et al., 2010).	11
Figura 2-4: Modelo dos Três Ciclos (GAUSEMEIER et al., 2011).	12
Figura 3-1: Tipos de Mudanças (ROZENFELD et al., 2006).	16
Figura 3-2: Realizar o Controle Integrado de Mudanças (PMI, 2008).	16
Figura 3-3: Fases e atividades do processo de ECM (ROZENFELD et al., 2006).	17
Figura 3-4: Processo de Melhoria Incremental do PDP (ROZENFELD et al., 2006).	19
Figura 4-1: Classificação do Conhecimento (CHANDRASEGARAN et al., 2013).	22
Figura 4-2: Transformações entre Conhecimentos Tácitos e Explícitos.	23
Figura 4-3: Representação do conhecimento no PDP (CHANDRASEGARAN et al., 2013).	25
Figura 4-4: Arquitetura para registro de conhecimentos explícitos sobre o processo de desenvolvimento de produtos (ARCE-PDP) (AMARAL, 2002).	26
Figura 5-1: Sequência de Desenvolvimento de Produtos na Empresa Selecionada.	31
Figura 5-2: Modelo do PDP proposto para produtos mecatrônicos.	32
Figura 5-3: Ciclo Estratégico do PDP.	33
Figura 5-4: Ciclo de Engenharia do PDP.	35
Figura 5-5: Ciclo de Produção.	37
Figura 5-6: Modelo PDP completo.	39
Figura 6-1: Modelo de representação de projetos.	42
Figura 6-2: Soluções Técnicas.	44
Figura 6-3: Tomada de Decisão.	45

Figura 6-4: Modelo de Dados Completo.....	46
Figura 6-5: Diagrama de Caso de Uso.....	47
Figura 6-6: Cadastro de Novo Projeto.....	48
Figura 6-7: Detalhes do Projeto.....	49
Figura 6-8: Detalhes da Entrega.....	50
Figura 6-9: Definição da pauta da reunião.....	51
Figura 6-10: Definição da ata da reunião.....	52
Figura 6-11: Resultado da busca.....	53

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Para enfrentar o modelo competitivo atual, as empresas necessitam concentrar maiores esforços no desenvolvimento de produtos, com intuito de atender as necessidades dos clientes, a custos acessíveis no tempo desejado. Neste cenário, com intuito de aumentar a previsibilidade (repetitividade) no desenvolvimento de produtos e reduzir os riscos envolvidos aborda-se o desenvolvimento de produtos como um processo de negócio, ou seja, como um conjunto de atividades que produzem valor para o cliente (BALDAM; VALLE; ROZENFELD, 2014). Assim conhece-se: o processo de desenvolvimento de produtos, PDP (ROZENFELD et al., 2006).

O PDP é composto pelas atividades do ciclo de vida do produto, desde a ideia inicial, desenvolvimento, produção e comércio, podendo envolver o descarte e retirada do produto do mercado (ROZENFELD et al., 2006).

A gestão do PDP se torna ainda mais crítica no desenvolvimento de produtos complexos, como os produtos mecatrônicos. Um produto complexo envolve um grande número de variáveis, ou seja, é composto com muitos componentes, subsistemas, sistemas, e com muitas inter-relações entre eles (BHISE, 2013). Além disso, parte da complexidade origina-se da integração de equipes de múltiplas disciplinas (engenharia mecânica, eletrônica e tecnologia da informação) (GAUSEMEIER et al., 2011; HEHENBERGER et al., 2010; VERNADAT, 1996).

A complexidade é também aumentada pelas incertezas ao longo do tempo no processo de desenvolvimento de produtos, as incertezas são naturais durante todo o PDP. Fiates et al. (2010) aponta que as mudanças e as incertezas são provenientes de inovações tecnológicas, de inovações de marketing, ou de outros tipos de inovação, podendo estas serem observadas a cada semana no atual contexto globalizado. Segundo os autores, estas mudanças podem ser vistas como oportunidades, em que a empresa deve estar preparada para entender e aproveitar. Neste sentido, os autores apontam a importância no desenvolvimento de uma base de conhecimento que deve auxiliar na identificação de incertezas, transformando-as em oportunidades.

De acordo com Rodrigues et al. (2014), incertezas são definidas como falta ou imprecisão de informação e conhecimento nas primeiras fases do desenvolvimento. Com o progresso do PDP, as incertezas presentes em cada fase do desenvolvimento de produtos

acabam por provocar mudanças (no produto ou no processo), que, se não aproveitadas como oportunidades, podem representar o não cumprimento de prazos ou estimativas de qualidade ou custo, do produto ou do desenvolvimento do produto.

Quanto mais tarde no desenvolvimento de um produto, mais crítico se torna o gestão das solicitações de mudanças, dado o impacto em tempo, escopo e custo do desenvolvimento.

Outro efeito da falha, ou da não gestão de mudanças, está na perda de rastreabilidade de requisitos do produto, ou seja, mudanças que não forem conduzidas de maneira coordenada e documentada, como indicado no processo de Controle Integrado de Mudanças (PMI, 2008), por exemplo, podem levar à dificuldade de associação entre funcionalidades do produto e requisitos especificados inicialmente para o produto, podendo assim reduzir a eficiência do processo como um todo.

Diante desta problemática de mudanças no processo de desenvolvimento de produtos, levanta-se a questão: Como melhorar a gestão do PDP, aumentando a previsibilidade do processo de desenvolvimento, reduzindo a quantidade e o impacto de mudanças, focando em pequenas empresas de base tecnológica?

Vernadat (1996) aponta os problemas de integração envolvidos na gestão do desenvolvimento de produtos, relatando sobre a importância da modelagem para integração entre empresas na data do estudo. Contudo, observa-se nos dias atuais que o problema ainda persiste. A carência da modelagem do processo de desenvolvimento de produtos, criação uma visão comum para diferentes partes, prossegue ainda até mesmo no contexto interno das empresas, com desafios presentes principalmente para pequenas empresas.

Este problema de integração vem sendo resolvido por um conjunto de ferramentas computacionais, que trabalhando de maneira integrada formam a plataforma PLM (*Product Lifecycle Management*). Schuh et al. (2008) apontam três causas para os resultados limitados obtidos na implementação do PLM:

- Alta complexidade do conceito, faltando conhecimento aprofundado para implementação;
- As implementações focam em aspectos isolados, como gestão de documentos, evitando uma visão holística do PDP;
- Falta de documentação ou publicação das falhas de implementação do PLM.

Chandrasegaran et al (2013) argumentam que uma ferramenta computacional efetiva para o gerenciamento da informação precisa contar com modelos de representação de conhecimento eficientes, capazes de reter as informações acumuladas ao fim de uma execução do processo de desenvolvimento, sendo esta informação fundamental para desenvolvimentos posteriores.

Chandrasegaran et al (2013) realçam ainda que a representação do conhecimento a partir da informação obtida depende não apenas do conteúdo da informação, mas do contexto em que a informação foi produzida, requerendo assim que a ferramenta de suporte ao desenvolvimento possa capturar o conhecimento produzido ao longo do processo e salvar de maneira relevante o contexto da informação.

Assim, buscou-se propor uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento para captura e representação do conhecimento ao longo do PDP, em que o foco está na redução da complexidade, tornando a implementação viável para pequenas empresas.

1.1 – Pequenas Empresas de Base Tecnológica

Ao estabelecer o foco deste trabalho em pequenas empresas de base tecnológica, observa-se um contexto com maior carga de inovação e desenvolvimento de novas tecnologias, intensificando a presença de incertezas ao longo do processo de desenvolvimento de produtos.

Buscando melhor definição deste foco, Dahlstand (2007) e Toledo et al. (2008) apontam divergências na definição de empresas de base tecnológica, porém mostram consenso na dependência da tecnologia para o desenvolvimento e sobrevivência destas empresas. Mas reforçam que esta tecnologia não precisa necessariamente ser nova, nem inovadora. Este conceito é reforçado por Oliva et al. (2011) e Ubeda et al. (2013), onde empresas de base tecnológicas são caracterizadas pela aplicação sistemática de conhecimento técnico e científico no desenvolvimento de produtos.

O conhecimento para o desenvolvimento de produtos com novas tecnologias é, muitas vezes adquirido através de um processo de pesquisa e desenvolvimento, o P&D (OLIVA et al., 2011). Dahlstand (2007) afirma ainda a possibilidade de definir empresas de base tecnológica medindo o montante investido em P&D, ou o número de funcionários envolvidos em P&D.

Em se tratando de pequenas empresas, a fronteira entre P&D e o PDP torna-se menos clara, onde as atividades de cada processo passam a ser executadas em conjunto. Este fenômeno pode ser pensado como resultado da busca por uma redução no tempo de desenvolvimento de novos produtos, ou ainda pelo reduzido número de funcionários, o que leva um funcionário a executar atividades de ambos os processos. Ribeiro et al. (2012) reforça a ideia de que pequenas empresas tratam o processo de P&D de maneira não estruturada, em arranjos menos formalizados.

Se a separação entre P&D e PDP em pequenas empresas pode não ser muito clara, a classificação de empresa de base tecnológica pelo investimento e envolvimento em P&D pode não ser adequada (RIBEIRO; OLIVEIRA; BORINI, 2012). Assim, será utilizada a definição: Empresas de Base Tecnológica são empresas de intenso uso de tecnologia no desenvolvimento de produtos ou serviços. Esta tecnologia pode estar embarcada no produto, no processo de desenvolvimento, no processo de produção ou ainda em qualquer outra fase do ciclo de vida do produto.

1.2 – Objetivos

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de apoio ao desenvolvimento de produtos para captura, representação e recuperação do conhecimento obtido ao longo do PDP, com foco em pequenas empresas de base tecnológica, no desenvolvimento de produtos mecatrônicos.

Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos para a pesquisa:

- Realizar a modelagem do processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos com a finalidade de criação de visão comum para partes envolvidas;
- Desenvolver um modelo de dados para recuperação do conhecimento de projeto de produto;
- Aplicar a ferramenta em um caso exemplo.

1.3 – Metodologia

A pesquisa inicia-se com a fundamentação teórica realizada a partir de uma revisão bibliográfica das principais disciplinas envolvidas na definição do problema apresentado no início do capítulo, bem como na fundamentação da solução proposta na seção 1.2.

A revisão bibliográfica é composta por:

- Pequenas Empresas de Base Tecnológica (PEBT): onde buscou-se a definição do escopo deste trabalho, destacando as empresas alvo de estudo (já realizada na seção 1.1 –).
- Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP): Com a definição anterior das empresas, buscou-se uma revisão dos modelos de referência para o PDP que mais se adequassem a produtos mecatrônicos.
- Gestão de Mudanças (GM): desde a base de gerenciamento de projetos, buscou-se conceituar a gestão de mudanças, fundamentando o problema sendo estudado.
- Gestão do Conhecimento (GC): por fim, realiza-se a revisão dos principais conceitos envolvidos na definição de conhecimento e gestão do conhecimento, que devem embasar as decisões tomadas no projeto da ferramenta proposta.

A partir da revisão de PEBT e PDP, é proposto um modelo para o processo de desenvolvimento de produtos. Este modelo possui sua base na observação em campo, acompanhando a execução do PDP em uma PEBT, caracterizando-se como um estudo de caso.

A partir da revisão de GM e GC, propõe-se o modelo de dados que será utilizado para representação do conhecimento na ferramenta proposta.

Para avaliação da ferramenta, alimentou-se a base de dados com informações coletadas a partir da empresa alvo do estudo de caso e realizou-se uma análise a cerca dos resultados obtidos e de como o conhecimento representado pode auxiliar o PDP.

A Figura 1-1 apresenta uma organização visual da metodologia descrita. Os retângulos indicam as proposições e contribuições deste trabalho, enquanto as figuras redondas indicam as linhas teóricas trabalhadas para sustentação das proposições.

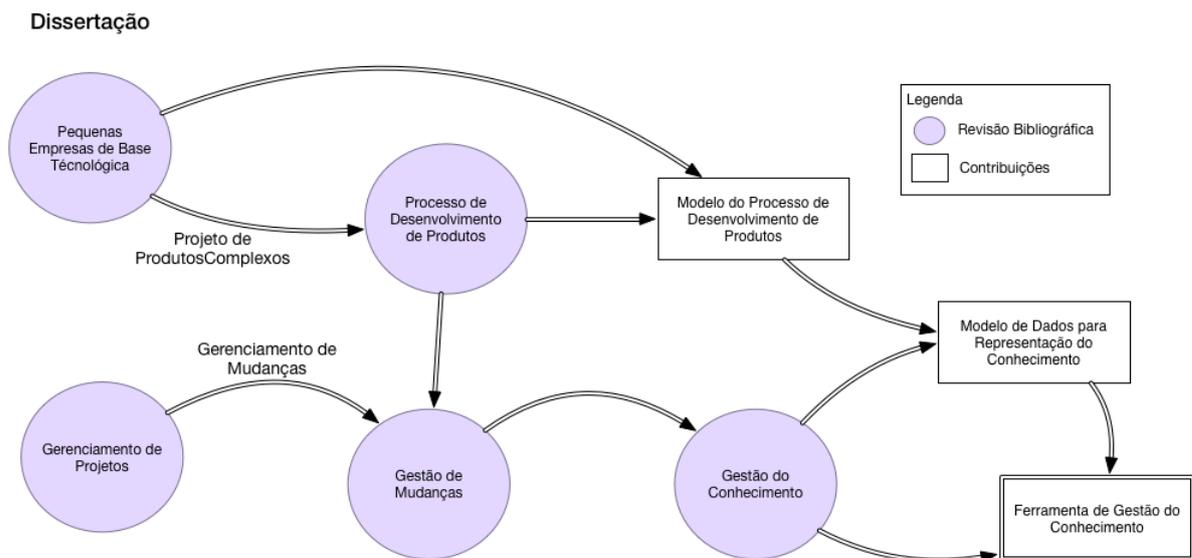


Figura 1-1: Metodologia de Pesquisa.

1.4 – Organização do Trabalho

Buscando uma organização de capítulos o mais próxima possível da metodologia proposta, tem-se:

- Capítulo 2 – Revisão sobre PDP, que compreende desde o entendimento de modelos de referência aos modelos utilizados para embasar o modelo proposto.
- Capítulo 3 – Revisão sobre Gestão de Mudanças, herdando os conceitos levantados pelo PDP, agregando-se as definições trazidos do gerenciamento de projetos.
- Capítulo 4 – Revisão sobre gestão do conhecimento, buscando definições que serão a base do sistema proposto.
- Capítulo 5 – Modelo PDP proposto, a partir de observação de uma empresa de base tecnológica, utilizando os fundamentos apresentados no capítulo 2.
- Capítulo 6 – Projeto e análise da ferramenta de gestão do conhecimento proposta.
- Capítulo 7 – Conclusões e propostas de trabalhos futuros

CAPÍTULO 2 – O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Em revisão bibliográfica, encontra-se a definição de diversos modelos para o processo de desenvolvimento de produtos (GAUSEMEIER et al., 2011; HEHENBERGER et al., 2010; ROZENFELD et al., 2006). A seleção do modelo mais adequado pode ser feita pelo conhecimento do tipo de produto alvo, que neste trabalho trata-se do produto mecatrônico.

Assim, o objetivo deste capítulo será a conceituação de produtos mecatrônicos, bem como a apresentação dos principais conceitos envolvidos na modelagem do processo de desenvolvimento de produtos, apresentando os modelos de referência que serão utilizados na modelagem, apresentada no capítulo 5.

2.1 – Produtos Mecatrônicos

Por conta da característica de integração e interconexão da engenharia mecânica, elétrica e da tecnologia da informação (HEHENBERGER et al., 2010), produtos mecatrônicos podem ser abordados como produtos complexos, onde a probabilidade de mudanças de escopo durante o desenvolvimento ao longo do projeto é alta.

Sistemas complexos podem ser caracterizados pela sua diferenciação em relação a sistemas simples e complicados. De acordo com Maurer (2007) e Lindemann et al. (2009), sistemas simples possuem poucos parâmetros com baixo acoplamento e dependência destes parâmetros, enquanto que sistemas complicados possuem grande número de parâmetros com forte conexão e dependência entre os parâmetros. A diferenciação entre sistemas complexos e complicados está na dinâmica do sistema, ou seja, o sistema complicado se mantém estável por um período de tempo determinado.

Lindemann et al. (2009) classifica as origens de complexidade em quatro campos, classificados como internos e externos. A Figura 2-1 apresenta alguns exemplos destas fontes.

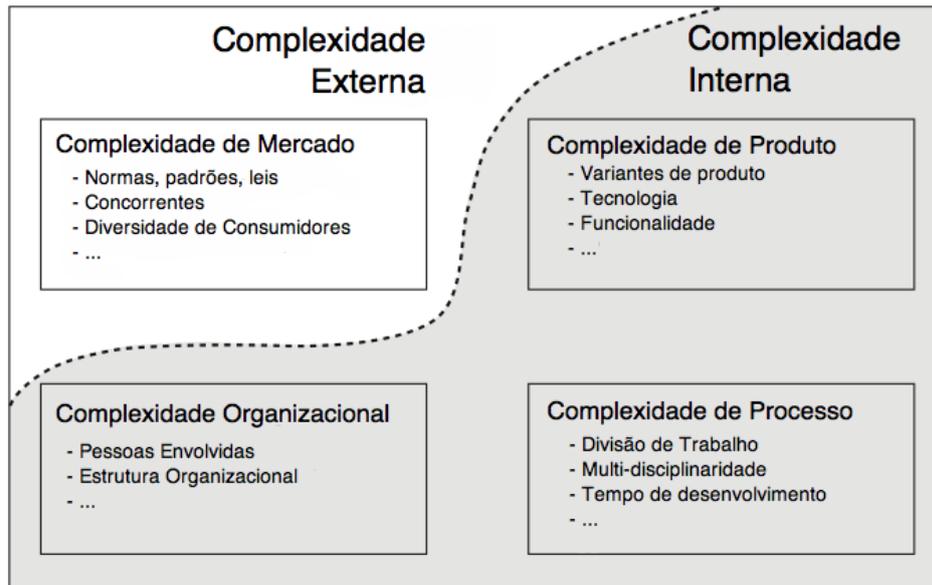


Figura 2-1: Fontes de Complexidade (LINDEMANN; MAURER; BRAUN, 2009).

Analisando a Figura 2-1, observa-se que os produtos de empresas de base tecnológica apresentam complexidade interna de produto (por conta do alto grau de tecnologia envolvida), enquanto que produtos mecatrônicos somam a complexidade de processo, fruto da multidisciplinaridade já citada no início da seção.

Esta visão de produto mecatrônico é corroborada por Buur & Andreasen (1989), que apontam a dificuldade de um projetista de produtos mecatrônicos de manter uma visão global do projeto, frente as múltiplas equipes envolvidas. Outras dificuldades são, então, derivadas: dificuldades de estimativa de custos, de comunicação, de usabilidade, de rastreabilidade.

