

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

ANDRÉ HIDETO FUTAMI

**PROPOSTA DE MODELO PARA AVALIAÇÃO DA
APRENDIZAGEM A PARTIR DAS OPERAÇÕES
COGNITIVAS DO PROJETISTA**

Tese de Doutorado

Florianópolis
2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

André Hideto Futami

**PROPOSTA DE MODELO PARA AVALIAÇÃO DA
APRENDIZAGEM A PARTIR DAS OPERAÇÕES
COGNITIVAS DO PROJETISTA**

Tese submetido(a) ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Possamai

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz V. O. Dalla Valentina

Florianópolis
2012

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

F996p Futami, André Hideto

Proposta de modelo para avaliação da aprendizagem a partir das operações cognitivas do projetista [tese] / André Hideto Futami ; orientador, Osmar Possamai. - Florianópolis, SC, 2012.

182 p.: il., tab.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Inclui referências

1. Engenharia de produção. 2. Aprendizagem - Avaliação. 3. Cognição. 4. Projeto de produto. I. Possamai, Osmar. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDU 658.5

André Hideto Futami

**PROPOSTA DE MODELO PARA AVALIAÇÃO DA
APRENDIZAGEM A PARTIR DAS OPERAÇÕES
COGNITIVAS DO PROJETISTA**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 29 de fevereiro de 2012.

Prof. Antonio Cezar Bornia, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Osmar Possamai, Dr.
Orientador – Presidente da Banca
UFSC

Prof. Luiz V. O. Dalla Valentina, Dr.
Co-orientador
UDESC

Prof. Francisco J. Kliemann Neto, Dr.
Examinador Externo
UFRGS

Prof. Juarez Bortolanza, Dr.
Examinador Externo
UNIOESTE

Prof. André Ogliari, Dr.
Examinador
UFSC

Prof. Marco A. de Oliveira, Dr.
Examinador
EMBRACO

À minha esposa, Cleide, e ao meu filho, Felipe, pela compreensão durante a minha ausência na família.

À minha mãe, Chisako Futami, ao meu pai, Hideshi Futami (*in memoriam*), e aos meus avós maternos, Kinda Yokomizo (*in memoriam*) e Toshika Yokomizo (*in memoriam*), que sempre me ensinaram o valor da educação.

À minha segunda mãe, Adi Lammel de Oliveira (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Osmar Possamai, uma pessoa autêntica, que me orientou desde o mestrado. Posso afirmar que o aprendizado que obtive durante todo esse período de ensinamentos mudou o curso da minha vida.

Ao meu co-orientador, Prof. Luiz Veriano O. Dalla Valentina, pela atenção, amizade e confiança construída desde o mestrado.

Ao Prof. Edgar Augusto Lanzer, Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Sociesc, que me apoiou desde que entrei naquela instituição até a defesa do meu doutorado.

A todos os professores que compuseram a banca de avaliação: Prof. Francisco Kliemann Neto, Prof. Juarez Bortolanza, Prof. André Ogliari e Prof. Marco Aurélio de Oliveira.

Aos colegas do curso com quem tive o prazer de conviver nesta dura caminhada: Gustavo Fleury Charmillot, Ivan Henrique Vey, Marcos Buson e José Tavares de Borba.

Ao Giovanni Secco, pela amizade e pelas revisões de última hora.

À Fundação Sociesc, em especial ao Engenheiro Marcos Estevan Balzer e à Engenheira Rosângela Hartmann, que colocaram à disposição toda a infraestrutura da empresa para realizar a presente pesquisa.

A todos os professores do curso de mestrado em Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica da Sociesc.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, pelos conhecimentos que adquiri.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela formação educacional de qualidade.

Muito obrigado!

“It is the theory which decides what we can
observe.”

(Albert Einstein, in: Lars Skyttner, 2005)

BIOGRAFIA DO AUTOR

André Hideto Futami possui graduação em Engenharia de Produção (Mecânica) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEP/UFSC) e especialização em Administração pela Universidade Federal do Paraná (Ceppad/UFPR). Possui experiência profissional na área de Desenvolvimento de Novos Produtos, tendo trabalhado durante dezenove anos na área de desenvolvimento de produtos da Whirlpool S.A., Divisão de Eletrodomésticos, onde exerceu a função de Especialista Sênior II. Como especialista de produtos, coordenou projetos de P&D e de aplicação de tecnologia para o mercado nacional e exportação. Atuou em grupos de Planejamento Estratégico Corporativo e, também, em grupos de otimização do Processo de Desenvolvimento de Produtos da organização – *Time-To-Market*. Atualmente é professor em dedicação integral no corpo docente do curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção e de Graduação em Engenharia Mecânica na Sociedade Educacional de Santa Catarina (Sociesc/IST).