2.2 – Fundamentos

Os conceitos utilizados na definição de modelo de referência para este trabalho são baseados na obra de Vernadat (1996):

- **Modelo:** é uma representação útil de um objeto, sistema, processo. Trata-se de uma abstração da realidade expressar com algum formalismo ou linguagem definida pelas estrutura de modelagem.
- **Processo de Negócio:** é uma sequência de atividades empresariais, cuja execução se inicia por um evento e o resultado pode ser quantificado e observado.

- Modelo de Referência: é um modelo que pode ser utilizado como base (visão comum) para um modelo específico ou para o desenvolvimento de um modelo particular.

Assim, a definição de um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) se torna um fator crítico sob dois aspectos: disseminação e homogeneização da visão sobre o processo de desenvolvimento de produtos, e estabelece linhas base para a melhoria contínua do processo. Vernadat (1996) aponta ainda cinco motivações para a modelagem empresarial, que podem ser também observadas na modelagem do PDP:

- Gerenciar a complexidade dos sistemas;
- Melhor gerenciamento de todos os tipos de processos;
- Formalização do conhecimento empresarial;
- Reengenharia de processos de negócios; e
- Integração empresarial.

2.3 – Modelo Unificado do PDP

O modelo unificado do PDP foi proposto por Rozenfeld et al. (2006). Uma representação esquemática deste modelo pode ser observada na Figura 2-2, onde percebe-se uma modelagem de todo o ciclo de vida do produto, desde de o planejamento estratégico do portfólio até descontinuidade e retirada do produto.

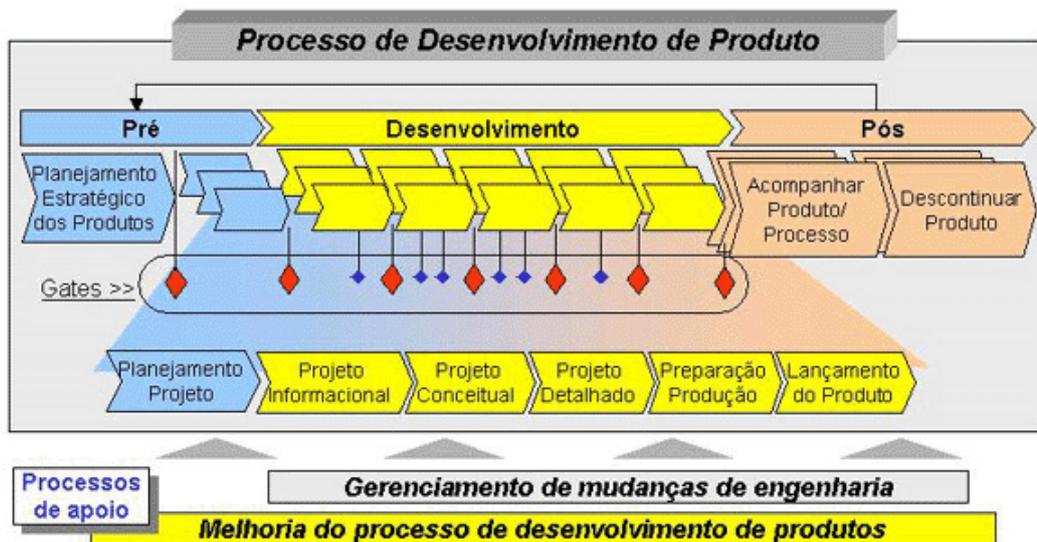


Figura 2-2: Modelo Unificado do PDP (ROZENFELD et al., 2006).

O desenvolvimento, incluindo as fases pré e pós, foi dividido em fases, que são delimitadas pelos chamados *Stage Gates*, ou pontos de decisão. Nestes pontos, aprendizados de fases anteriores são formalizados, correções de curso são feitas e eventuais decisões de interrupção do desenvolvimento podem ser tomadas.

Uma premissa muito característica deste modelo é cada fase do desenvolvimento trabalha com o refinamento e aprimoramento das fases anteriores, ou seja, o projeto informacional é o primeiro projeto do produto, já utilizando como base as informações de escopo e requisitos fornecidos pelo planejamento do projeto. A seguir, o projeto conceitual parte dos resultados do projeto informacional, avançando no desenvolvimento e em seguida tem-se o projeto detalhado que deve finalizar o projeto do produto, passando à preparação do produção.

Neste sentido, os resultados de uma fase concluída são congelados como entrada da próxima fase e mudanças e correções são tratadas pelas fases seguintes. O autor não descarta a possibilidade de atividades de diferentes fases serem realizadas de maneira concorrente, desde que a transição efetiva esteja bem delimitada, onde serão inseridos os já citados *stage gates*.

Este modelo é amplamente aceito, mas primordialmente pensado para a produção de bens de consumo, mais especificamente para empresas do ramo metal-mecânico.

Assim, a aplicação deste modelo no desenvolvimento de produtos mecatrônicos é possível, mas pode se mostrar trabalhosa e não adequada, dada a complexidade do processo de desenvolvimento e produção deste tipo de produto.

No entanto, este modelo está sendo revisado neste trabalho, pela sua forte relação com a gestão do processo de desenvolvimento de produtos, materializando as fases envolvidas no ciclo de vida de produtos.

2.4 – Modelo em V

Este modelo de referência está definido na norma VDI 2206 (HEHENBERGER et al., 2010), dedicada exclusivamente ao desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas mecatrônicos.

O modelo em V é apresentado na Figura 2-3. Após a análise de todos os requisitos do sistema, os subsistemas são definidos, como por exemplo os subsistemas mecânicos, elétricos e computacionais (tecnologia da informação).

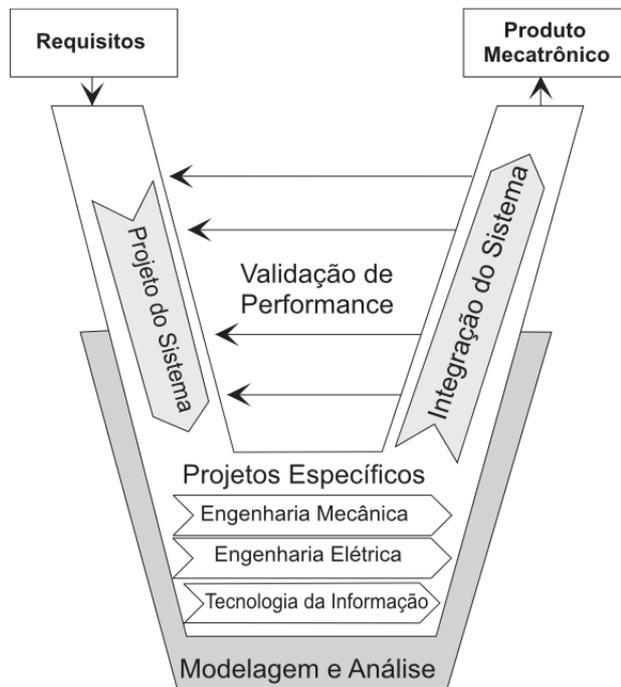


Figura 2-3: Modelo em V (HEHENBERGER et al., 2010).

A partir da definição dos subsistemas, as equipes responsáveis por cada um iniciam o desenvolvimento de maneira cooperativa. Com a conclusão do desenvolvimento e teste de cada subsistema, inicia-se a fase de integração do sistema.

Vale ressaltar que testes de performance e restrições são executados à medida que o sistema mecatrônico como um todo é integrado e caso as metas esperadas não sejam atingidas, o fluxo de desenvolvimento pode retornar às fases iniciais de projeto, alterando de maneira consistente os requisitos dos subsistemas, para então executar a fase de integração novamente.

Este modelo de referência é mais adequado para o escopo deste trabalho: produtos mecatrônicos. Mas seu foco está no projeto e desenvolvimento do produto em si, não abordando as outras fases do ciclo de vida do desenvolvimento do produto.

Dada a alta complexidade de um produto mecatrônico, o projeto do processo produtivo, o planejamento estratégico, a definição de escopo e o descarte ou retirada do

produto do mercado devem ser levados em consideração (não esgotando-se as fases do ciclo de desenvolvimento do produto).

2.5 – Modelo dos Três Ciclos

O modelo dos três ciclos é proposto por Gausemeier (2011), com foco em produtos mecatrônicos. Um esquemático do modelo pode ser observado na Figura 2-4.

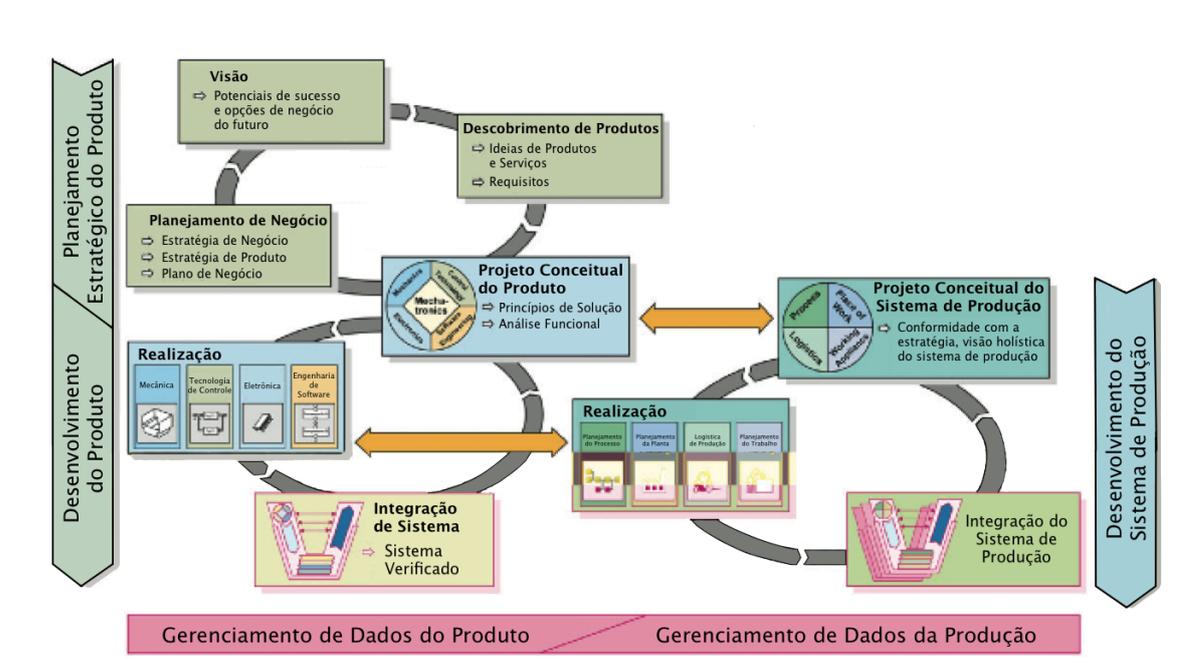


Figura 2-4: Modelo dos Três Ciclos (GAUSEMEIER et al., 2011).

Como indicado na figura, o primeiro ciclo (superior esquerdo) é responsável pelo planejamento estratégico do produto, desde de a prospecção e identificação de oportunidades, relacionando o produto a ser desenvolvido ou em desenvolvimento com o portfólio da empresa.

O segundo ciclo (inferior esquerdo) é o ciclo responsável pelo desenvolvimento do produto em si, e, neste ciclo, Gausemeier (2011) sugere que pode-se empregar o modelo em V apresentado anteriormente para o desenvolvimento de produtos.

E, o terceiro ciclo (inferior direito) é pensado para o projeto e desenvolvimento do processo produtivo, desde o planejamento da linha de produção até a interação com fornecedores e a logística de distribuição.

A relação entre o segundo e o terceiro ciclo herda a complexidade trazida pelo desenvolvimento de produtos mecatrônicos, ao ponto que o processo produtivo se torna mais complexo ao lidar com componentes eletrônicos e estruturas mecânicas complexas.

2.6 – Considerações sobre os Modelos

O estudo dos modelos anteriores foi conduzido com foco no produto alvo deste trabalho: o produto mecatrônico. Neste sentido, deve-se entender que o Modelo Unificado (ROZENFELD et al., 2006) foi desenvolvido para a indústria de produtos metal-mecânico, fazendo com que o modelo em V seja mais adequado, visto que é especificado em uma norma para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos.

No entanto, o Modelo Unificado foi apresentado para conceituação das fases pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, que são necessárias para o entendimento do ciclo de desenvolvimento de produtos.

O Modelo de Gausemeier (GAUSEMEIER et al., 2011) reforça a ideia da utilização do modelo em V (HEHENBERGER et al., 2010), buscando a modelagem de mais fases do PDP, visando o desenvolvimento do processo de produção e o pré-desenvolvimento.

A aplicação deste modelo de referência em pequenas empresas de base tecnológica pode ser feita especificando-se as atividades envolvidas em cada ciclo do desenvolvimento, adequando-o à realidade encontrada nestas empresas.

Além da modelagem do PDP, processos de apoio devem ser modelados, com o intuito de auxiliar e interagir com outros departamentos da organização. Com o foco deste trabalho na gestão e redução de incertezas ao longo do PDP, deve-se ter em mente que o processo de apoio à gestão de mudanças deve ser especificado e ter seu escopo de atuação definido ao longo do PDP.

Assim, o capítulo seguinte apresenta a base conceitual para a definição deste processo de apoio, a partir do entendimento do Modelo Unificado.

CAPÍTULO 3 – GESTÃO DE MUDANÇAS

O ambiente de desenvolvimento de produtos é dinâmico. Sendo assim, o processo de desenvolvimento deve ser capaz de lidar com as diversas requisições de mudança, sendo elas provenientes de: partes interessadas (*stakeholders*), alterações no mercado, o aparecimento ou amadurecimento de novas tecnologias, bem como alterações por necessidades internas, como novas restrições ou premissas geradas pelas equipes do projeto.

Rozenfeld et al. (2006) propõe que o gerenciamento de mudanças, ou de requisições de mudanças, seja realizado através de dois processos de apoio ao PDP: Gerenciamento de Mudanças de Engenharia (ECM) e Melhoria Incremental do PDP.

A execução de cada um destes processos de apoio está condicionada à natureza da requisição de mudança, ou seja, se a mudança proposta for para o PDP, aciona-se a melhoria incremental do PDP, enquanto que se a mudança for para o produto em desenvolvimento, independente da fase de desenvolvimento, aciona-se o ECM.

Já o Guia PMBoK (PMI, 2008) trata de mudanças especificamente em um processo chamado “Realizar o Controle Integrado de Mudanças”. Cujo os objetivos são:

- Influenciar os fatores que tentam evitar o controle integrado de mudanças para que somente as mudanças aprovadas sejam implementadas;
- Revisar, analisar e aprovar as solicitações de mudança imediatamente, que é essencial já que uma decisão lenta pode afetar negativamente o tempo, custo ou viabilidade de uma mudança;
- Gerenciar as mudanças aprovadas;
- Manter a integridade das linhas de base liberando somente as mudanças aprovadas para serem incorporadas ao plano de gerenciamento do projeto e aos documentos do projeto;
- Revisar aprovar ou rejeitar todas as ações corretivas e preventivas recomendadas;
- Coordenar as mudanças através de todo o projeto;
- Documentar o impacto completo das solicitações de mudanças.

Mas para atingir estes objetivos, deve-se entender como será realizado o controle integrado de mudanças no escopo deste trabalho, ou seja, deve-se entender como funcionam

os processos de gestão de mudanças apresentados por Rozenfeld et al. (2006) para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos.

3.1 – Gerenciamento de Mudanças de Engenharia

Para Rozenfeld et al. (2006), mudanças de engenharia são mudanças que provocam alterações em desenhos, especificações, processos de fabricação, ainda que não realizadas pela área de engenharia da empresa.

As mudanças podem ser classificadas em dois tipos: as controladas e as não controladas. Mudanças não controladas são mais comuns no início do projeto, quando os requisitos do produto estão sendo levantados e a especificação elaborada.

Conforme o projeto do produto amadurece, e o ciclo de desenvolvimento avança, Rozenfeld et al. (2006) aponta que as mudanças começam a ser gerenciadas pelo processo ECM. Para Sudin & Kristensen (2011), as mudanças são benéficas para ajuste e clareza o escopo do produto em desenvolvimento, mas se não controladas podem interferir de maneira negativa no tempo de entrega (*lead time*) e no custo para o desenvolvimento do produto.

No entanto, mudanças controladas podem ainda ser classificadas segundo o momento em que ocorrem no ciclo de vida do produto: durante o desenvolvimento ou após o desenvolvimento. E caso ocorram após o desenvolvimento, podem ainda afetar produtos que estão em campo (podendo gerar o chamado *re-call*) ou apenas os novos produtos, que ainda serão produzidos. A Figura 3-1 apresenta um resumo dos tipos de mudança citados.

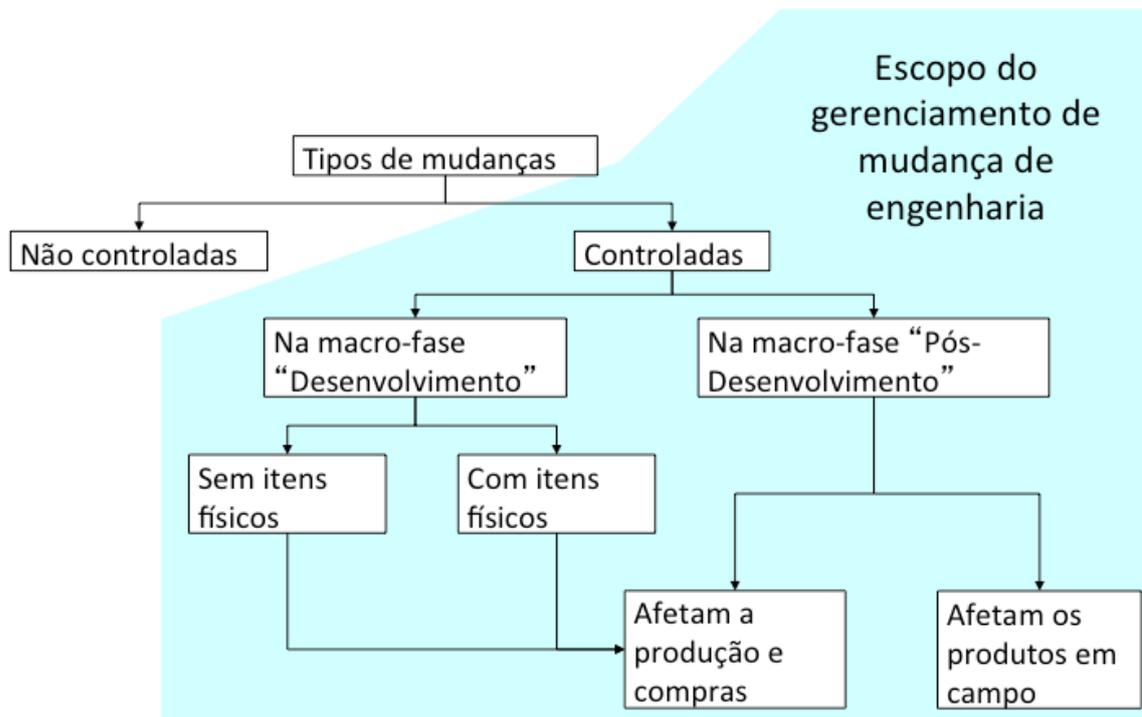


Figura 3-1: Tipos de Mudanças (ROZENFELD et al., 2006).