RESUMO

FUTAMI, A. H. **Proposta de modelo para avaliação da aprendizagem a partir das operações cognitivas do projetista**. 2012. 182 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

A aprendizagem possui uma função estratégica para as organizações na medida em que seus processos determinam a capacidade de adaptação e de sobrevivência no ambiente competitivo. Nesse contexto, o processo de desenvolvimento de produtos é um processo-chave que executa a estratégia da organização. No entanto, o termo “aprendizagem” não tem sido muito bem compreendido. Ele é utilizado como sinônimo de conhecimento pessoal e, muitas vezes, é confundido como um processo de aquisição de conhecimentos. Uma das consequências da falta de uma definição mais precisa quanto à aprendizagem é a constatação de que ainda permanece obscuro o que é aprendido durante o processo de desenvolvimento de novos produtos. O objetivo principal deste trabalho é propor um modelo para avaliar a aprendizagem que ocorre no ambiente de projetos. Para isso, este trabalho adota um viés cognitivo, na medida em que a aprendizagem é um fenômeno que ocorre em nível pessoal envolvendo componentes como a percepção, a experiência, o conhecimento e o sistema de memória. Dessa forma, a partir de um constructo que sintetiza as operações cognitivas do projetista, são caracterizados três tipos de aprendizagem. Sob a luz dessa teoria, é proposto um modelo conceitual que relaciona a aprendizagem, a competência no desenvolvimento de produtos. Para avaliar o funcionamento do modelo proposto foi realizada aplicação na área de desenvolvimento de produtos de uma organização multinacional de grande porte do setor eletroeletrônico, que mostrou a validade do modelo proposto.

Palavras-chave: Avaliação da aprendizagem. Operações cognitivas. Projeto de produto.

ABSTRACT

FUTAMI, A. H. **Proposal of learning evaluation model from the cognitive operations of the project engineer.** 182 p. Thesis (Doctorate in Production Engineering) – Pos-Graduation Program in Production Engineering, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Learning has a strategic role for organizations insofar as its processes determine the adaptation capability and survival in the competitive environment. In this context, the product development process is a key process that executes the organization's strategy. However, the term “learning” has not been clearly understood. It is used as synonymous of personal knowledge, and is often mistaken as a process of knowledge acquisition. One of the consequences of a lack of more precise definition of learning remains in the fact that what is learned during the new product development process is still unclear. The main objective of this work is to propose a model to evaluate the learning that occurs in the project environment. In order to do so, this research adopts a cognitive bias, once learning is a phenomenon that occurs on a personal level involving components such as perception, experience, knowledge and memory system. This way, starting from a construct that summarizes the cognitive operations of the designer, three types of learning are characterized. Under the light of this theory, it is proposed a conceptual model that relates learning and competence in product development. The proposed model was implemented in a product development area of a large household appliance multinational company, resulting in the model's validation.

Keywords: Learning evaluation. Cognitive operations. Product project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aprendizagem experiencial	40
Figura 2 – Funil de desenvolvimento.....	45
Figura 3 – Unidade elementar do processo de pensamento e execução TOTE.....	52
Figura 4 – Modelo multicomponente da memória de trabalho.....	59
Figura 5 – Curva de esquecimento de Ebbinghaus.....	61
Figura 6 – Modelo de consciência da situação	64
Figura 7 – Modelo ergonômico genérico	65
Figura 8 – Modelo ACT* de processamento de informação	66
Figura 9 – Representação de como o conhecimento armazenado na memória participa do funcionamento do sistema cognitivo	68
Figura 10 – Estágios do desenvolvimento de habilidades	69
Figura 11 – Fases do desenvolvimento de produtos da fase de planejamento à fase de desenvolvimento do conceito	76
Figura 12 – Fases do processo de desenvolvimento de produtos da fase de detalhamento à fase de descontinuação do produto	76
Figura 13 – Modelo conceitual de aprendizagem em projetos	81
Figura 14 – Estrutura sistêmica das dimensões envolvidas na aprendizagem em projetos.....	83
Figura 15 – Constructo da aprendizagem no ambiente de projeto em nível individual, grupal e organizacional	85
Figura 16 – Constructo das operações cognitivas de reforço comportamental (em cinza) e da adaptação evolutiva (em cinza e amarelo).....	88
Figura 17 – Constructo das operações cognitivas de aprendizagem remodeladora (em cinza) e aprendizagem proativa (em cinza e amarelo)	90
Figura 18 – Constructo da sequência de operações da aprendizagem no projeto e em projetos	93
Figura 19 – Hierarquia dos parâmetros do STO que podem ser alterados em função da aprendizagem.....	95
Figura 20 – Constructo da sequência de operações para aprendizagem em projetos	95
Figura 21 – Macroetapas para a operacionalização do modelo conceitual	96
Figura 22 – Gestão proativa do portfólio sob a perspectiva da aprendizagem.....	106
Figura 23 – Gestão reativa do portfólio que reforça o comportamento atual	107

Figura 24 – Sequência de operações para o desenvolvimento de uma nova ideia/projeto	109
Figura 25 – Diagrama geral das macroetapas propostas e o detalhamento em etapas	113
Figura 26 – Estrutura matricial da área de Tecnologia de Produtos de Refrigeração	119
Figura 27 – Representação genérica das fases do processo de desenvolvimento de produtos da organização e os ciclos de resolução de problemas no projeto	122
Figura 28 – Visão hierárquica dos refrigeradores de 2 portas segundo a configuração e a tecnologia utilizada	125
Figura 29 – Refrigerador de 2 portas do tipo <i>frost free</i> que utiliza o princípio de convecção forçada de ar	125
Figura 30 – Sistema de refrigeração do tipo <i>frost free</i> decomposto em subsistemas e componentes	126
Figura 31 – Os tipos de produtos desenvolvidos pela área de tecnologia e a categoria dos projetos de refrigeradores de 2 portas pesquisados .	127
Figura 32 – Vista frontal do novo refrigerador com dispensador de água acionado eletronicamente	129
Figura 33 – Figura esquemática da região da porta e do dispensador com acionamento manual	130
Figura 34 – Concepção do reservatório plástico moldado por sopro ..	131
Figura 35 – Visão dos principais componentes do novo refrigerador desenvolvido	132
Figura 36 – Árvore de decisão que detalha o caminho percorrido para definir o novo sistema dispensador de água	138
Figura 37 – Esquema dos principais componentes e da tubulação de água do novo sistema dispensador	139
Figura 38 – Nova dobradiça com canais internos para passagem de água	140
Figura 39 – Hierarquia do tipo de projeto selecionado para análise ...	153
Figura 40 – Classificação do potencial de aprendizagem da tecnologia <i>Vacuum Insulation Panel</i> (1) (PANASONIC, 2011) e do novo refrigerador plástico (2)	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições de aprendizagem organizacional segundo os autores.....	42
Quadro 2 – Fatores associados às definições dos autores do Quadro 1.	43
Quadro 3 – Abordagens orientadas por processo	47
Quadro 4 – Abordagens orientadas pela documentação	49
Quadro 5 – Comparativo entre as três abordagens para a aprendizagem	53
Quadro 6 – Comparação entre a perspectiva tradicional e a não tradicional	58
Quadro 7 – Síntese da Burocracia Mecanizada	72
Quadro 8 – Síntese das operações cognitivas em nível individual do constructo da aprendizagem.....	98
Quadro 9 – Matriz de classificação do tipo de aprendizagem nos diversos níveis	98
Quadro 10 – Síntese dos indicadores de conhecimento e de método, a métrica e a orientação	100
Quadro 11 – Indicadores de dos tipos de projetos executados	101
Quadro 12 – Tipologia de problemas de projeto em termos de novidade do conhecimento e de novidade do método	103
Quadro 13 – Comparação entre as duas visões de gestão do portfólio	107
Quadro 14 – Matriz de qualificação do projeto	110
Quadro 15 – Macroetapa 1 – Avaliação da aprendizagem	110
Quadro 16 – Macroetapa 2 – Classificação da competência	111
Quadro 17 – Macroetapa 3 – Desenvolvimento de novos produtos....	112
Quadro 18 – Classificação dos projetos segundo os critérios da organização.....	121
Quadro 19 – Representantes típicos de uma equipe de projeto	123
Quadro 20 – Detalhes do projeto para a aplicação das Macroetapas 1 e 2 da pesquisa.....	128
Quadro 21 – Comparativo entre a concepção anterior e a nova	129
Quadro 22 – Indicadores de conhecimento extraídos do projeto.....	133
Quadro 23 – Indicadores de método extraídos do projeto em cada nível	134
Quadro 24 – Classificação da aprendizagem em função do conhecimento novo.....	135
Quadro 25 – Classificação da aprendizagem em função do conhecimento velho.....	137
Quadro 26 – Lista de desafios encontrados no Projeto Alfa.....	140

Quadro 27 – Novos conhecimentos adquiridos ou desenvolvidos no projeto em função dos desafios resolvidos	141
Quadro 28 – Classe de problemas de projeto em termos de novidade do conhecimento e de novidade do método	143
Quadro 29 – Problemas de projeto do Tipo I e seu desdobramento em termos de métodos.....	144
Quadro 30 – Problemas de projeto do Tipo III e seu desdobramento em termos de métodos.....	146
Quadro 31 – Problemas de projeto do Tipo IV e seu desdobramento em termos de métodos.....	147
Quadro 32 – Grau de novidade do conhecimento para a organização	158
Quadro 33 – Predição quanto aos desafios para as próximas etapas preliminares do projeto	160
Quadro 34 – Potencial de aprendizagem e de evolução a partir do conceito 1 nas etapas iniciais do projeto.....	161
Quadro 35 – Potencial de aprendizagem e de evolução a partir do conceito 2 nas etapas iniciais do projeto.....	162

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de classificação da competência individual em função do tipo de problema de projeto e sua correspondência ao tipo do aprendizado individual ocorrida no projeto	149
Tabela 2– Matriz de classificação do tipo de aprendizagem ocorrida no Projeto Alfa Sistema Dispensador de Água Eletrônico	150
Tabela 3 – Matriz de classificação da competência individual de todos os membros da equipe de desenvolvimento da organização	150
Tabela 4 – Matriz de classificação dos projetos quanto à contribuição em termos de aprendizagem.....	151
Tabela 5 – Quantidade de projetos executados por categoria desenvolvidos no período relacionado aos refrigeradores de 2 portas	153
Tabela 6 – Número de projetos desenvolvimentos internamente e por OEM	154
Tabela 7 – Classificação dos 22 projetos de desenvolvimentos de novos produtos de acordo com a contribuição quanto ao tipo de aprendizagem ocorrido no projeto	155
Tabela 8 – Número de projetos e o percentual em relação ao tipo de aprendizagem.....	156