A partir da classificação das mudanças apresentadas na Figura 3-1, buscou-se entender como está definido o processo de gerenciamento das mudanças em si. O Guia PMBoK (PMI, 2008) traz a definição apresentada na Figura 3-2 para o processo de controle integrado de mudanças.

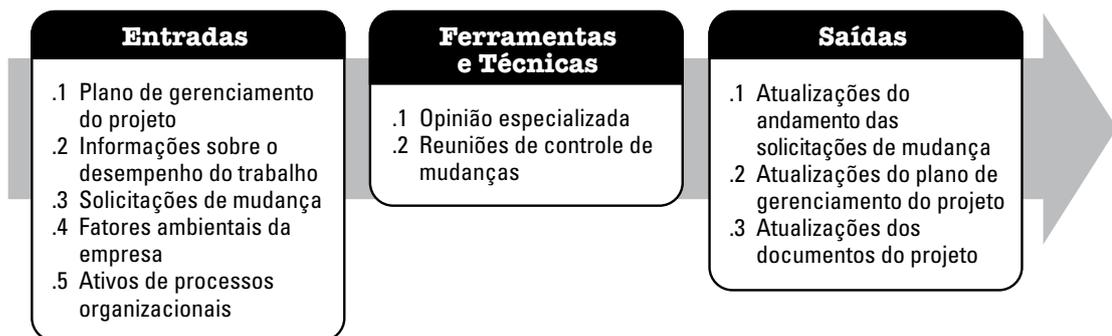


Figura 3-2: Realizar o Controle Integrado de Mudanças (PMI, 2008).

De maneira resumida e genérica, o guia sugere um processo que, a partir de uma solicitação de mudança e da documentação do projeto (planos e resultados), realiza-se reuniões de controle de mudanças, consultando a opinião de especialistas para mensuração e avaliação dos impactos da mudança nas mais diversas dimensões: tempo, custo, prazo, escopo. E, caso a mudança seja aprovada, as atualizações de estado da mudança, do projeto e do planejamento do projeto são realizadas e obtidas como saída do processo.

No entanto, o Guia PMBoK (PMI, 2008), pelo seu propósito, se mantém genérico na definição do processo. O que leva à avaliação da Figura 3-3, onde apresentou-se a definição do processo ECM para Rozenfeld et al. (2006). Trata-se de uma definição mais detalhada e focada no desenvolvimento de produtos, com a discriminação de fases e atividades. Nesta definição tem-se inclusive as atividades de elaboração da solicitação de mudança, enquanto que o Guia PMBoK (PMI, 2008) pressupõe que a solicitação já foi elaborada por alguma parte interessada (*stakeholder*) do projeto.

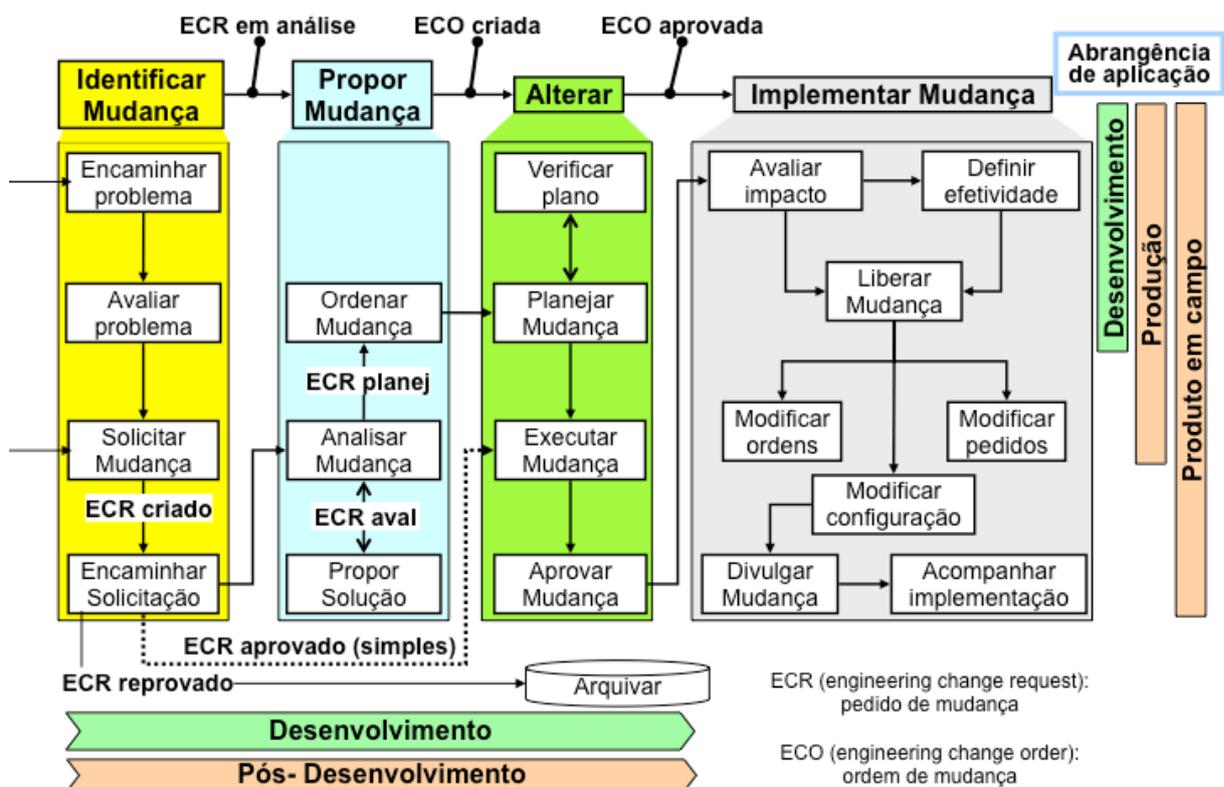


Figura 3-3: Fases e atividades do processo de ECM (ROZENFELD et al., 2006).

A primeira fase do processo é a identificação da mudança, que pode acontecer através de um problema reportado, que gera a solicitação de mudança após avaliado. Ou então por uma solicitação já elaborada, supondo que a avaliação do problema foi realizada antes da execução do processo. Mesmo neste último caso, a ECR (requisição de mudança) é criada dentro do processo, garantindo conformidade e controle para a gestão das mudanças.

A segunda fase é a proposição da mudança, onde a ECR é efetivamente avaliada, principalmente pela opinião de especialistas, como apontado pelo Guia PMBoK (PMI, 2008), e decide-se pela realização ou não da mudança.

Em caso de aprovação da mudança, segue-se para a fase de alteração, onde os documentos e o planejamento do produto são alterados, segundo um plano de mudança definido no início desta mesma fase.

Por fim, tem-se a fase de implementação da mudança, onde as alterações realizadas nos documentos e planos do produto são implementadas e refletidas no próprio produto.

Da execução deste processo, deve-se atentar para o fato de que para mudanças controladas, toda alteração no produto (fase de implementação) passou antes pela alteração dos documentos e planos. E, assim, o histórico de mudanças na documentação auxilia na rastreabilidade de requisitos do produto, ou seja, o histórico desta documentação permitirá o vínculo de um novo requisito do produto (obtido no final do processo) ao problema que este requisito buscou resolver (entrada do processo).

3.2 – Melhoria Incremental do PDP

Mas além das mudanças de engenharia, que dizem respeito ao produto, deve-se lidar também com as solicitações de mudanças ou melhorias para o processo de desenvolvimento de produtos.

Assumindo que a modelagem do PDP na empresa parte de um modelo de referência, tal como abordado do capítulo 2, Rozenfeld et al. (2006) aponta que uma solicitação de mudança aprovada deve primeiramente refletir suas alterações no modelo de referência, compartilhando a mudança entre todos os envolvidos no processo. Após a atualização do modelo de referência, as alterações devem ser refletidas na forma de trabalho, como instâncias do modelo de referência.

A Figura 3-4 apresenta a definição do processo de melhoria incremental realizada por Rozenfeld et al. (2006). O caráter cíclico do processo remete a definições consagradas de melhoria contínua de processos como o ciclo PDCA de Deming e a trilogia da qualidade de Juran.

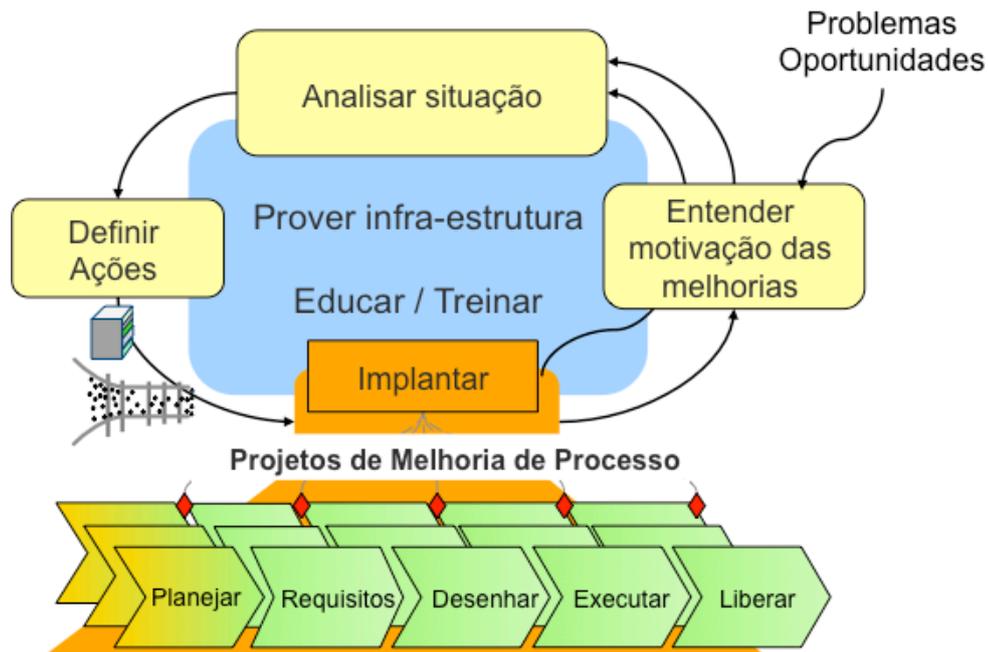


Figura 3-4: Processo de Melhoria Incremental do PDP (ROZENFELD et al., 2006).

Ao identificar um problema ou oportunidade de melhoria no PDP, inicia-se a fase “Entender motivação das melhorias”, onde reúne-se todas as entradas, motivações ou gatilhos que criaram a oportunidade de melhoria do processo.

De posse das informações levantadas, avalia-se a situação, buscando causas, checando a viabilidade de melhoria e gerando as propostas de melhoria. Em seguida, inicia-se a fase de definição de ações, onde a mudança no processo é aprovada, alternativas de solução são levantadas e as ações de melhoria são definidas, de maneira priorizada.

Por fim, realiza-se a implementação da melhoria, que pode acontecer de maneira atômica, em caso de mudanças pequenas ou através de um projeto de implantação da mudança, indicado pelas cinco fases apresentadas na partir inferior da Figura 3-4.

3.3 – Maturidade no Desenvolvimento de Produtos

A eficiência na execução do processo de melhoria incremental do PDP está ligada ao nível de maturidade da organização com relação a melhoria de processos, tal como abordado pelo modelo CMMI-DEV (2006).

De acordo com Chrissis et al. (2011), os modelos CMMI são coleções de melhores práticas para auxiliar as organizações na melhoria de seus processos. Estes modelos são

desenvolvidos por equipes formadas por pessoas do mercado privado, governamental e pelo SEI (Software Engineering Institute).

Um dos modelos desenvolvidos é o CMMI-DEV, ou CMMI para o desenvolvimento de produtos e serviços. Este modelo conta com a possibilidade de se ter recomendações para o desenvolvimento integrado do processo produtivo e do produto (IPPD), sendo esta uma extensão muito interessante para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos, onde a complexidade do produto reflete na complexidade do processo produtivo, requerendo a aproximação de ambos os desenvolvimentos.

De acordo com o CMMI Product Team (2006), a maturidade do processo de desenvolvimento de produtos pode ser caracterizada em 6 níveis:

- Nível 0: Incompleto
- Nível 1: Realizado
- Nível 2: Gerenciado
- Nível 3: Definido
- Nível 4: Quantitativamente Gerenciado
- Nível 5: Otimizado

A organização progride nos níveis de maturidade à medida que aumenta o seu controle e o seu conhecimento sobre o processo de desenvolvimento, até atingir o nível Otimizado, quando tem-se o pleno conhecimento do processo para realização de melhorias e otimização.

CMMI Product Team (2006) indica que a melhoria no processo e a estabilização dos resultados depende do conhecimento de fontes de anomalias em execuções particulares do processo. Ou seja, o conhecimento de execuções anteriores do processo pode auxiliar na melhoria do próprio processo, bem como na redução no número de solicitações de mudanças em futuros desenvolvimentos.

CAPÍTULO 4 – GESTÃO DO CONHECIMENTO

O objetivo deste capítulo é estabelecer a base teórica que estará por trás do sistema de gestão do conhecimento proposto, onde justifica-se a informação que será mantida e trabalhada para recuperação e rastreabilidade de desenvolvimentos anteriores.

Segundo Amaral (2002), gestão do conhecimento pode ser definida como “um conjunto de esforços dedicados a garantir e incentivar a criação, o registro e o compartilhamento do conhecimento”. Podendo ainda ser dividida em três planos: estratégico, organizacional (políticas de recursos humanos, a cultura organizacional e a estrutura organizacional) e a infraestrutura, contendo os sistemas de informação e de mensuração de resultados, foco do presente trabalho.

Barroso & Gomes (1999), reforçam a multidisciplinaridade envolvida nesta área, composta pelos campos: teoria das organizações, filosofia, psicologia cognitiva, ciência da informação, entre outros.

No entanto, o conhecimento pode ser abordado em 3 grandes classes (DAVENPORT; PRUSAK, 1998): dados (é o conhecimento armazenado diretamente nas bases de dados, coletado a partir de eventos ocorridos ou objetos presentes no desenvolvimento), informação (é o conhecimento produzido através da interpretação de um conjunto de dados e está fortemente atrelado ao emissor e ao receptor da informação) e conhecimento, que segundo Amaral (2002), é a união de experiências, valores, informação contextual e intuição.

4.1 – Tipos de conhecimento

Chandrasegaran et al. (2013) aponta que classificar o conhecimento é fundamental para traçar estratégias de representação do conhecimento, mostrando na Figura 4-1 três possíveis classificações do conhecimento, a partir de diferentes dimensões.

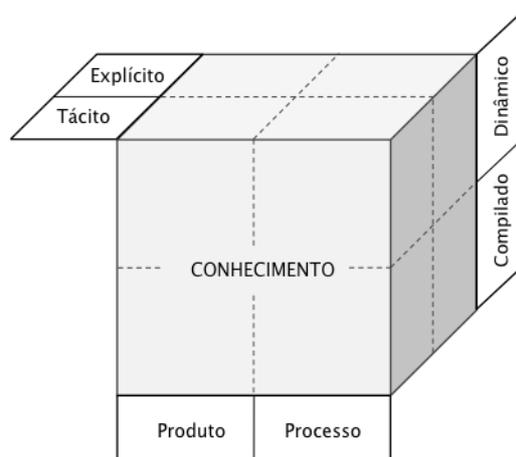


Figura 4-1: Classificação do Conhecimento (CHANDRASEGARAN et al., 2013).

Nonaka & Takeuchi (1997) propuseram a organização do conhecimento em dois tipos básicos (dimensão superior da Figura 4-1): conhecimentos explícitos e conhecimentos tácitos. Conhecimentos explícitos são conhecimentos estruturados, que podem ser traduzidos e armazenados em bases de dados, como documentos desenvolvidos durante o processo de desenvolvimento de produtos.

Já o conhecimento tácito é o conhecimento advindo das pessoas, ou seja, as habilidades que cada pessoa possui. Este conhecimento encontra dificuldade para registro e transmissão dentro da organização. Porém, segundo os autores, existe um ciclo acontecendo constantemente nas empresas, responsável pela transformação de conhecimento tácito em conhecimento explícito e vice-versa.

As transformações do conhecimento acontecem em 4 momentos (NONAKA; TAKEUCHI, 1997):

- Socialização: seria a transformação do conhecimento tácito em conhecimento tácito, ou seja, é a transmissão de experiências ou habilidades entre as pessoas.
- Externalização: seria a transformação do conhecimento tácito em conhecimento explícito, ou seja, quando as pessoas escrevem ou registram o conhecimento adquirido durante o processo.
- Combinação: seria a transformação do conhecimento explícito em conhecimento explícito. Nesta transformação, diversas fontes de conhecimento explícito são combinadas ou agrupadas, buscando uma abordagem sistêmica para o conhecimento.

- **Internalização:** seria a transformação do conhecimento explícito em conhecimento tácito, ou seja, ocorre quando uma pessoa obtém o conhecimento explícito e o emprega na prática, produzindo suas próprias experiências e conhecimento.

Uma representação gráfica das transições pode ser observada na Figura 4-2, onde Nonaka & Takeuchi (1997) reforçam ainda que estas transições acontecem em espirais durante a gestão do conhecimento, ou seja, trata-se de um ciclo evolutivo.



Figura 4-2: Transformações entre Conhecimentos Tácitos e Explícitos.

4.2 – Tarefas de Gestão do Conhecimento

Rubenstein-Montano et al. (2001) reforçam que novas abordagens em gestão do conhecimento devam seguir algumas diretrizes, entre elas tem-se: as tarefas de gestão do conhecimento devem incluir encontrar, verificar, armazenar, organizar, compartilhar e utilizar o conhecimento.

As tarefas anteriores são compartilhadas entre o sistema de informação envolvido na gestão do conhecimento e os indivíduos da empresa. Abordagens focadas em armazenar, organizar e compartilhar informações tendem a trabalhar mais fortemente o sistema de gestão do conhecimento, enquanto que abordagens focadas em encontrar, verificar e utilizar o conhecimento tendem a manter seus resultados centrados nas pessoas envolvidas no processo de aprendizagem da empresa, indo além dos repositórios de conhecimento.