LISTA DE ACRÔNIMOS E ABREVIACÕES

AAR – *After Action Review*

ACT – *Adaptive Control of Thought*

AO – Aprendizagem Organizacional

AST – Ambiente do Sistema de Trabalho

BM – Burocracia Mecanizada

DNP – Desenvolvimento de Novos Produtos

MCP – Memória de Curto Prazo

MEG – Modelo Cognitivo Genérico

MLP – Memória de Longo Prazo

MT – Memória de Trabalho

OEM – *Original Equipment Manufacturer*

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos

PoC – *Postcontrol*

PPA – *Post Project Appraisal*

PPR – *Post Project Review*

PR – *Project Review*

ST – Sistema de Trabalho

STG – Sistema de Trabalho Grupal

STO – Sistema de Trabalho Organizacional

STP – Sistema de Trabalho Pessoal

VIP – *Vacuum Insulation Panel*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	29
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	29
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO	31
1.3	JUSTIFICATIVA	31
1.4	INEDITISMO DO TRABALHO	33
1.5	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA.....	34
1.6	PRESSUPOSTOS DO TRABALHO	35
1.7	ESCOPO DA PESQUISA	35
1.8	METODOLOGIA	36
1.9	ESTRUTURA DO TRABALHO	37
2	REFERENCIAL TEÓRICO	39
2.1	APRENDIZAGEM ORGANIZACIONAL.....	40
2.1.1	Abordagem orientada por revisões de projeto	44
2.1.2	Abordagem orientada pela documentação.....	48
2.1.3	Abordagem orientada por resolução de problemas	51
2.2	FUNDAMENTOS COGNITIVOS DA APRENDIZAGEM	55
2.2.1	Psicologia cognitiva da aprendizagem	55
2.2.2	A função da memória na cognição humana	57
2.2.2.1	Função da memória de trabalho no sistema de memória	59
2.2.2.2	Limitações da memória humana.....	60
2.2.3	Modelos cognitivos	63
2.2.4	Desenvolvimento de habilidades.....	68
2.3	FUNDAMENTOS ORGANIZACIONAIS DA	
APRENDIZAGEM		71
2.3.1	Estrutura organizacional – Considerações gerais	72
2.3.2	O processo de desenvolvimento de produtos e a função	
gestão do portfólio		75
2.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	79
3	MODELO CONCEITUAL	81
3.1	APRESENTAÇÃO GERAL DO MODELO CONCEITUAL	81
3.2	CONSTRUCTO DA APRENDIZAGEM NO AMBIENTE	
DE PROJETOS		83
3.2.1	A dimensão individual da aprendizagem	84

3.2.2	A dimensão da aprendizagem em nível de grupo de projeto	92
3.2.3	A dimensão organizacional da aprendizagem	93
3.3	MACROETAPAS PARA A OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	96
3.3.1	Macroetapa 1 – Avaliação da Aprendizagem	97
3.3.2	Macroetapa 2 – Classificação da competência.....	102
3.3.3	Macroetapa 3 – Desenvolvimento de novos produtos ...	105
3.3.4	Síntese das macroetapas propostas	110
3.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	115
4	APLICAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	117
4.1	JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA ORGANIZAÇÃO	117
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO E DA ÁREA PESQUISADA	118
4.2.1	Classificação dos projetos	120
4.2.2	Composição da equipe de projeto	122
4.2.3	Tipos de refrigeradores desenvolvidos	124
4.3	MODELO CONCEITUAL – ETAPAS DA APLICAÇÃO	127
4.3.1	Detalhamento do projeto selecionado para a aplicação das Macroetapas 1 e 2.....	128
4.3.2	Macroetapa 1 – Avaliação da aprendizagem.....	130
4.3.2.1	Etapa 1.1 – Elaborar uma lista com novos conhecimentos	131
4.3.2.2	Etapa 1.2 – Elaborar uma lista com novos métodos	133
4.3.2.3	Etapa 1.3 – Classificar os tipos de aprendizagem	135
4.3.3	Macroetapa 2 – Classificação da competência.....	137
4.3.3.1	Etapa 2.1 – Detalhar os desafios encontrados no projeto...	137
4.3.3.2	Etapa 2.2 – Categorizar os desafios em tipos de problemas de projeto	142
4.3.3.3	Etapa 2.3 – Identificar todos os métodos utilizados para solucionar os problemas de projeto	144
4.3.3.4	Etapa 2.4 – Classificar a competência individual por tipo de aprendizagem.....	148
4.3.3.5	Etapa 2.5 – Totalizar os métodos novos e velhos no projeto	149
4.3.3.6	Etapa 2.6 – Classificar a competência individual por tipo de aprendizagem.....	150
4.3.3.7	Etapa 2.7 – Classificar os projetos executados pela organização por tipo de aprendizagem.....	151
4.3.4	Macroetapa 3 – Desenvolvimento de novos produtos ...	152

4.3.4.1	Etapa 3.1 – Avaliar o balanceamento dos projetos executados	154
4.3.4.2	Etapa 3.2 – Avaliar o grau de novidade do projeto para a organização e para o mercado.....	157
4.3.4.3	Etapa 3.3 – Avaliar o potencial de aprendizagem de novos projetos.....	158
4.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO	162
5	CONCLUSÃO	167
5.1	CONCLUSÕES	167
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	170
6	REFERÊNCIAS.....	171

1 INTRODUÇÃO

Os produtos e serviços são os resultados de um trabalho cooperativo, fruto de uma coordenação e executado por meio de empreendimento temporário denominado de “projeto”. O projeto é uma atividade essencialmente humana de criação e, ao mesmo tempo, é um instrumento de trabalho utilizado para atender às expectativas e necessidades também humanas.

É nesse empreendimento que se confluem os maiores desafios, não somente os relacionados à criação, em nível pessoal, do artefato, mas também os de coordenação desses indivíduos que são parte de um grupo que possui uma meta de curto prazo imposta pelo projeto. Tal meta, que é perseguida objetivamente enquanto durar o projeto, confronta-se com os desafios de aprendizagem da organização no longo prazo, já que o aprendizado em nível de organização é algo que requer um esforço adicional para consolidar-se.

O termo “aprendizagem” possui muitos significados e é parte do cotidiano das pessoas pois envolve o senso comum e, por causa disso, tem gerado muitas interpretações diferentes. No meio empresarial, como um reflexo do senso comum, aprendizagem também não tem sido muito bem compreendida. É utilizada como sinônimo de conhecimento e, muitas vezes, é confundida com um processo de aquisição de conhecimentos. Na verdade, a aprendizagem remonta ao instinto fundamental presente em seres biológicos desenvolvidos: mudar comportamentos para poder-se adaptar e sobreviver às mudanças ambientais.

Nesse contexto, este trabalho adota um viés cognitivo para esclarecer a aprendizagem que ocorre no ambiente de projetos. Para isso, é necessário caracterizar os tipos de aprendizagem que ocorrem nesse ambiente de projetos de forma a auxiliar as organizações a se tornarem mais capacitadas a desenvolver produtos com maior qualidade, rapidez e baixo custo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Na área de desenvolvimento de produtos, os estudos de Hayes, Wheelwright e Clark (1988) formaram a base para estabelecer uma visão de uma manufatura orientada à aprendizagem. Os autores, cujas teorias foram consolidadas no livro *Dynamic Manufacturing* (HAYES; WHEELWRIGHT; CLARK, 1988), realizam uma crítica ao “método

científico” de Frederick Taylor e à visão estática da manufatura, e enfatizam o papel crucial que a resolução de problemas tinha na determinação do desempenho da organização. Argyris e Schön (1996, p. 182) e Argyris (1999, p. 3), pesquisadores da área de aprendizagem organizacional, reconhecem a obra *Dynamic Manufacturing* como um marco das discussões que envolvem o tema da aprendizagem na área de desenvolvimento de produto e processos de produção. De fato, o processo de desenvolvimento de produto (PDP) possui uma função estratégica para as organizações baseadas em projetos, pois é um processo que está diretamente relacionado à capacidade de competir em um ambiente dinâmico; e a introdução de melhorias nos produtos e no PDP da organização está ligada à capacidade de aprender com a própria experiência.

Os modelos de desenvolvimento de produto contemplam o processo de aprendizagem como o modelo de Wheelwright e Clark (1992), Cooper (2001) e, mais recentemente, os modelos de Rozenfeld et al. (2006) e de Back et al. (2008). Wheelwright e Clark (1992) propuseram o modelo em formato de funil, um dos primeiros modelos de desenvolvimento de produto a destacar a importância estratégica da aprendizagem, no fim do qual o aprendizado pós-projeto é o elemento-chave que retroalimenta o processo. Embora haja consenso entre os pesquisadores da área de projetos sobre a importância do tema, o conceito fundamental que envolve a aprendizagem ainda não é muito bem compreendido nem no âmbito acadêmico, nem no âmbito organizacional. Assim como ocorre com conceitos fundamentais, não há um consenso sobre a definição de aprendizagem organizacional (CARAYANNIS, 1999).

Autores como Pahl et al. (2005), Hubka e Eder (1996), Eder e Hosnedl (2007, 2010) não fazem menção explícita ao conceito de aprendizagem em sua metodologia de projeto; tratam do tema da aprendizagem indiretamente, por meio da dimensão cognitiva do projetista. Para os autores mencionados, o projetista é o elemento central pela busca da solução e pelo desenvolvimento de um produto, cujos conhecimento pessoal e experiência determinam as características técnicas e econômicas do produto. A aprendizagem é tratada como uma característica inerente, um esforço que cabe ao projetista mediante o uso de seu conhecimento pessoal, algo implícito em termos de processo. Dessa forma, entende-se que a adoção de um viés cognitivo é essencial para compreender a aprendizagem que ocorre no ambiente organizacional de projetos.