4.3 – Sistemas de Gestão do Conhecimento

Segundo Amaral (2002), o sistema de informação envolvido na gestão do conhecimento (SGC) deve ir além do gerenciamento da informação, provendo ainda

ferramentas para trabalho em grupo. E a especificação deste sistema pode ser feita em dois grandes passos: definir formas de representação do conhecimento e definição de tecnologias de informática que serão utilizadas para implementação do sistema.

A representação do conhecimento deve ser capaz de garantir rapidez ao processo de codificação, rapidez no processo de busca e ainda eficiência ao aproveitar ou consumir a informação recuperada. A seção sobre representação do conhecimento deve abordar estas questões em maior detalhe.

Várias são as possibilidades de tecnologias a serem utilizadas para o desenvolvimento de Sistemas de Gestão do conhecimento, no entanto, observa-se maior tendência na utilização de arquiteturas WEB para o seu desenvolvimento, tendo em vista as facilidades para compartilhamento e trabalho em grupo, estimulando o desenvolvimento colaborativo.

4.4 – Formas de Representação do Conhecimento

Para Amaral (2002), o conhecimento explícito enunciado por Nonaka & Takeuchi (1997), pode ser representado em 8 formas, são estas:

- Não Padronizadas: é mais comum, sendo representada por livros, documentos internos, relatórios, listas de verificação, procedimentos, anotações, etc.
- Mapas do Conhecimento: é uma forma de conhecimento explícito que aponta onde está o conhecimento, ou seja, pessoas, documentos, base de dados.
- Narrativas: conhecimento explícito produzido com narrativas sobre eventos e acontecimentos ao longo do processo. Segundo Davenport & Prusak (1998), Esta seria a forma mais próxima do conhecimento tácito, onde busca-se a representação de experiências.
- Linguagem Estruturada: o conhecimento é representado através de uma linguagem formada, com padrões e regras de boa formação, o que torna o texto menos ambíguo.
- Regras: forma utilizada nas áreas de inteligência artificial e sistemas especialistas, tendo sua origem muito parecida com a linguagem estruturada.
- Mapas Cognitivos: é uma forma de representação que em geral utiliza setas e flechas, onde as flechas indicam as relações entre as sentenças, criando um mapa do conhecimento.

- Ontologias: são especificações explícitas dos conceitos relativos a um determinado domínio.
- Modelos de processos de negócios: onde o conhecimento está armazenado no formato de processos, que lidam com cada ação do dia a dia da empresa.

Estas formas de representação do conhecimento devem ser dominadas e trabalhadas dentro do contexto de gestão do conhecimento buscando a sua melhor utilização dentro do modelo para atingir os objetivos já citados: rapidez na codificação do conhecimento, rapidez na busca do conhecimento e eficiência no aproveitamento da informação obtida.

Chandrasegaran et al. (2013) também apresentou formas de representação do conhecimento, classificadas em: visual (imagens), linguística (textual), virtual (modelos computacionais), algorítmica e simbólica (estruturada). Onde o uso de cada forma é mais adequado dependendo do estágio do PDP em execução (Figura 4-3).

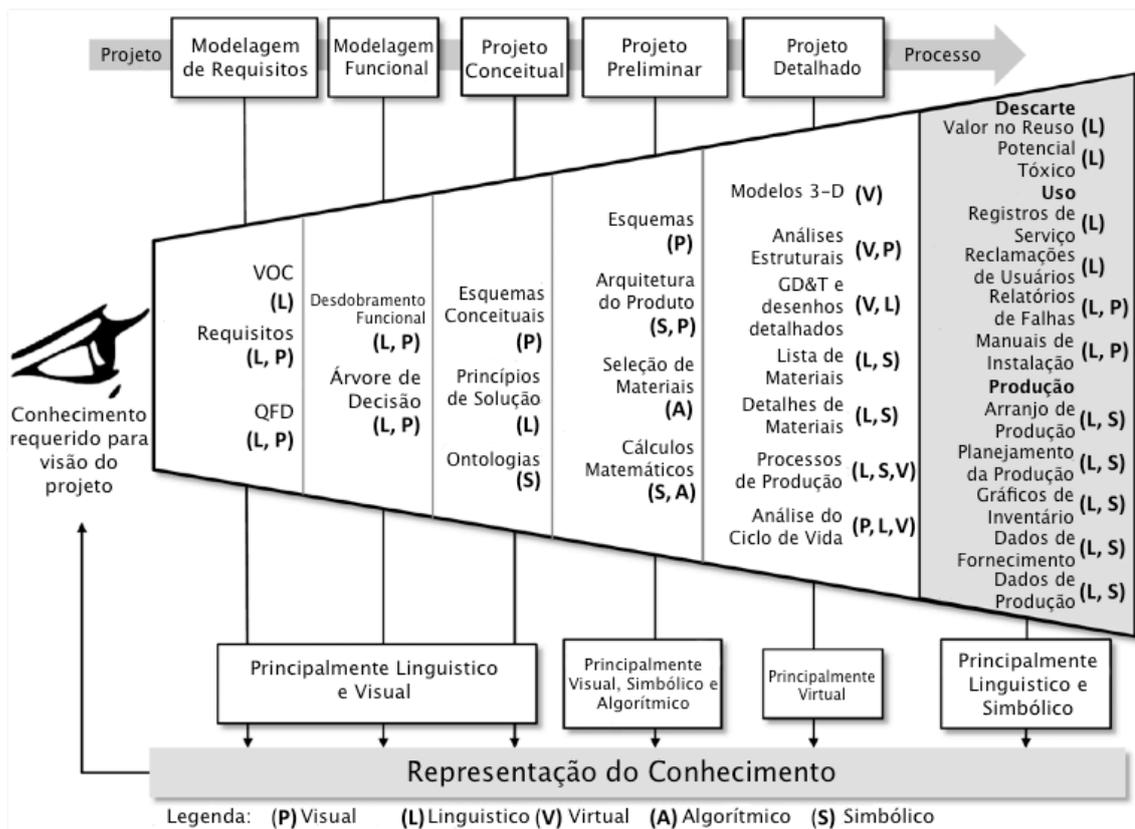


Figura 4-3: Representação do conhecimento no PDP (CHANDRASEGARAN et al., 2013).

4.4.1 – ARCE-PDP

Para o desenvolvimento de um modelo para a ferramenta de gestão do conhecimento em pequenas empresas de base tecnológica, partiu-se o da arquitetura proposta por Amaral

(2002), ARCE-PDP (Figura 4-4). Esta arquitetura é formada por três grandes classes, a primeira é o repositório de conhecimento, que é montado em três camadas: registros, sentenças e modelos.

Os registros são as informações produzidas durante o processo de desenvolvimento de produtos, através de reuniões, eventos, conversas, relatórios, documentos, etc. Esta camada conta basicamente com formas não estruturadas de representação do conhecimento.

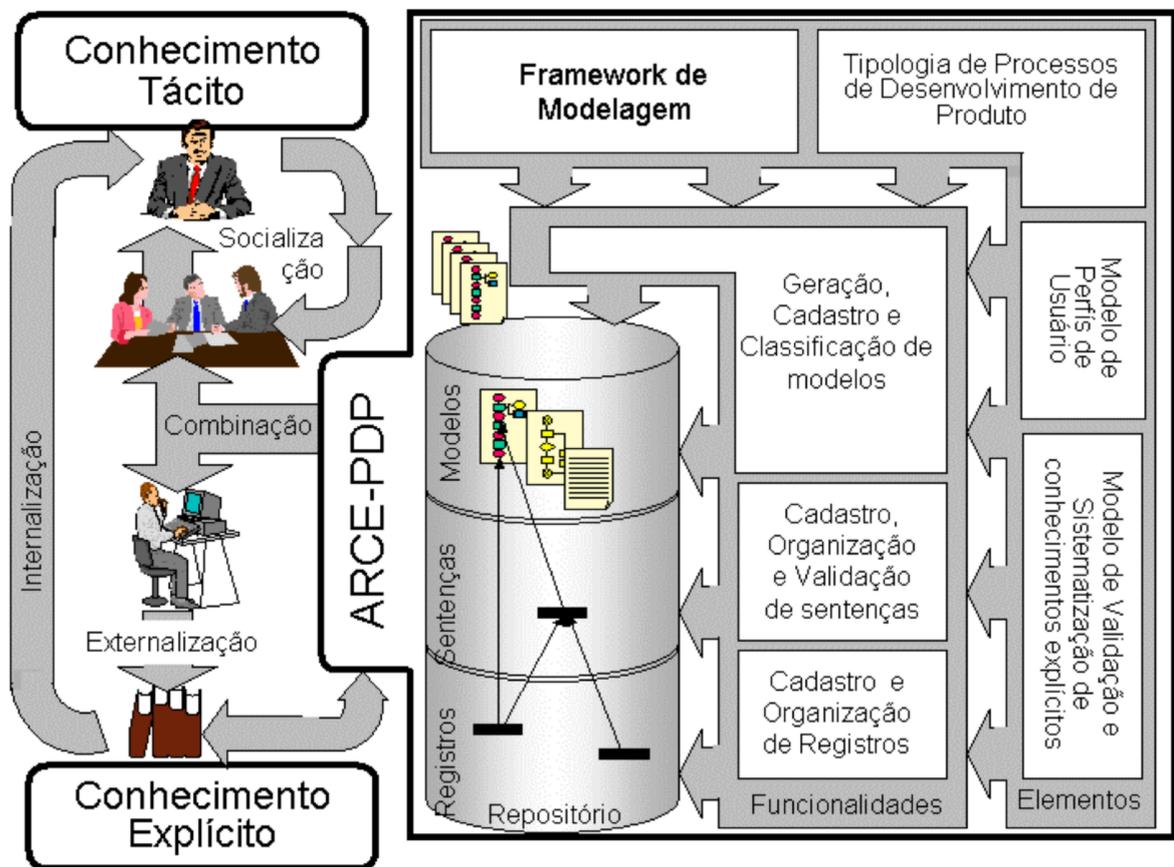


Figura 4-4: Arquitetura para registro de conhecimentos explícitos sobre o processo de desenvolvimento de produtos (ARCE-PDP) (AMARAL, 2002).

Os Registros são classificados em seis tipos básicos: eventos, padrões, especialistas, entrevistas, casos, referencias bibliográficas.

As sentenças são formas estruturadas do conhecimento, onde são formadas basicamente por regras, utilizando um ou mais registros. Segundo Amaral (2002), as sentenças são fundamentais para validação e sistematização do conhecimento produzido durante o PDP.

E os modelos são as representações do processo executado, ou seja, estrutura todo o conhecimento adquirido durante a execução do PDP. Segundo Amaral (2002), trazem uma visão sistêmica do processo.

A segunda classe é formada pelas funcionalidades: cadastro, armazenamento, validação e atualização dos conhecimentos explícitos, sentenças e modelos gerados. Estas funcionalidades são implementadas com base nos elementos, que compõem a terceira classe. Estes elementos são:

- Framework de Modelagem;
- Tipologia do Processo de Desenvolvimento de Produtos;
- Modelo de Perfis de usuários;
- Modelo de validação e sistematização de conhecimentos explícitos.

CAPÍTULO 5 – MODELO DO PDP MECATRÔNICO

Para aplicação e formalização da gestão do conhecimento no desenvolvimento de produtos, necessita-se modelar o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos, foco do trabalho.

A modelagem foi realizada com base nos estudos dos modelos de referência apresentados no capítulo 2 (GAUSEMEIER et al., 2011; HEHENBERGER et al., 2010; ROZENFELD et al., 2006), e a partir do estudo de caso em uma empresa de base tecnológica.

A empresa foi escolhida pela facilidade de acesso a informações do autor, que atua diretamente no desenvolvimento de produtos da empresa. Por meio da observação e envolvimento com a empresa selecionada e por meio da revisão da literatura modelou-se o processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos em pequenas empresas de base tecnológica.

5.1 – Empresa Selecionada

A empresa selecionada é uma pequena empresa de base tecnológica, com cerca de 15 funcionários, que trabalha em média com o desenvolvimento de 3 produtos por ano, no ramo de segurança da informação, atuando na área de autenticação e segurança de comunicações de voz e dados.

Os produtos desenvolvidos são compostos por hardware e software, enfrentando os desafios de integração dos produtos mecatrônicos.

Nesta empresa, o processo de desenvolvimento de um produto, ainda sob a gestão de portfólio, se inicia com uma ideia ou uma demanda do cliente interno (pode ser a equipe comercial, algum engenheiro, ou outra parte interessada no portfólio da empresa). De posse desta ideia, a equipe comercial inicia uma fase de prospecção e sondagem com clientes externos ou possíveis interessados no mercado, para poder alimentar o processo de desenvolvimento.

Após a prospecção, um primeiro documento ou solicitação contendo os requisitos mínimos é elaborado e passado para avaliação da engenharia. Nesta fase, fase de avaliação da engenharia, a Diretoria Técnica, em acordo com a situação do PMO, define o líder ou gerente deste novo projeto, que é responsável por conduzir a avaliação e emitir o parecer técnico sobre o desenvolvimento do produto.

Definido que existe mercado para o produto e que é realizável em tempo hábil com os recursos disponíveis, o termo de abertura é emitido (normalmente formalizado apenas com um e-mail) e o projeto entra em fase de definição de escopo e especificação técnica do produto. Porém, esta especificação ainda é submetida novamente para a comercial, para aprovação, alteração e principalmente alinhamento de expectativas quanto ao produto.

Com a definição do produto em pleno acordo, o líder ou gerente do projeto, em reunião com o PMO, define a equipe do projeto, baseando-se nas habilidades que serão necessárias para a realização do projeto.

Em seguida, ocorre uma reunião de *kickoff*, onde o projeto é apresentado de maneira formal para a equipe (pois estes membros da equipe provavelmente já participaram de *brainstroms* durante a especificação do produto) e ocorre um alinhamento dos papéis de cada membro dentro do projeto.

Se for necessário, a equipe passa por uma fase de treinamento (pode ser assistido ou um auto-treinamento), buscando habilidades que serão necessárias para o início do projeto (estudo e aprendizado ainda ocorrerão ao longo de todo o projeto, tendo em vista que o foco da empresa é inovação).

A seguir, o projeto passa por uma fase de desdobramento, onde o escopo é partido em uma ou mais WBS's, que mais a frente serão desdobradas em cronogramas para os membros da equipe. No entanto, alguns pontos do escopo se mostram cercados de grande incerteza, o que dificulta as estimativas do projeto, então ocorre um momento de prototipagem de algumas partes ou de validação de conceito, onde implementam-se pequenos conceitos envolvidos para trazer mais certeza ao processo de planejamento e reduzir riscos durante o planejamento (estes "testes" devem ser curtos, durando máximo 1 semana, que é o prazo entre duas reuniões de acompanhamento do projeto).

Definido o cronograma, a equipe, o escopo detalhado e levantados os riscos (que são documentados durante as reuniões de acompanhamento), o projeto entra em fase de desenvolvimento. Este desenvolvimento é iterativo, onde as funcionalidades do produto vão sendo implementadas, testadas e liberadas em formatos de release ou versões para testes internos da engenharia ou do cliente interno (equipe comercial) e os *feedbacks* produzidos alimentam a fase de desenvolvimento a cada instante.

A partir do *feedback* fornecido e de uma mudança reconhecida, o projeto pode enfrentar mudanças de escopo, e ser conduzido a quatro pontos do processo de desenvolvimento, dependendo da profundidade da mudança:

- Ponto 1: a mudança é compreendida e a equipe precisa apenas ajustar o desenvolvimento para realizá-la;
- Ponto 2: a mudança é compreendida, porém a equipe não possui o conhecimento necessário para realizá-la, então deve passar por um breve treinamento para realiza-la.
- Ponto 3: a mudança não foi completamente compreendida e disseminada pela equipe, então ocorre um *brainstorm* para alinhamento da equipe quanto ao novo escopo do projeto.
- Ponto 4: a mudança envolve novas competências que a equipe não possui, sendo necessária alteração da equipe. Neste caso o impacto é alto para alinhamento e treinamento destes novos membros para produzirem de maneira adequada.

E, de maneira iterativa, o projeto é ajustado frente as mudanças e conduzido até o seu encerramento. A partir deste fluxo de desenvolvimento, propôs-se o modelo apresentado na seção seguinte.

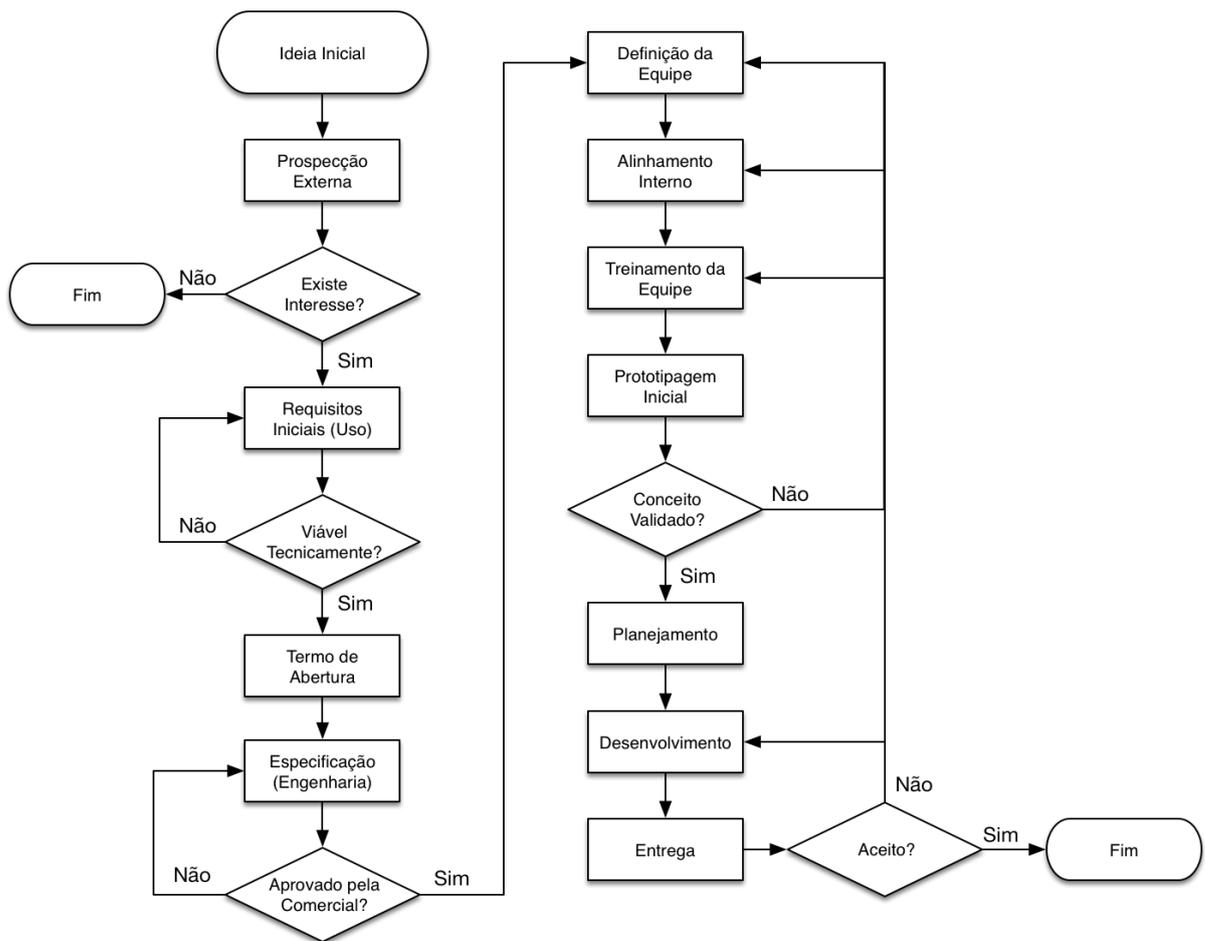


Figura 5-1: Sequência de Desenvolvimento de Produtos na Empresa Seleccionada.