Diante do contexto exposto e do problema de aprendizagem no PDP, busca-se a resposta à seguinte pergunta de pesquisa: “como avaliar a aprendizagem que ocorre durante o projeto no processo de desenvolvimento de um novo produto?”.

Em posse da pergunta de pesquisa podem-se estabelecer os objetivos que nortearão o trabalho.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Para viabilizar a realização do presente trabalho foi estabelecido o seguinte objetivo geral: propor um modelo para avaliar a aprendizagem que ocorre em ambientes de projeto nos diversos níveis que compõem a organização.

Para que se possa alcançar o objetivo geral do trabalho, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) determinar os principais parâmetros cognitivos dos projetistas relacionados à aprendizagem;
- b) caracterizar os tipos de aprendizagem que ocorrem em nível individual, de grupo de projeto e organizacional;
- c) identificar os indicadores de ocorrência de aprendizagem no processo de desenvolvimento de produtos; e
- d) estabelecer relações entre a aprendizagem, a competência e o desenvolvimento de novos produtos.

1.3 JUSTIFICATIVA

A primeira justificativa para a realização deste trabalho é a importância que o tema da aprendizagem representa tanto para as pesquisas no campo organizacional quanto para as pesquisas na área de desenvolvimento de produtos, fato que é mencionado por autores ligados a projetos, como Schindler e Eppler (2003), Wheelwright e Clark (1992), Koners e Goffin (2008) e, mais recentemente, reforçado por Goffin et al. (2011) e Goffin e Koners (2011). Em termos gerais, as pesquisas realizadas sobre o tema da aprendizagem organizacional têm contribuído para o desenvolvimento de vários campos, como comportamento organizacional, psicologia cognitiva/social, estratégia, economia, sistemas de informação e engenharia (ARGOTE; MIRON-SPEKTOR, 2011). Pela sua natureza interdisciplinar, mais adequada para pesquisar o funcionamento complexo da organização, o estudo dos mecanismos de aprendizagem tem contribuído para o avanço do conhecimento sobre as organizações, em especial relacionado à

habilidade de aprender e de se adaptar para garantir a sobrevivência em longo prazo. Nesse sentido, o PDP é um processo-chave, pois através dele é operacionalizada toda a estratégia da organização, e a aprendizagem é especialmente importante na criação de novos produtos. Estudo de Quintana-García e Benavides-Velasko (2008) mostra a correlação positiva entre a exposição a uma variedade de domínio de conhecimentos e a competência em inovação. A aprendizagem representa uma mudança no comportamento e possui uma relação sistêmica com a competência para a geração de novos produtos, na medida em que o desenvolvimento de um novo produto mais inovador agrega novas aprendizagens; elas, por sua vez, incrementam a capacidade de gerar produtos diferenciados. A ausência de aprendizagem implica a manutenção do mesmo comportamento, o que leva a uma estabilização da capacidade de gerar novos produtos, de modo que as experiências anteriores não sejam suficientes para gerar inovações e garantir a competitividade no lançamento de novos produtos.

A segunda justificativa a ser ressaltada é a não trivialidade do trabalho, em virtude da complexidade das dimensões envolvidas com o problema de pesquisa. Esta pesquisa é, sobretudo, interdisciplinar, pois envolve três campos distintos: a psicologia cognitiva; a aprendizagem organizacional; e a ciência de projetos. Isoladamente, a aprendizagem é um processo de difícil investigação empírica, em função da dificuldade de isolarem-se os processos de aprendizagem (EASTERBY-SMITH; ARAUJO, 2000) e por requerer informações temporais via uma coleta de dados longitudinal (ARGOTE; MIRON-SPEKTOR, 2011). Associa-se a essa questão o fator organizacional que potencializa a complexidade da investigação ao agregar os vários níveis de análise e pelo número de pessoas envolvidas nos mais diversos projetos, objetos de investigação. O projeto de engenharia é, sobretudo, uma atividade social (EDER; HOSNEDL, 2007) interdisciplinar que ocorre dentro de uma estrutura organizacional onde se confluem as dificuldades operacionais da pesquisa. Em relação à complexidade que envolve as atividades de projeto de produto, Visser (2006, p. xv) destaca textualmente que o “projeto é um exemplo convincente de como uma atividade complexa requer uma descrição multidisciplinar [...]”. Dessa forma, adotou-se um viés cognitivo para esta pesquisa, pois a aprendizagem é, acima de tudo, uma função adaptativa que se inicia em nível individual, sendo essencial na elaboração de um constructo que reflita a aprendizagem “no projeto” e “em projetos”. Nesse sentido, a contribuição da ciência cognitiva no campo do projeto tem sido enfatizada por pesquisadores da área como Eder e Hosnedl (2007, 2010), Hubka e Eder (1996) e Pahl et al. (2005).