O desenvolvimento de produtos descrito está esquematizado na Figura 5-1, sendo este esquema a base para o modelo do processo de desenvolvimento de produtos proposto na seção seguinte.

5.2 – Modelo Proposto

Como estrutura para o modelo proposto (Figura 5-2), manteve-se a abordagem em três ciclos utilizada por Gausemeier (2011), onde tem-se: o ciclo estratégico (foco no planejamento estratégico), o ciclo de engenharia (foco no produto) e o ciclo de produção (foco no processo produtivo).

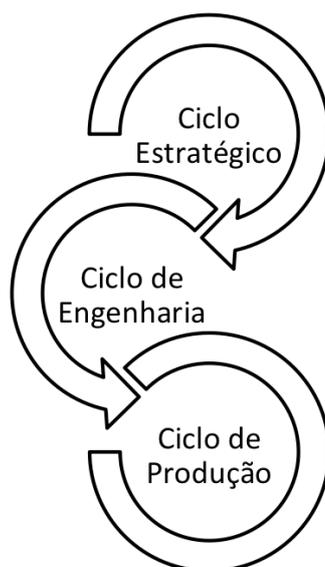


Figura 5-2: Modelo do PDP proposto para produtos mecatrônicos.

Diferentemente do modelo apresentado por Rozenfeld et al. (2006), este modelo compreende o processo de desenvolvimento de produtos até o início da produção, mantendo o foco nas fases de pré-desenvolvimento e desenvolvimento.

Dado o foco específico do modelo proposto: desenvolvimento de produtos mecatrônicos em pequenas empresas de base tecnológica, nas seções a seguir tem-se a definição dos objetivos e atividades desempenhadas em cada um dos ciclos.

5.3 – Ciclo Estratégico

O ciclo estratégico é formado pelas atividades de negócio do processo de desenvolvimento de produtos, focando-se na interface do produto com o cliente e com o planejamento estratégico da empresa.

O caráter cíclico destas atividades visa garantir a constante atualização da estratégia traçada para o produto, atualizando os conceitos desde a ideia inicial até o plano de negócio do produto. As atividades envolvidas no ciclo estão apresentadas na Figura 5-3.

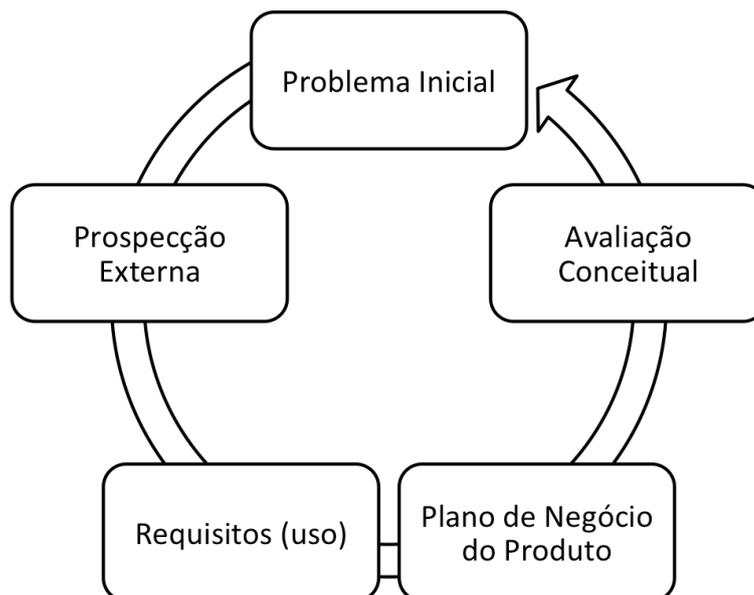


Figura 5-3: Ciclo Estratégico do PDP.

5.3.1 – Problema Inicial

O desenvolvimento de um produto mecatrônico inicia-se a partir da observação de um problema inicial, onde tem-se o conceito de problema alinhado com o escopo de atuação do produto que será desenvolvido. Assim, o foco desta atividade está na definição e delimitação da situação atual, antes do desenvolvimento do produto.

Esta atividade está intimamente ligada ao planejamento estratégico da empresa, ao ponto que o escopo de atuação do produto deve estar alinhado com o escopo de atuação da empresa, caracterizando a gestão de portfólio empregada.

A definição e caracterização desta situação inicial está sumariamente atribuída ao “Cliente Interno” da empresa, o departamento comercial, em acordo com a estratégia da alta administração da empresa. Mas isto não elimina a possibilidade de outras partes interessadas (*stakeholders*) sugerirem ou se envolverem na definição de um novo produto. Como partes interessadas entende-se potenciais clientes, corpo técnico, consultores externos.

5.3.2 – Prospecção Externa

A partir do problema inicial definido, o próprio departamento comercial é responsável pela prospecção externa. Esta atividade pode ser entendida como um levantamento proativo de potenciais clientes para o produto em desenvolvimento, bem como o levantamento dos potenciais fornecedores, operadores logísticos, revendedores, concorrentes para o produto.

Com a evolução no desenvolvimento do produto, o acúmulo de informações podem tornar esta prospecção cada vez mais elaborada e eficiente e o caráter cíclico do desenvolvimento garante a constante atualização desta prospecção, realimentando o processo de desenvolvimento.

5.3.3 – Requisitos (Uso)

Durante a definição do problema inicial e a prospecção externa, diversos requisitos para o produto devem ter sido levantados. Nesta atividade, estes requisitos são efetivamente formalizados. Os requisitos abordados até este ponto dizem respeito ao uso e à definição do produto, sem consideração ainda de aspectos técnicos (que serão tratados pelo ciclo de engenharia).

É comum nesta atividade que telas de software sejam desenhadas, bem como imagens da estrutura mecânica ou do uso do produto, que serão principalmente utilizados para homogeneização de conhecimento entre as múltiplas equipes envolvidas no desenvolvimento, principalmente equipe comercial e técnica.

5.3.4 – Plano de Negócio do Produto

Com a definição dos requisitos do produto e potenciais clientes levantados a partir da prospecção externa, um plano de negócio do produto pode ser traçado. Neste plano, busca-se a formalização das informações já produzidas para o produto, bem como a quantificação da oportunidade de negócio, o que permite alocar os recursos necessários para o desenvolvimento ou traçar uma estratégia de captação de recursos.

O plano negócio do produto será a principal entrada para execução dos ciclos de engenharia e produção do produto, pois representa o contexto de desenvolvimento e a especificação inicial do produto.

5.3.5 – Avaliação Conceitual

Após o trabalho sobre a definição do produto em diversos aspectos, a atividade de avaliação conceitual formaliza a aceitação do cliente interno frente ao conhecimento da estratégia da empresa e ao conhecimento dos clientes alvo.

Esta atividade pode ser vista como gatilho de novas execuções do ciclo estratégico a partir dos ciclos de engenharia e de produção. Ou seja, a partir de novos resultados obtidos

nestes dois ciclos, pode-se executar o ciclo estratégico novamente, mantendo o alinhamento e o propósito do produto sempre atualizado.

5.4 – Ciclo de Engenharia

O ciclo de engenharia é ciclo responsável pelo projeto e implementação do produto, recebendo como entrada os requisitos e o plano de negócio do produto traçado e realimentando o ciclo estratégico com especificações e protótipos para avaliação conceitual.

Assim como o ciclo estratégico, as iterações sobre o ciclo de engenharia visam o refinamento das especificações, ajustes de equipe e o desenvolvimento de protótipos cada vez mais próximos do produto final, tal como indicado na Figura 5-4.

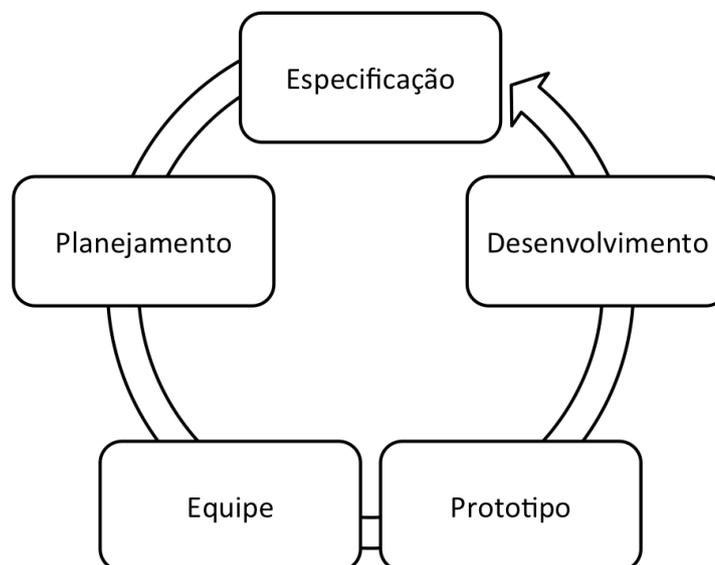


Figura 5-4: Ciclo de Engenharia do PDP.

5.4.1 – Especificação

A fase de especificação visa a transformação dos requisitos de uso em requisitos de engenharia, definindo a tecnologia que será utilizada (observando restrições desta tecnologia) e métricas de validação do produto.

Em se tratando de uma pequena empresa, a preferência é ainda maior por tecnologias já dominadas e pela reutilização de projetos anteriores. No entanto, este tipo de decisão é ponderado com o fator “base-tecnológica” da empresa, onde o foco está na inovação e no domínio de novas tecnologias.

5.4.2 – Planejamento

Por questão de representação visual, o planejamento do desenvolvimento do produto está representado como uma atividade no ciclo de engenharia. Mas o entendimento desta atividade deve ser maior, ao ponto que deve-se vislumbrar que neste ponto (juntamente com a atividade de especificação e definição da equipe) realiza-se o planejamento do projeto que será atualizado em ondas sucessivas a cada iteração do ciclo.

Os sub-processos de monitoração, execução e controle do projeto, de acordo com as boas práticas do PMBoK (PMI, 2008), estão distribuídos ao longo dos ciclos e alimentam novas iterações de planejamento.

5.4.3 – Definição da Equipe

A definição da equipe inicia-se na especificação do produto, ao ponto que as tecnologias que serão utilizadas já indicam os profissionais envolvidos no desenvolvimento (lembrando que o foco está em pequenas empresas).

Em se tratando de um produto mecatrônico, tem-se equipes de hardware (mecânica e eletrônica) e software (design e implementação), envolvendo muitas vezes todo o corpo técnico da empresa. Nestes casos, a definição da equipe é uma atividade de atribuição de tarefas, indicando os responsáveis por cada subsistema ou pela integração dos subsistemas.

5.4.4 – Protótipo

A atividade de prototipação é executada nas fases iniciais do processo para validação e consolidação de princípios de solução, bem como para o estabelecimento de restrições e premissas sobre o escopo do produto.

Nas fases finais do processo tem-se as primeiras versões do produto, utilizadas para demonstração e realização de eventos de lançamento.

5.4.5 – Desenvolvimento

Apesar de estar representado como uma atividade, o desenvolvimento deve ser entendido como a aplicação do modelo em V, apresentado no capítulo 2. Ou seja, cada subsistema é desenvolvido pelas respectivas equipes, e integrado de maneira iterativa, na busca por atender os requisitos de performance e escopo do produto.

Em situações de alto grau de incerteza, iterações entre as atividades de prototipação e desenvolvimento são mais frequentes, buscando a adequação dos princípios de solução envolvidos em cada subsistema.

5.5 – Ciclo de Produção

O ciclo de produção é o ciclo responsável pelo desenvolvimento do processo produtivo do produto. Ao observar-se a Figura 5-5 pode-se perceber a grande semelhança entre este ciclo e o ciclo de engenharia. Tal semelhança representa a forte correlação entre as atividades dos dois ciclos, de tal forma que são, muitas vezes, executadas juntas, de maneira colaborativa entre as equipes.

No entanto, a relação entre este ciclo e o ciclo estratégico (cliente interno) é menos direta, estando o foco do ciclo em desenvolver a relação com fornecedores, garantindo o suprimento de matéria prima, embalagens e parcerias.

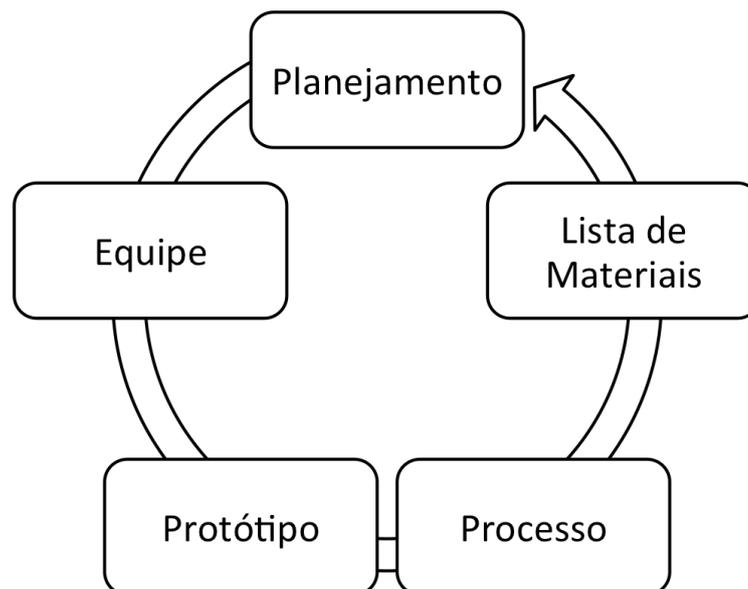


Figura 5-5: Ciclo de Produção.

5.5.1 – Planejamento

Esta atividade de planejamento tem seu início na especificação produzida pelo ciclo de engenharia, derivando as restrições do processo produtivo e alimentando as especificação com fornecedores já desenvolvidos e tecnologias de produção já dominadas.

5.5.2 – Equipe

Ainda como parte do planejamento tem-se o desenvolvimento da equipe de produção, estendendo-se para os profissionais do departamento de produção, aquisição, fornecedores.

5.5.3 – Protótipo

Em caso de pequenas empresas, o processo produtivo tende a ser realizado em maior parte por fornecedores de maior porte, dado o custo do maquinário envolvido na produção dos subsistemas elétricos e mecânicos.

No entanto, *mockups* iniciais e modificação de kits de desenvolvimento são realizados internamente, a partir desta atividade. Com o avanço no desenvolvimento do produto, protótipos começam a ser executados nos candidatos a fornecedores, a título de validação do processo, material e comprometimento com o desenvolvimento.

5.5.4 – Processo

Dado os resultados obtidos com a prototipação, o projeto e desenvolvimento do processo produtivo é alimentado, atribuindo as responsabilidades dos fornecedores, documentando o processo e desenvolvimento de atualizações do processo para diferentes volumes de produção, tal como a utilização de diferentes materiais e ferramentas.

Nesta atividade, durante o desenvolvimento do processo, novos requisitos ou restrições são submetidos ao ciclo de engenharia, para auxiliar por exemplo o processo de montagem ou manutenção do produto.

5.5.5 – Lista de Materiais

Ao final do ciclo produtivo, tem-se a atividade de lista de materiais, que deve ser vista como obter toda a documentação necessária para interface com os fornecedores e produção do produto após o encerramento do ciclo de engenharia. Normalmente, o resultado desta atividade está nos seguintes documentos:

- Projeto mecânico do produto (utilizando ferramentas de CAD), juntamente com simulações de montagem e operação da estrutura mecânica;
- Arquivos de produção da PCB (*gerber*);
- Lista de componentes eletrônicos;
- Versão e binário do firmware e software que será embarcado no sistema.

5.6 – Considerações finais

O modelo final desenvolvido está apresentado de maneira completa na Figura 5-6, onde compõem-se os 3 ciclos, com suas iterações.

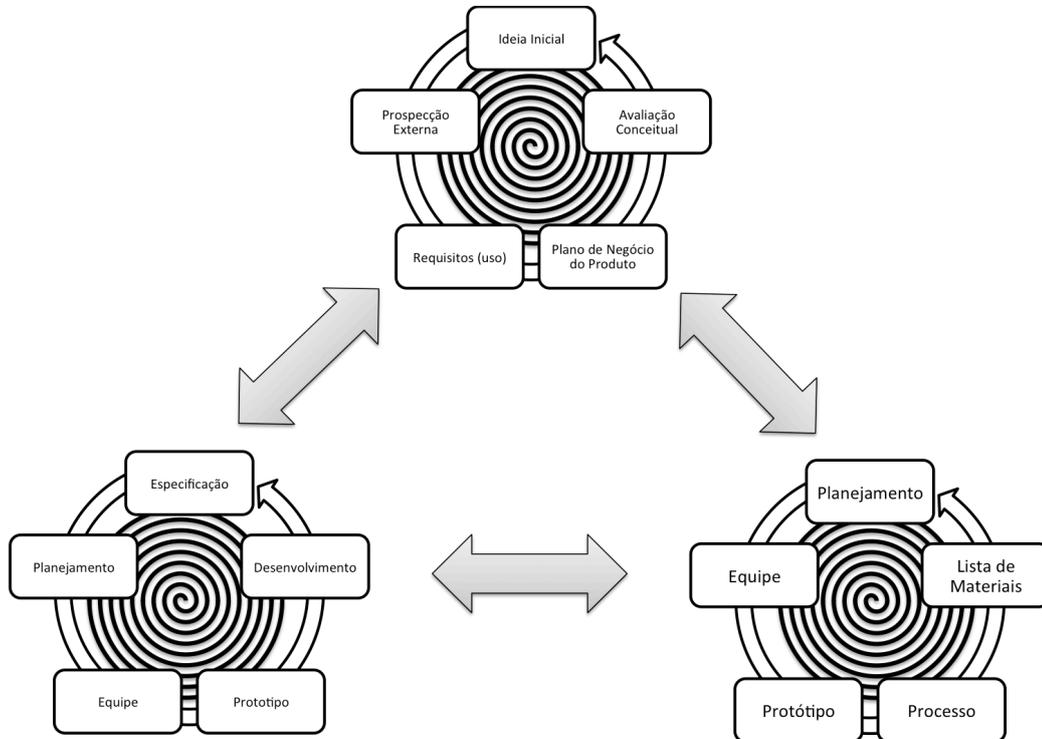


Figura 5-6: Modelo PDP completo.