O ser humano é o único operador do processo de transformação; ele utiliza seu sistema cognitivo para processar o conhecimento de forma consciente ou inconsciente, mediante o raciocínio progressivo ou retrospectivo, e sua contribuição é evidenciada na forma de habilidades e competências (EDER; HOSNEDL, 2007). Assim, a aprendizagem é uma função cognitiva que envolve conceitos que não são facilmente observáveis de forma direta no ambiente de projeto, principalmente os fenômenos relacionados à memória humana e à aprendizagem.

1.4 INEDITISMO DO TRABALHO

A pesquisa na literatura relacionada à aprendizagem organizacional indicou uma escassez de estudos em profundidade que induzam uma teoria a partir de “micropráticas” dentro de um ambiente organizacional (EASTERBY-SMITH; ARAUJO, 2000, p. 27). O estudo de Loiola e Bastos (2003, p. 193) confirma essa tendência geral na área de aprendizagem organizacional, em que a maioria das pesquisas focaliza-se em nível organizacional, sobre uma perspectiva macro, com pouco foco em nível micro que relacione as interações entre os indivíduos. Quanto a esse fato, Ruas e Antonello (2003, p. 207, grifos no original) explicitam “uma defasagem nas investigações sobre aprendizagem nas organizações: **processos de aprendizagem** referindo-se ao **como**, ou seja, as formas de aprendizagem organizacional”. O “como” se articula a transição de um processo que é essencialmente do individual para o coletivo; é uma das questões centrais em aprendizagem organizacional (LOIOLA; BASTOS, 2003; RUAS; ANTONELLO, 2003).

Diversas pesquisas foram realizadas sobre a aprendizagem na área de projetos; no entanto, as pesquisas realizadas têm focalizado nas capacidades (HULL; COVIN, 2009; MICHAEL; PALANDJIAN, 2004), nos processos do conhecimento (ADAMS; DAY; DOUGHERTY, 1998; IBERT, 2004; KLEINSMANN; VALKENBURG, 2005; KNUDSEN, 2007; PRENCIPE; TELL, 2001) e, principalmente, concentrados em mecanismos processuais integrados aos modelos prescritivos de PDP, como as auditorias de projeto realizadas *post-mortem* (ANBARI; CARAYANNIS; VOETSCH, 2008; AYAS, 1997; COOPER, 2001; DUARTE; SNYDER, 1997; GOFFIN; KONERS, 2011; GOFFIN et al., 2011; KONERS; GOFFIN, 2007; ROZENFELD et al., 2006; SCHINDLER; EPPLER, 2003; SCHMIDT; SARANGEE; MONTOYA, 2009; WILLIANS, 2004, 2008).

Dessa forma, esta pesquisa procura preencher a lacuna de conhecimento relacionada à aprendizagem em projetos que focalize a resolução de problemas diretamente no ambiente de projeto. A existência dessa lacuna é reconhecida por Ayas (1996) e por Schindler e Eppler (2003). Mais recentemente, Goffin e Koners (2011) constataram que ainda permanece obscuro “o que” as pessoas da equipe aprendem com o desenvolvimento de novos produtos. Uma das causas dessa lacuna é a falta de uma definição mais clara quanto à aprendizagem, de modo que uma resposta sobre o “como” ocorre a aprendizagem no ambiente de projeto ainda permanece imprecisa. Da mesma forma, se desconhece a relação entre a aprendizagem em projetos e competência de um time para gerar inovações em produtos. Assim, o ineditismo deste trabalho está em identificar a aprendizagem, porque, a partir dela, se poderá caracterizar e avaliar a aprendizagem que ocorre no ambiente de projetos.

1.5 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA

A contribuição teórica tem como origem um constructo de aprendizagem em projetos que parte da cognição individual até o nível organizacional. A identificação dos tipos de aprendizagem que ocorrem no ambiente de projetos permite a proposição de uma matriz que sintetiza as operações cognitivas realizadas pelo projetista. Com esse procedimento se pode categorizar os tipos de aprendizagem em seus três níveis: em nível individual; em nível de grupo de projeto; e em nível organizacional. Ressalta-se que, a partir da contribuição teórica realizada, pôde-se definir uma tipologia de problemas de projeto com base no nível de aprendizado exibido pelo time de projeto. Adicionalmente, menciona-se também a proposição de um conjunto de indicadores de ocorrência de aprendizagem relacionados ao projeto.

Como contribuição mais direta às organizações, especificamente às baseadas em projetos que desenvolvem e acompanham o ciclo de vida dos produtos, está em auxiliar a estabelecer os objetivos para a aprendizagem, de modo a colher os benefícios do aumento da competência. O domínio dos modos de aprendizagem pode auxiliar no desenvolvimento de um processo que favoreça a aquisição de novos conhecimentos, de modo a desenvolver produtos cada vez mais diferenciados.