A representação em três ciclos frisam o caráter iterativo do desenvolvimento, mas impedem a representação do caráter evolutivo do desenvolvimento, o que é representado pelo Modelo Unificado (ROZENFELD et al., 2006).

Assim, deve-se entender que os ciclos são executados como espirais (Figura 5-6), ganhando volume a cada iteração, até atingir a versão de lançamento do produto, com o processo produtivo definido.

CAPÍTULO 6 – FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO

A partir do conhecimento da empresa apresentada no capítulo 5, onde definiu-se o modelo do processo de desenvolvimento de produtos mecatrônicos em pequenas empresas de base tecnológica, propõe-se uma ferramenta para gestão do conhecimento neste processo.

Assim, tem-se que o acúmulo do conhecimento ao longo de execuções do PDP levam à construção de uma base de conhecimento que ao alimentar as fases iniciais do PDP levam a um processo de desenvolvimento com menor número de mudanças ou com mais informação para resposta a mudanças.

6.1 – Visão Geral da Ferramenta

Uma ferramenta efetiva de apoio à tomada de decisão no PDP requer um modelo de representação do conhecimento eficiente (CHANDRASEGARAN et al., 2013). Neste sentido, a ferramenta proposta organiza-se a partir da representação dos projetos de desenvolvimento realizados na empresa.

Tomando-se o ciclo estratégico como início do processo de desenvolvimento de produtos, a definição do problema juntamente com a prospecção externa levam, se viável, à abertura de um novo projeto de desenvolvimento. Neste momento, o projeto é criado no sistema proposto e as necessidades começam a ser especificadas, partindo-se do levantamento de requisitos e usos propostos ainda no ciclo estratégico.

Conforme os requisitos comerciais avançam, a especificação técnica do produto começa a ser elaborada e entregas começam a ser estabelecidas no sistema, apontando a relação entregas-necessidades, onde mantem-se a rastreabilidade de cada necessidade dentro do produto entregue.

O avanço nos requisitos técnicos também auxiliam na definição da equipe, atribuindo os papéis de cada um no desenvolvimento e a dedicação que cada membro deve ter neste projeto, haja visto que, principalmente em pequenas empresas, as equipes costumam estar envolvidas no desenvolvimento de mais de um produto por vez.

Protótipos de solução para o produto (ciclo de engenharia) e para o processo produtivo (ciclo de produção) começam a ser trabalhados, e à medida que os princípios de solução

começam a ser aceitos, os mesmo são registrados no sistema como soluções vinculadas às entregas previstas.

Cada avanço no desenvolvimento (ciclo de engenharia e produção) leva a novas iterações no ciclo estratégico para a avaliação conceitual. Estas iterações costumam ter início a partir da apresentação de soluções e protótipos em reuniões de acompanhamento, que são registradas no sistema, avançando o estado nas necessidades, indicando conformidade com a expectativa do cliente interno.

Com a evolução das informações alimentadas na base de dados da ferramenta, o foco é voltado para a recuperação do conhecimento ou a “internalização” (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

A recuperação de informações em projetos anteriores pode ocorrer nas necessidades, bem como nas entregas e soluções do projeto. Uma característica importante ao se recuperar uma informação não é encontrar apenas o registro, mas o contexto em que o registro foi proposto. Por exemplo, na busca por solução, deve-se encontrar também as entregas e necessidades às quais a solução foi aplicada, bem como o projeto e a equipe de desenvolvimento que esteve envolvida.

Assim, buscou-se neste capítulo a aplicação dos conceitos sobre gestão do conhecimento apresentados no capítulo 4 sobre o modelo do PDP apresentado no capítulo 5, para o desenvolvimento de uma ferramenta que represente o conhecimento que é gerado ao longo do processo e permita a recuperação e reutilização do conhecimento.

6.2 – Organização em Projetos

Observando-se o desenvolvimento de produtos sob a ótica de produção de conhecimento, concluiu-se que o corpo de conhecimento é construído através de projetos de desenvolvimento.

Sendo assim, a ferramenta desenvolvida é construída sobre um modelo de dados orientado à representação de projetos, onde é possível representar tanto dados técnicos de solução, quanto o contexto em que o projeto foi desenvolvido, tratando-se as decisões e os envolvidos nestas decisões.

6.2.1 – Representação dos Projetos

Sem a pretensão de exercer a função de um software de gerenciamento de projetos e portfólios, desenvolveu-se uma modelo de abstração de projetos simplificado, tal como apresentado na Figura 6-1.

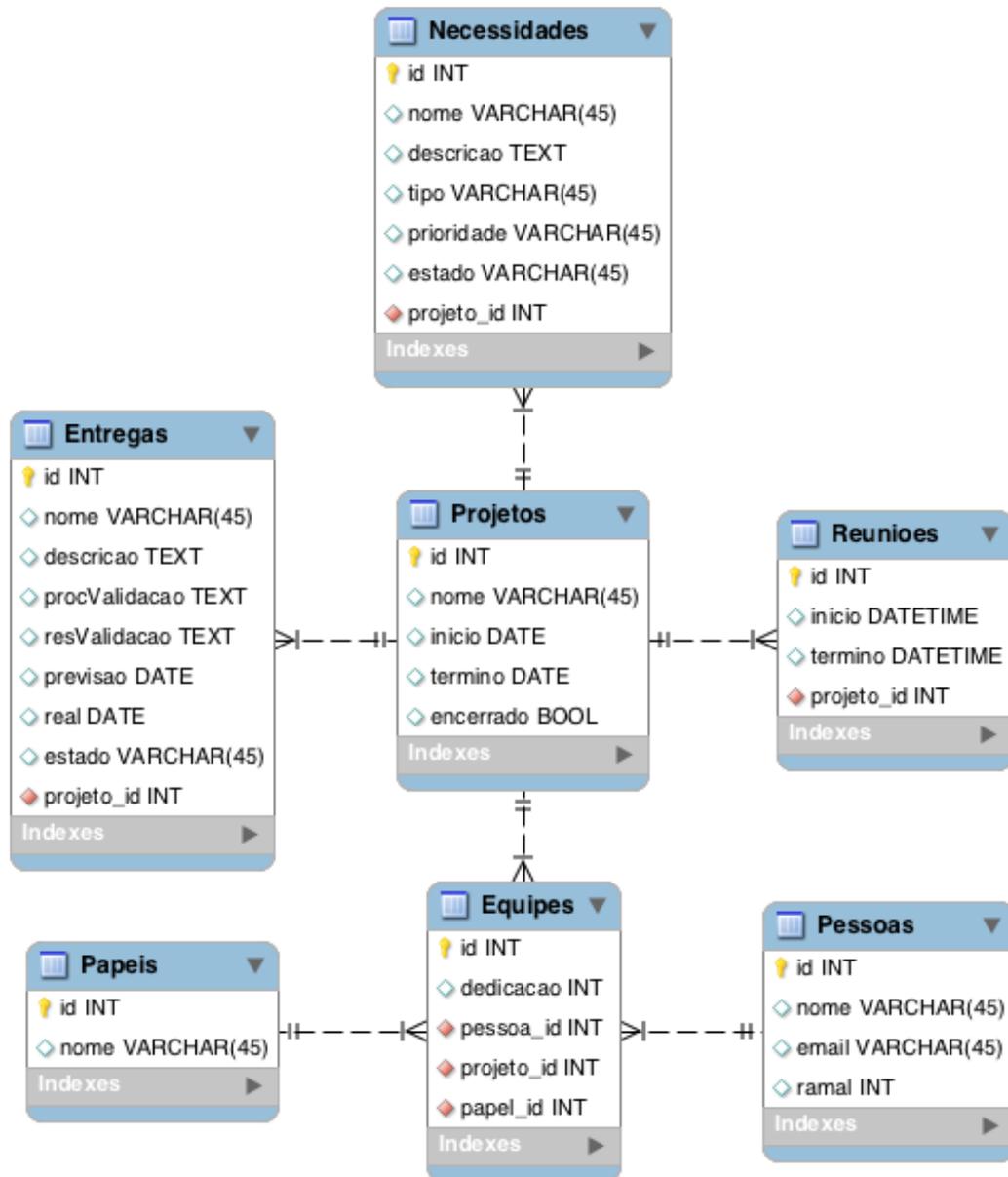


Figura 6-1: Modelo de representação de projetos.

De acordo com o Guia PMBoK (PMI, 2008), um projeto é definido pelas suas datas de início e fim, bem como um resultado único. A delimitação temporal neste modelo é feita na tabela de projetos, enquanto que o resultado do projeto é caracterizado por um conjunto de entregas (vide tabela projetos, Figura 6-1).

No entanto, antes da definição das entregas, tem-se a definição das necessidades que o projeto busca atender. Uma necessidade foi modelada através de uma descrição, de uma prioridade e do seu estado de definição e conformidade a expectativa do cliente.

Cada entrega é composta por uma descrição, acompanhada de um procedimento de validação e por um resultado de validação após realizada. Informações de andamento e estado da entrega também podem ser caracterizados neste modelo.

Em pequenas empresas, onde tem-se proporcionalmente alta rotatividade de equipe, e em produtos mecatrônicos, onde trabalha-se com múltiplas equipes, é importante a caracterização das pessoas envolvidas no projeto e qual foi o papel desempenhado por cada uma, como por exemplo: engenheiro de software, engenheiro de hardware, consultor técnico, cliente interno, gerente do projeto.

A tabela de reuniões é caracterizada na seção de tomada de decisão, onde tem-se a retenção do contexto em que as decisões e definições foram feitas durante a execução do projeto.

6.2.2 – Soluções Técnicas

Como apresentado, parte da caracterização do projeto é feita pela definição das suas entregas. Cada item entregue deve contemplar um conjunto de soluções técnicas que foram utilizadas para atender ao escopo definido, tal como mostrado na Figura 6-2.

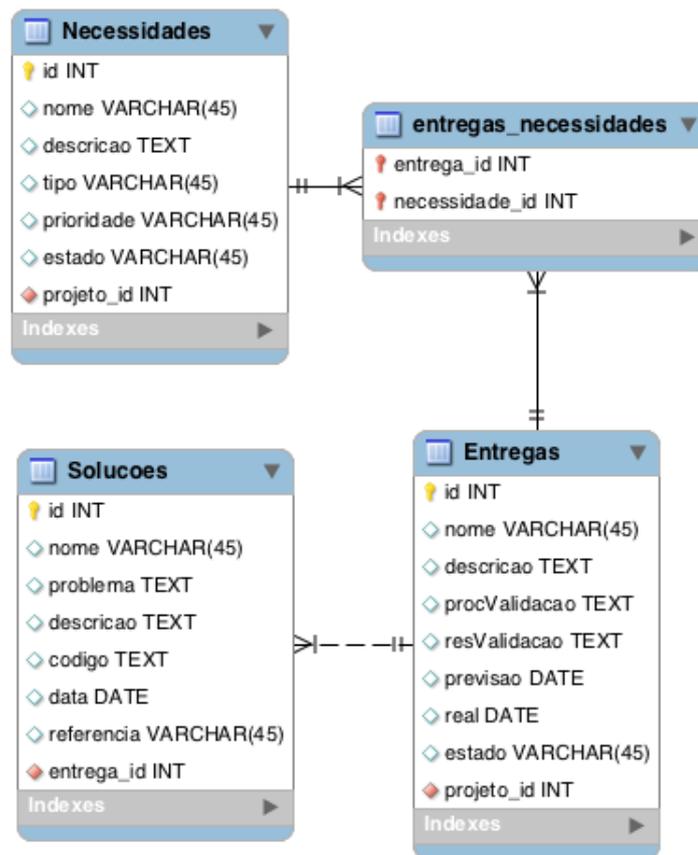


Figura 6-2: Soluções Técnicas.

Uma solução é definida pelo problema ao qual se destina, bem como uma descrição dos princípios técnicos utilizados na solução, possibilitando inclusive o anexos de trechos de código que foram utilizados na implementação.

A referencia utilizada pode ser um livro, um site, um grupo de discussão ou mesmo o nome de um especialista que foi consultado para obter o auxílio necessário.

O objetivo da documentação da solução é agilizar a tomada de decisão em projetos futuros, que precisem resolver problemas semelhantes, garantindo o meios necessários para recuperação do conhecimento e redução da incerteza ao propor uma solução.

A relação entregas e necessidades é interessante de ser analisada do ponto de vista das soluções técnicas pois a tabela de necessidades contempla o escopo do produto tal como visto pelo cliente interno, ou seja, as necessidades são agrupadas e traduzidas em requisitos para composição das entregas do projeto.

A tabela necessidades é melhor explicada na seção seguinte, sobre a tomada de decisão ao longo do projeto.

6.2.3 – Tomada de Decisão

A caracterização das decisões tomadas ao longo do projeto podem ser entendidas como a melhor forma encontrada para representação do contexto ao longo do desenvolvimento do projeto, pois garante a recuperação de informações como: envolvidos na definição de cada necessidade, bem como a aprovação de princípios de solução apresentados.

A representação esquemática da tomada de decisão é feita na Figura 6-3, onde caracterizam-se as reuniões de cada projeto, apresentando de maneira objetiva as necessidades tratadas na reunião e envolvidos no momento.

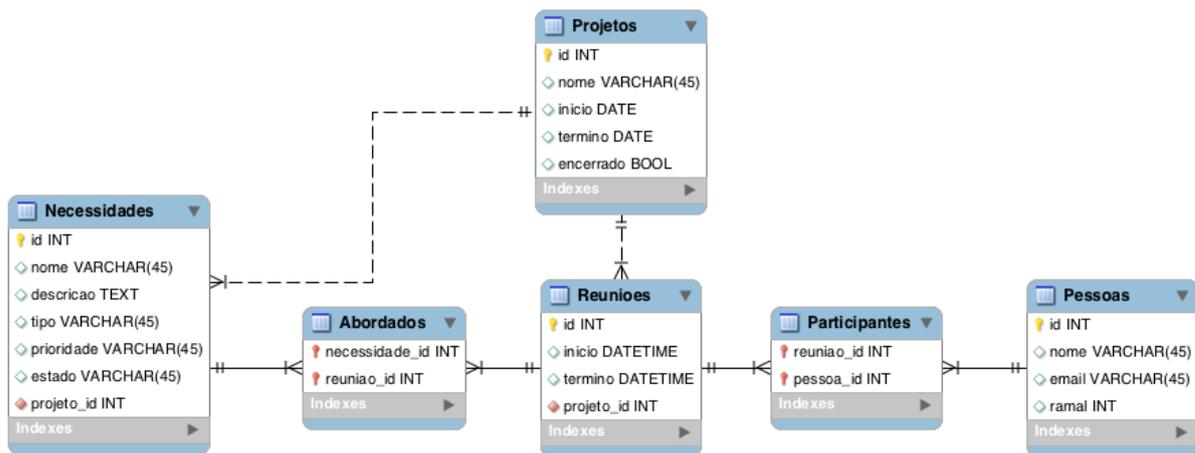


Figura 6-3: Tomada de Decisão.

A rastreabilidade garantida pela manutenção do histórico de decisões tomadas, de maneira estruturada (diferentemente de atas de reuniões), visa a redução das incertezas com relação à expectativa do cliente interno.

As necessidades são descritas de maneira textual e seu estado deve ser mantido atualizado, em conformidade com as entregas, de tal modo que novas reuniões que abordem uma necessidade possam partir do estado atual de cada necessidade.

Necessidades devem ser priorizadas, de tal forma que a equipe de engenharia possa planejar as entregas de acordo com as expectativas de prioridades apresentadas pelo cliente interno.

6.3 – Modelo de Dados final

Na Figura 6-4 tem-se o modelo apresentado de maneira completa, onde adicionou-se o domínio de cada tabela.

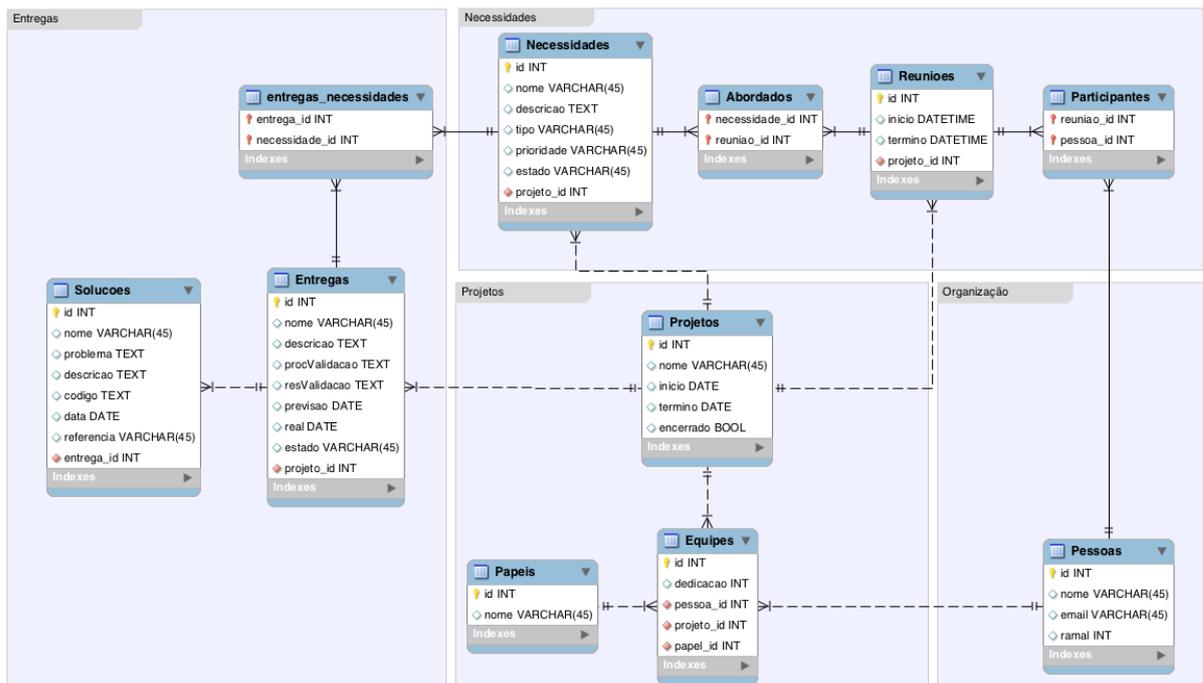


Figura 6-4: Modelo de Dados Completo.

Este modelo será utilizado como base para implementação da ferramenta apresentada nas seções seguintes, onde as informações de cada tabela serão compostas principalmente para auxiliar na recuperação de informações para o uso em projetos futuros.

Tal como dito anteriormente, o desenvolvimento do modelo envolveu a observação e o envolvimento com o fluxo de informação ao longo da execução do PDP na empresa alvo do estudo de caso e sua validação foi realizada em conjunto com a validação da ferramenta apresentada nas próximas seções.

6.4 – Desenvolvimento do Software

Dada a natureza colaborativa e o envolvimento de múltiplas equipes no desenvolvimento de produtos mecatrônicos, optou-se pelo desenvolvimento de um software em plataforma WEB, utilizando-se uma arquitetura MVC (POP; ALTAR, 2014) sobre o modelo de dados apresentando.

Enquanto o modelo de dados apresentado foi desenvolvido a partir de uma modelagem Entidade-Relacionamento, a ferramenta de operação e gestão do conhecimento foi desenvolvida a partir de uma modelagem UML, trabalhando-se principalmente com diagramas de caso de uso.

6.4.1 – Casos de Uso

Diagramas de casos de uso visam apresentar o comportamento do software em desenvolvimento do ponto de vista do usuário, sem preocupações com implementação (GUEDES, 2008).

Este diagrama é comumente utilizado no início do projeto de um software, com o objetivo de homogeneizar o conhecimento inicial sobre os requisitos do software. Neste sentido, define-se o que devem ser, em visão macroscópica, os três principais casos de uso do sistema: Cadastro de Projetos, Realização de Reuniões de Acompanhamento e a Busca de Informação.

Para facilitar a visão holística da ferramenta, definiu-se na Figura 6-5 um único diagrama de caso de uso, que represente os três usos citados. A seguir são apresentadas as implementações de cada uso.

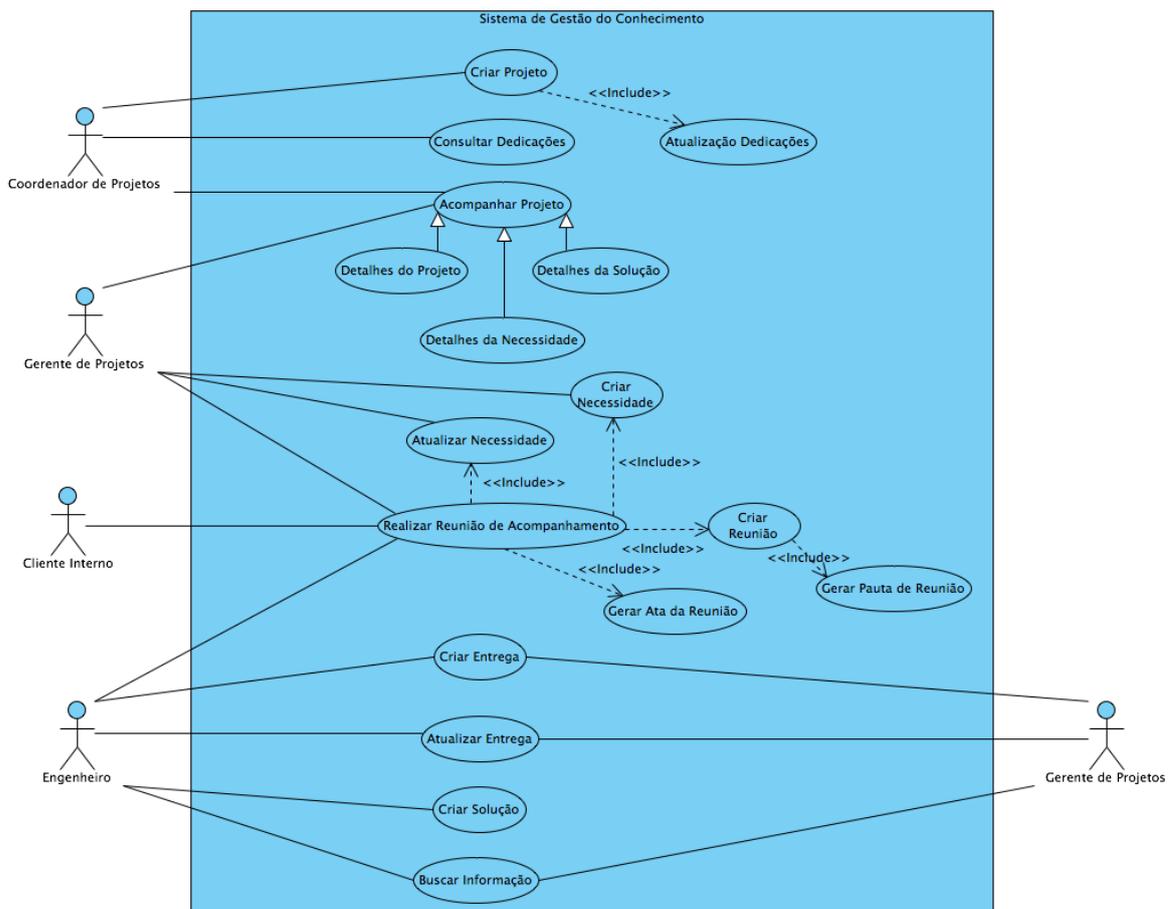


Figura 6-5: Diagrama de Caso de Uso.

6.4.2 – Cadastro de Projetos

Na Figura 6-5 tem-se o diagrama de caso de uso para a criação de um novo projeto, concebendo-se necessidades, entregas, soluções e a equipe envolvida no projeto.

Perceba que assume-se que as tabelas de papéis e pessoas já estão preenchidas, pois caracterizam-se muito mais pela organização da empresa, e a construção destas tabelas é realizada através da modelagem da empresa durante a implantação da ferramenta proposta.

A Figura 6-6 ilustra o cadastro de um novo projeto, onde tem-se a opção de definir a equipe de desenvolvimento do projeto, bem como o papel desempenhado por cada um, com a carga horária semanal de dedicação de cada um para este projeto.

Gestão do PDP: cresça com a base de conhecimento: Projetos

localhost/andre/projetos/add

Gestão do PDP: cresça com a base de conhecimento

Adicionar Projeto

Nome*

Início*
September 9 2014

Término*
September 9 2014

Pessoas

	Nome	Papel	Dedicacao
<input type="checkbox"/>	Pessoa1	Coordenador	0
<input type="checkbox"/>	Pessoa2	Coordenador	0
<input type="checkbox"/>	Pessoa3	Coordenador	0

Salvar

Exibir um menu

Figura 6-6: Cadastro de Novo Projeto.

Os principais papéis cadastrados são:

- Coordenador do PMO: responsável pelo gerenciamento da alocação dos membros da equipe e consolidação dos resultados nos múltiplos projetos cadastrados.
- Gerente de Projetos: Responsável pelo gerenciamento e condução do projeto em questão.
- Engenheiro: Responsável técnico pelo projeto e desenvolvimento, podendo ser da equipe de hardware, software ou firmware.

- Técnico: Técnico em eletrônica de apoio à prototipação, projetos mecânicos e depuração.
- Consultor: Membros com baixa participação no projeto, com o objetivo de apenas auxiliar e compartilhar o conhecimento na condução do projeto.
- Cliente: Geralmente é um membro da comercial, tratado como cliente interno, gerador da demanda.

Além da definição da equipe, define-se as datas de início e fim do projeto. Em casos de atraso na execução do projeto, a data de término deve ser atualizada por este mesmo formulário, pois esta data é utilizada para diferenciar projetos em aberto ou encerrados ao realizar a navegação através dos projetos.

Após criado, o projeto deve ser acompanhado pela tela de detalhes do mesmo (Figura 6-7), onde tem-se uma relação das necessidades levantadas junto ao cliente e das entregas propostas. Ao explorar os detalhes de cada entrega, pode-se ainda verificar as soluções técnicas que foram empregadas em cada entrega (Figura 6-8).

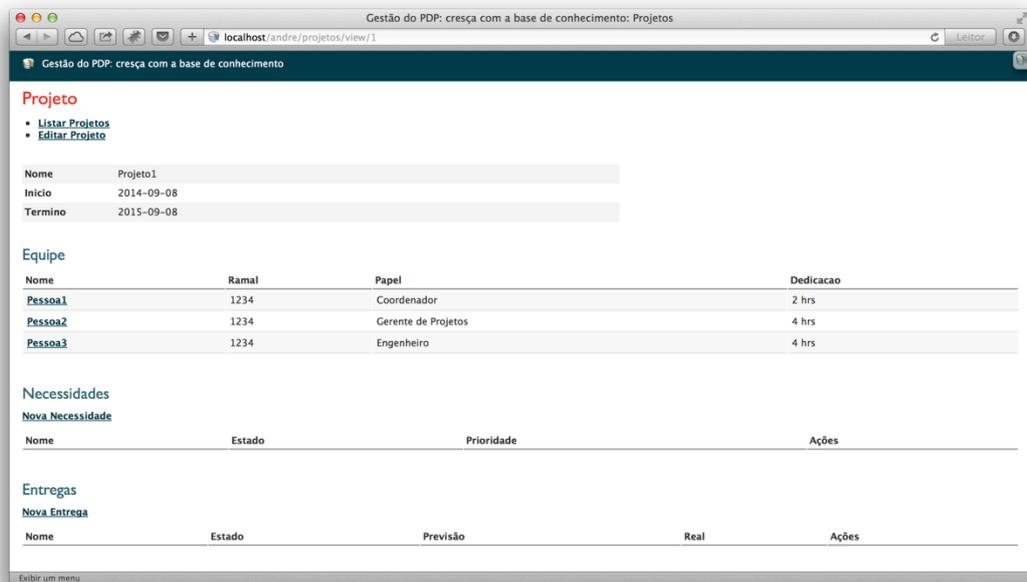


Figura 6-7: Detalhes do Projeto

O estado das entregas e necessidades devem ser mantidos atualizados pelo engenheiro responsável, de tal modo que o gerente ou coordenador do projeto possa verificar o estado e validação das soluções que estão sendo empregadas, e possa julgar como utilizar o conhecimento alimentado na ferramenta.

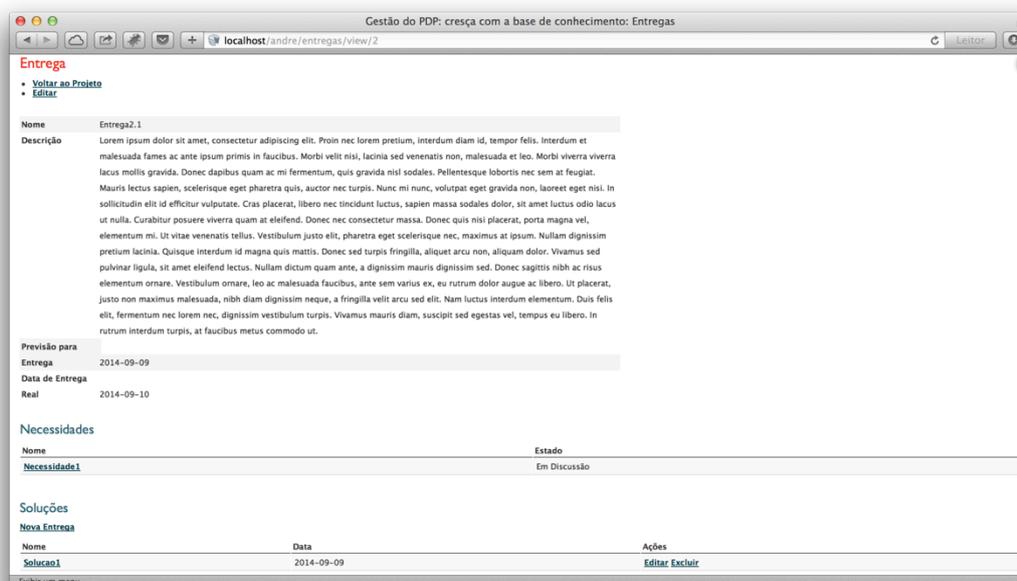


Figura 6-8: Detalhes da Entrega.

6.4.3 – Realização de Reuniões de Acompanhamento

As necessidades, entregas e soluções de um projeto não são estáticas, são incrementadas a cada iteração do PDP.

Atualizações nas necessidades do projeto são comumente provenientes de novas reuniões de acompanhamento do projeto, sejam reuniões de engenharia, com o PMO ou com o cliente interno.

No diagrama de caso de uso apresentado na Figura 6-5 mostra a realização de reuniões de acompanhamento como o concentrador para atualização das necessidades do projeto e documentação da reunião, sendo o elo de interação entre a engenharia, o cliente e o gerente do projeto.

A atualização das necessidades registradas a partir das reuniões de acompanhamento devem ser vista nesta ferramenta de apoio à gestão do conhecimento sob dois aspectos: pela rastreabilidade, onde o cliente e a equipe de projeto consegue rastrear quando os requisitos foram definidos e quem esteve envolvido na tomada de decisão.

O segundo aspecto é o da gestão do conhecimento propriamente dita, onde observa-se a capacidade de registro do contexto em que a informação (necessidade) foi construída. O registro do contexto está relacionado à busca de facilitar a transição de internalização

(NONAKA; TAKEUCHI, 1997) do conhecimento, auxiliando o registro do conhecimento tácito.

A Figura 6-9 mostra o registro de uma nova reunião, onde define-se quem serão os participantes da reunião e as necessidades do projeto que serão discutidas, a pauta da reunião.

Gestão do PDP: cresça com a base de conhecimento

Editar Reuniao

Projeto
Projeto2

Inicio
September 14 2014 8:09 pm

Termino
September 14 2014 8:09 pm

Convocados

- Pessoa1
- Pessoa2
- Pessoa3

Pauta

- Necessidade1

Salvar

Figura 6-9: Definição da pauta da reunião.

A Figura 6-10 mostra o resultado da reunião, ou seja, a ata da reunião, relacionando as pessoas que tiveram envolvidas e o estado que cada necessidade atingiu ao término da reunião.

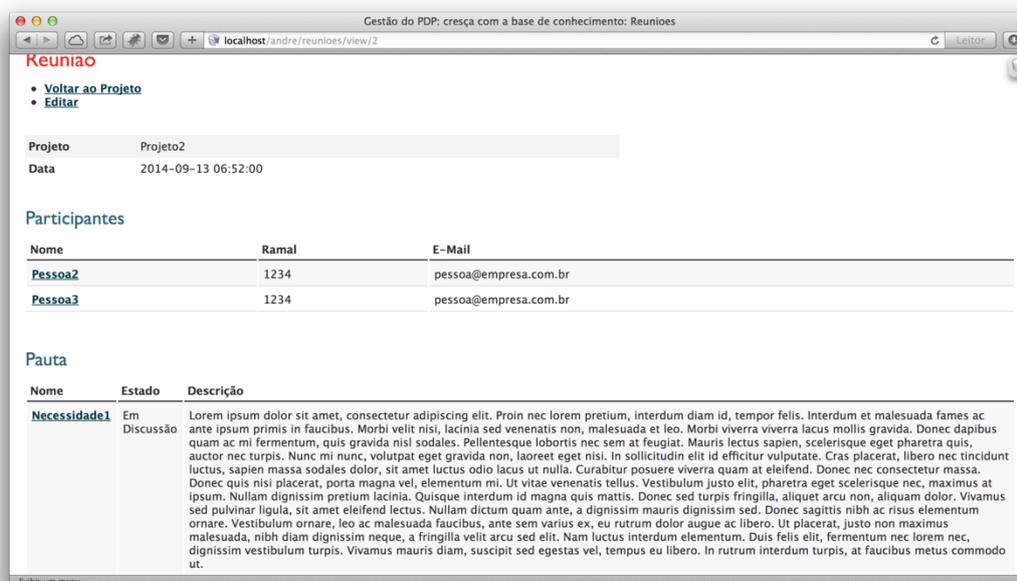


Figura 6-10: Definição da ata da reunião.

6.4.4 – Busca de Informação

A terceira parte do diagrama de caso de uso relaciona apenas uma atividade: a busca de informação. Retomando os conceitos de Rubenstein-Montano et al. (2001), uma ferramenta de gestão do conhecimento deve contemplar as atividades de armazenar, organizar, verificar, encontrar, compartilhar e utilizar.

O armazenamento e organização da informação é garantido pela base dados construída com o modelo apresentado, a verificação é feita pelos próprios usuários do sistema, à medida que atualizam as informações fornecidas sobre necessidades, entregas e soluções.

Assim, tem-se neste terceiro uso do sistema as funções de encontrar, utilizar e compartilhar o conhecimento entre os projetos, onde estabeleceu-se um sistema de busca textual, que buscará em projetos antigos, necessidades, entregas ou soluções similares, permitindo a padronização e a evolução contextual em novos projetos.

A Figura 6-11 apresenta o resultado de uma busca, onde tem-se a busca nas três tabelas relacionadas, e permite-se a navegação dentro dos resultados encontrados, o que também permitirá a recuperação do contexto dos resultados.

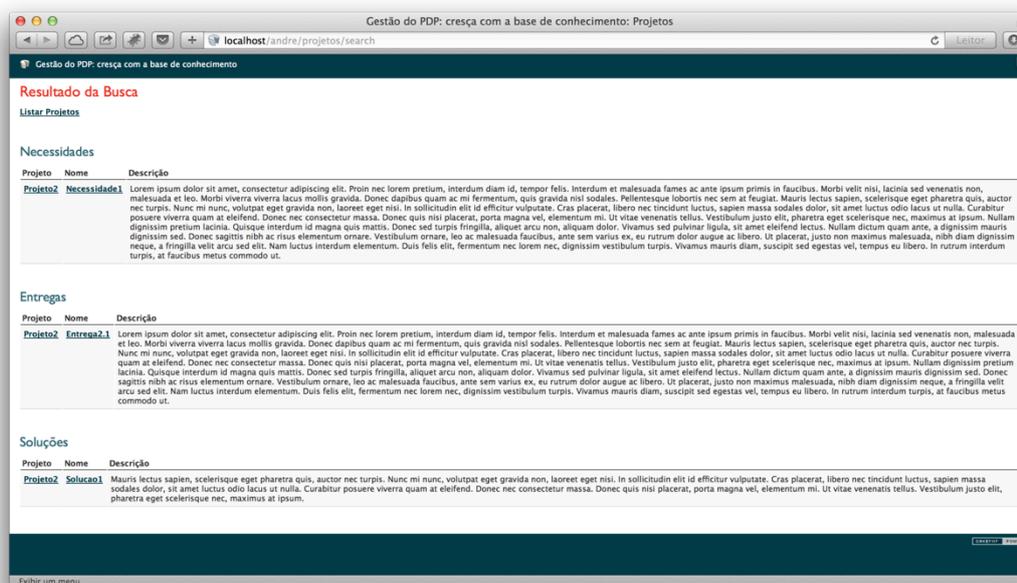


Figura 6-11: Resultado da busca.

6.5 – Estudo de Caso

A avaliação da ferramenta apresentada, bem como dos modelos desenvolvidos (PDP e de representação do conhecimento) foram realizadas na empresa apresentada no capítulo 5.

A avaliação passou por duas etapas: a primeira etapa de coleta de dados e alimentação da base de dados, onde verificou-se a consistência da interface para entrada e recuperação de informação, bem como a capacidade de representação da informação contida nos documentos internos da empresa, utilizando o modelo de dados. A segunda etapa foi a de realização de um workshop dentro da empresa, com o objetivo de apresentar o modelo do PDP proposto e apresentar o sistema em operação, com dados da própria empresa.

Como resultado, buscou-se coletar a impressão a cerca do sistema e dos modelos propostos, identificando usabilidade, relevância e sugestões de melhorias em trabalhos futuros.

6.5.1 – Coleta de Dados

Por deficiência de um registro detalhado das reuniões e de especificação de todos os projetos, o preenchimento dos projetos foram realizados de maneira parcial, de tal forma que fosse possível a realização dos testes. Também houve uma preocupação com a publicação de informações de projetos sensíveis as estratégias da empresa.

Realizou-se o cadastro de cinco projetos da empresa, que possuem forte relação de escopo entre si (todos são projetos de comunicação segura), e que foram realizados entre 2008 e 2014, estando três deles ainda em andamento.

Três dos projetos estão relacionados à marca ZCell IP, sendo este implementado em 3 plataformas, e os outros dois representam a implementação do ZTun em duas plataformas móveis.

Os projetos cadastrados foram:

- ZCell IP – Windows Mobile: plataforma de comunicação móvel segura desenvolvido entre 2008 e 2010;
- ZTun – Android: plataforma para tunelamento de dados em redes IP, desenvolvido entre 2011 e 2014;
- ZTun – iOS: plataforma para tunelamento de dados em redes IP, desenvolvido entre 2010 e 2011;
- ZCell IP – Android: plataforma de comunicação móvel segura desenvolvido entre 2012 e 2014;
- ZCell IP – iOS: plataforma de comunicação móvel segura desenvolvido entre 2013 e 2014;

6.5.2 – Análise de Resultados

A escolha por projetos que compartilham grande parte dos requisitos e estão estabelecidos em plataformas semelhantes que tem o objetivo de facilitar a ilustração dos ganhos que se pode obter na busca por soluções anteriores no projeto.

Durante a coleta dos dados na empresa, constatou-se que requisitos semelhantes nos projetos foram tratados de maneira independente, tendo em vista que o novo projeto foi executado após a equipe do primeiro já não estar mais na empresa.

Este fato levou a retrabalho no segundo projeto por erros que já haviam sido cometidos no primeiro projeto, também por falha de especificação, e soluções tiveram de ser desenvolvidas novamente pois não puderam ser isoladas no primeiro projeto.

Estes casos identificados ilustram de maneira direta a falha na gestão do conhecimento, em que parte do conhecimento foi perdida com a saída do engenheiro, impossibilitando a recuperação em projetos futuros.

Outro ponto percebido é que as reuniões ou tomadas de decisão são feitas de maneira não padronizada, ou seja, decisões são tomadas por e-mail, reuniões formais, ou mesmo pequenas discussões, em conversas quase informais.

Esta não padronização na tomada de decisão torna inviável recuperar quando as decisões foram tomadas, quem estava envolvido na decisão, e, em casos mais extremos, tem-se decisões conflitantes, que geraram mudanças em fases avançadas do projeto.

Estas falhas podem ser vistas como falha na gestão dos projetos e do conhecimento, mas percebeu-se que o uso de uma ferramenta que torne a interface para tomada decisão padronizada, clara e concentrada tende a reduzir a possibilidade destas falhas.

Neste sentido, verificou-se que o modelo de reuniões desenvolvido comporta, e assim deve ocorrer, que pequenas conversas de corredor e novas ideias discutidas rapidamente sejam logo registradas como reuniões, mesmo que informais, para que a rastreabilidade de requisitos seja garantida.

Mais resultados e análises a cerca da busca e recuperação de informação foram obtidos durante o workshop realizado, apresentado na seção seguinte.

6.5.3 – Workshop

Contando com a participação de um engenheiro de desenvolvimento em sistemas embarcados e dois sócios da empresa (diretor comercial, cliente interno, e o diretor técnico, coordenador dos projetos), realizou-se uma apresentação em duas seções, onde os resultados (modelo do PDP, Modelo de Dados e Ferramenta de Gestão do Conhecimento) deste trabalho foram apresentados e em seguida abriu-se para discussão com os seguintes focos:

- Sob a perspectiva de cada um, como este sistema pode auxiliar na melhoria do PDP, tal como está implementado atualmente;
- Como cada um entende no que o sistema pode ser melhorado.

Durante a apresentação do modelo do PDP em três ciclos, todos os participantes tiraram suas dúvidas sobre a modelagem e julgaram adequado o modelo desenvolvido, dada a dinâmica atual de desenvolvimento da empresa, que não conta com um modelo formal especificado.

Ainda sobre o modelo PDP, debateu-se informalmente como acontece a interação entre os ciclos, e qual a responsabilidade de cada ciclo para o negócio, verificando-se as responsabilidades de cada um. A discussão foi adiada para a apresentação da ferramenta proposta, onde seria mostrado como a ferramenta pode ser utilizada para conduzir de maneira sistemática a interação e a troca de informação entre os ciclos.

Seguindo com a apresentação, iniciou-se a apresentação do modelo de dados, apresentando como o conhecimento pode ser modelado ao longo do PDP, e onde encontram-se as informações de contexto, e de conhecimento técnico, que poderiam ser recuperados durante desenvolvimentos futuros.

Apresentando o modelo de dados, pôde-se retomar a discussão sobre como deve acontecer a interação entre os envolvidos e cada um avaliou como suas informações são tratadas no modelo, como por exemplo o diretor técnico, coordenador do PMO, pode verificar a dedicação de cada engenheiro nos projetos em andamento.

E, o diretor comercial vislumbrou como poderia acompanhar o estado de cada requisito do produto nos protótipos que estão sob avaliação conceitual.

Compreendido o modelo de dados, iniciaram os testes e operação sobre a ferramenta desenvolvida. Neste momento as dúvidas a cerca da operação dos dados representados foram sendo sanadas, e iniciou-se a ponderações sobre os focos apresentados no início desta seção.

O diretor comercial ponderou as seguintes contribuições:

- Ficou claro como será realizado o desenvolvimento de produtos e como os requisitos serão registrados para a engenharia;
- Reforçou que a ferramenta pode auxiliar na inclusão de novos membros na equipe, facilitando a busca por conhecimentos de projetos anteriores.

O engenheiro presente fez as seguintes observações:

- O sistema pode ser entendido como uma facilidade da metodologia de gerenciamento de projetos utilizada, ao ponto que padroniza a interações no projeto e as soluções utilizadas em múltiplos projetos;
- O sistema deveria permitir o anexo de arquivos às entregas e soluções, permitindo ainda a interação com ferramentas de controle de versão (SVN, CVS);

- As entregas poderiam ser organizadas hierarquicamente, permitindo por exemplo o registro de sub-entregas;
- Observou-se que muitas vezes a equipe comercial deseja trazer novos tópicos às reuniões de acompanhamento que podem não gerar necessidades para o projeto, então seria interessante a abertura de tickets de solicitações, e caso estes sejam aceitos como requisitos, seriam integralizados como necessidades do projeto;
- O registro que o PMO faz de que dedicação cada engenheiro deve assumir em cada projeto é interessante para o uso de PSP (Personnal Software Process), com o objetivo de que cada engenheiro pode realizar o próprio planejamento frente aos projetos envolvidos;

E, por fim, tem-se as ponderações realizadas pelo diretor técnico:

- O sistema pode ser entendido como a memória da empresa, facilitando o processo de lidar com a rotatividade de equipe;
- Esta ferramenta desenvolvida possui grande impacto como ferramenta de comunicação, deixando todos os envolvidos no desenvolvimento com acesso às informações pertinentes, e com a facilidade de busca e interação;
- Apontou-se a questão ainda não resolvida das permissões de dados, sob três aspectos:
 - Existirão soluções e entregas que devem ter seu conteúdo classificado a determinados membros da equipe;
 - Tem-se o problema da permissão para edição de informações, pois suportas correções a soluções já catalogadas podem levar a comprometimento da qualidade dos dados na base;
 - E, o acesso a todo o conteúdo da base de dados gera sempre o risco de levar a equipe à perda de foco, navegando por projetos anteriores.

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento de produtos mecatrônicos é desafiador em múltiplos aspectos, entre eles a integração de múltiplas equipes e múltiplos áreas de conhecimento, e o domínio de novas tecnologias.

Muitas vezes os desafios são traduzidos em incerteza sobre o escopo do produto, ou em alterações e mudanças de projeto ao longo do desenvolvimento, implicando no não cumprimento de prazos, orçamento e conformidade com o escopo do projeto.

Assim, este trabalho buscou a proposição de uma ferramenta para gestão do conhecimento que pudesse contribuir com a redução dos níveis de incerteza do projeto e facilitar a gestão de mudanças ao longo do desenvolvimento.

No capítulo 2, apresentou-se os modelos de referência utilizados como base para este trabalho, sendo estes analisados com o foco no desenvolvimento de produtos mecatrônicos. A partir destes modelos, com maior ênfase no modelo dos três ciclos de Gausemeier (2011), propôs-se um modelo para o PDP em uma pequena empresa de base tecnológica que trabalha com o desenvolvimento de produtos mecatrônicos, baseando-se no estudo de caso alvo deste trabalho.

O modelo desenvolvido se mostrou adequado para a empresa estudada, por meio da avaliação com a equipe envolvida no desenvolvimento de produtos. Como contribuição desta pesquisa, o modelo proposto para o processo de desenvolvimento de produtos pode ser particularizado e aplicado de maneira ampla em pequenas empresas de base tecnológica, que estejam envolvidas com o desenvolvimento de produtos mecatrônicos.

A partir do modelo de desenvolvimento de produtos, buscou-se entender como acontece a gestão de mudanças na empresa alvo durante o PDP, visando o entendimento de como a gestão conhecimento poderia auxiliar na gestão de mudanças de engenharia e de melhoria contínua do PDP, revisando-se no capítulo 3, algumas implementações de gestão de mudanças, com foco no gerenciamento de projetos e desenvolvimento de produtos.

A empresa alvo do estudo tem sua metodologia de gerenciamento de projetos baseada no PMBoK (PMI, 2008), estando disseminado dentro da equipe de desenvolvimento os conceitos a cerca do processo de controle integrado de mudanças.

Apesar dos conceitos serem conhecidos, a gestão de mudanças de engenharia e de melhoria do PDP, tal como conceituado por Rozenfeld et al. (2006), é realizada de maneira não sistemática, e muitas vezes deficiente.

Assim, a ferramenta de gestão do conhecimento proposta objetiva sistematizar o tratamento de gestão de mudanças de engenharia a partir da padronização da base de conhecimento para atender às mudanças, sejam elas de soluções, entregas ou requisitos do projeto.

Ou seja, as transformações do conhecimento apontadas por Nonaka & Takeuchi (1997) passam a ocorrer através da ferramenta, que representa o conhecimento explícito em base de dados, e permite as transformações através das funcionalidades (segunda classe) e dos elementos (terceira classe) da arquitetura ARCE-PDP (AMARAL, 2002) implementados.

A avaliação desta proposta de gestão do conhecimento foi, então, realizada a partir da apresentação do sistema e dos conceitos envolvidos na gestão conhecimento às pessoas da empresa envolvidas no desenvolvimento de produtos.

Esta avaliação realizada gerou grande expectativa dentro da empresa, pelos resultados que poderiam ser alcançados com a base de conhecimento tal como apresentada, sendo apontada como relevante para o modelo atual de desenvolvimento de produtos e como uma solução para persistência e preservação do conhecimento dentro da empresa, principalmente em situações de rotatividade na equipe.

A equipe de desenvolvimento também enumerou a dificuldade atual para busca e recuperação de conhecimento a partir de documentos textuais, em que um sistema, com uma base de dados estruturada poderia auxiliar.

A receptividade e a adequação da solução para a empresa devem ser vistas também como um acerto na definição do problema a ser estudado, indicando que a lacuna encontrava-se aberta e pôde ser preenchida com uma ferramenta de baixo custo de implementação e operação, que foi um dos requisitos para manter a viabilidade frente à realidade de pequenas empresas.

Dado que o sistema não herdou requisitos do ramo em que a empresa estudada atua, esta arquitetura utilizada pode ser aplicada em outras pequenas empresas de base tecnológica, e o modelo de dados pode suportar grande variedade de representações do conhecimento,

desde não padronizadas, a códigos fonte, ou referências bibliográficas, baseando-se nas representações apresentadas por Amaral (2002).

No entanto, as discussões e o estudo sobre a ferramenta desenvolvida indicam a necessidade de novas pesquisas que contribuam para o aprimoramento e evolução do sistema.

7.1 – Propostas de Trabalhos Futuros

A ferramenta proposta neste trabalho está focada exclusivamente nas funções de gestão do conhecimento, capturando o conhecimento técnico e contextual durante o desenvolvimento de produtos.

No entanto, esta ferramenta não dispensa o uso de outras ferramentas dedicadas à gestão dos projetos de desenvolvimento. Assim, uma proposta seria a agregação das funções de gestão de projetos à ferramenta, passando-se pela definição de uma metodologia de gerenciamento de projetos focada no desenvolvimento de projetos mecatrônicos, que se integre com a proposta de gestão do conhecimento do atual trabalho.

Além do gerenciamento de projetos, a gestão do conhecimento poderia trabalhar mais próxima das soluções de gestão e versionamento de documentos tais como: SVN, CVS, GEDs, etc. Onde permitiria a observação da ligação entre o conhecimento trabalhado na base de dados com os documentos internos do projeto.

Esta necessidade deriva um possível trabalho futuro que seria o estudo de como os documentos produzidos, nos mais diversos formatos, poderiam ser integrados ao modelo de dados proposto, facilitando a busca por informações dentro dos documentos.

E, por fim, mas não esgotando as possibilidades, pode-se propor o trabalho de desenvolvimento de um aspecto evolutivo do conhecimento na base de dados, ou seja, possibilitar que as várias edições de um mesmo registro possam ser armazenadas na base de dados, e esta evolução possa ser recuperada como conhecimento, auxiliando um engenheiro a reconstruir o conhecimento tácito utilizado na época do desenvolvimento de projetos passados, por exemplo explorando a construção de ontologias a partir dos múltiplos registros.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, D. C. **Arquitetura para Gerenciamento de Conhecimentos Explícitos sobre o Processo de Desenvolvimento de Produto**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2002.

BALDAM, R.; VALLE, R.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de Processos de Negócio BPM - uma referência para implantação prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2014.

BARROSO, A. C. DE O.; GOMES, E. B. P. Tentando entender a gestão do conhecimento. **Revista de Administração Pública**, v. 33, n. 2, p. 147–170, 1999.

BHISE, V. D. **Designing Complex Products with Systems Engineering Processes and Techniques**. 1. ed. [s.l.] CRC Press, 2013. p. 490

BUUR, J.; MYRUP ANDREASEN, M. Design models in mechatronic product development. **Design Studies**, v. 10, n. 3, p. 155–162, jul. 1989.

CHANDRASEGARAN, S. K. et al. The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems. **Computer-Aided Design**, v. 45, n. 2, p. 204–228, fev. 2013.

CHRISSIS, M. B.; KONRAD, M.; SHRUM, S. **CMMI for Development: Guidelines for Process Integration and Product Improvement**. 3. ed. [s.l.] Addison-Wesley, 2011.

CMMI, P. T. **CMMI® for Development, Version 1.2**, 2006.

DAHLSTRAND, Å. L. Technology-based entrepreneurship and regional development: the case of Sweden. **European Business Review**, v. 19, n. 5, p. 373–386, 2007.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Conhecimento Empresarial: Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. 15. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

FIATES, G. et al. Innovation Environment in Small Technology-Based Companies. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 5, n. 3, 2010.

GAUSEMEIER, J. et al. Integrative development of product and production system for mechatronic products. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 27, n. 4, p. 772–778, ago. 2011.

GUEDES, G. T. A. **UML: Uma Abordagem Prática**. 3. ed. São Paulo: Novatec, 2008.

HEHENBERGER, P. et al. Hierarchical design models in the mechatronic product development process of synchronous machines. **Mechatronics**, v. 20, n. 8, p. 864–875, dez. 2010.

LINDEMANN, U.; MAURER, M.; BRAUN, T. **Structural Complexity Management: An Approach for the Field of Product Design**. Berlin: Springer, 2009.

MAURER, M. **Structural Awareness in Complex Product Design**. [s.l.] Universität München, 2007.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de Conhecimento na Empresa**. 23. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

OLIVA, F. L. et al. Measuring the probability of innovation in technology-based companies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 3, p. 365–383, 2011.

PMI. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. 4th. ed. [s.l.] PMI, 2008.

POP, D.-P.; ALTAR, A. Designing an MVC Model for Rapid Web Application Development. **Procedia Engineering**, v. 69, p. 1172–1179, 2014.

RIBEIRO, F. F.; OLIVEIRA, M. M. J.; BORINI, F. M. Internacionalização Acelerada de Empresas de Base Tecnológica: o Caso das Born Globals Brasileiras. **RAC-Revista de Administração ...**, v. 16, n. 6, p. 866–888, 2012.

RODRIGUES, K. F. D. C.; NAPPI, V.; ROZENFELD, H. A Proposal to Support the Value Proposition in Product Oriented Service Business Model of Product Service Systems. **Procedia CIRP**, v. 16, p. 211–216, 2014.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a melhoria do processo**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUBENSTEIN-MONTANO, B. et al. A systems thinking framework for knowledge management. **Decision Support Systems**, 2001.

SCHUH, G. et al. Process oriented framework to support PLM implementation. **Computers in Industry**, v. 59, n. 2-3, p. 210–218, mar. 2008.

SUDIN, M. N.; KRISTENSEN, S. A. Change in Requirements during the Design. **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN**, n. August, 2011.

TOLEDO, J. C. DE et al. Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 117–134, 2008.

UBEDA, J. E. et al. Communication in new technology based-firms. **Management Decision**, v. 51, n. 3, p. 615–628, 2013.

VERNADAT, F. B. **Enterprise Modeling and Integration: principles and applications**. 1st. ed. [s.l.] Chapman e Hall, 1996.