1.6 PRESSUPOSTOS DO TRABALHO

Com base na literatura pesquisada, podem-se estabelecer alguns pressupostos que norteiam este trabalho. Assim, o principal pressuposto é o de que todas as organizações possuem capacidade de aprender, pois elas são um meio social formado por indivíduos que são capazes de aprender e de evoluir, uma vez que a aprendizagem faz parte da cognição humana. A vivência em projetos permite às pessoas aprender tanto por experiência própria quanto baseada nos outros (BRESMAN, 2004, p. 11) e construir seu próprio conhecimento, porque todas as pessoas são aprendizes (SENGE, 2008). A aprendizagem só ocorre se, frente a uma nova situação, o indivíduo houver mudado sua forma de agir. Esta nova forma de agir só se caracteriza como aprendizado se puder ser transmitida para novas situações.

Identifica-se neste trabalho a influência da visão construtivista da aprendizagem. Segundo Pozo (2002), enquanto no racionalismo a aprendizagem possui uma função limitada, o conhecimento é algo inato e utiliza-se a razão para refletir sobre a realidade, no empirismo o conhecimento resulta da experiência sensorial, e aprender é reproduzir a informação recebida. No construtivismo o conhecimento é uma interação entre a nova informação e o que já se sabe, e aprender é construir novos modelos para interpretar a informação recebida. Assim, a aprendizagem é um processo construtivo que gera novos comportamentos, e estes conferem novos significados à bagagem anterior.

1.7 ESCOPO DA PESQUISA

Esta pesquisa está delimitada à compreensão da aprendizagem no contexto do processo de desenvolvimento de produto, relacionado ao indivíduo que atua e interage socialmente para desenvolver produtos em organizações baseadas em projetos, tanto as de natureza mecanicista quanto as orgânicas. O meio social em análise é o sistema de trabalho que desenvolve produtos industriais, relacionados a bens de consumo e de capital, sistema pelo qual um produto é especificado, projetado, desenvolvido, testado e manufaturado. Quanto à aplicação, relacionada às condições de contorno organizacional, este trabalho está delimitado à aprendizagem de projetistas de formação técnica que desenvolvem produtos industriais em organizações de mesma natureza, as quais, em sua forma teórica pura, Mintzberg (2003) denomina de Burocracias Mecanizadas.

Esta pesquisa não se propõe a gerar uma teoria geral de aprendizagem, nem a elaborar uma teoria sobre a cognição humana. O estudo sobre a cognição está inserido dentro dos limites de estudo da área da Ergonomia Cognitiva, mais especificamente dos processos mentais como a percepção, a memória, o raciocínio e a interação entre as pessoas e outros componentes de um sistema de trabalho (FALZON, 2007). A Ergonomia Cognitiva tem como objetivo explicitar o “como” articulam-se os processos cognitivos em situações de resolução de problemas (ABRAHÃO; SILVINO; SARMET, 2005), e não em elaborar uma teoria do comportamento humano e nem em entender a natureza da cognição humana (SILVINO; ABRAHÃO, 2003).

Neste trabalho, a cognição é abordada no contexto de projeto de produto, envolvendo os componentes relacionados à aprendizagem, mais especificamente o como a memória, o conhecimento e as habilidades pessoais são utilizadas no projeto dentro das condições de contorno da organização. Outros componentes cognitivos, como a criatividade, e componentes que denotam um “estado afetivo”, como a emoção e a motivação, não serão considerados neste trabalho.

1.8 METODOLOGIA

O método científico caracteriza-se pelos contínuos ciclos de observação acerca dos fatos do mundo real, construindo um entendimento sobre as relações entre os fatos, fazendo previsões sobre o mundo real baseado nesse entendimento e verificando essas previsões por meio de mais observações (KIM, 1993a).

Inicialmente, durante a fase de contextualização do tema, para tornar mais explícito o problema, será realizada uma pesquisa na literatura e o levantamento histórico de exemplos dentro da organização estudada que estimularam a compreensão do fenômeno pesquisado. O objetivo inicial está em estabelecer uma referência teórica para uma aproximação conceitual sobre a aprendizagem. Essa abordagem enquadra-se, quanto aos objetivos, na pesquisa exploratória (GIL, 1991).

A partir da pesquisa bibliográfica e dos fatos obtidos da observação e da coleta de informações, será elaborado um constructo teórico da aprendizagem no ambiente de projetos. Um vez elaborado o constructo em nível cognitivo poder-se-á estabelecer uma relação entre a aprendizagem e a competência com vistas a formular uma proposta do modelo conceitual.

A pesquisa deverá ser desenvolvida em uma situação real de projeto, de modo a analisar a complexidade da relação entre o projetista

e a organização, para melhor compreensão do fenômeno da aprendizagem. A coleta dos dados de projeto, a análise documental e a observação direta deverão ser realizadas de modo a minimizar as distorções durante a proposição do modelo de aprendizagem.

Esta pesquisa é exploratória por sua natureza e objetiva responder a algumas das questões de pesquisa sobre “como ocorre o aprendizado dentro das equipes de projeto”, “como acontece a transferência da aprendizagem obtida em nível de projeto para o nível organizacional” e “como se classifica a competência em função da aprendizagem”.

Em relação ao método de pesquisa, adotou-se o do estudo de caso, porque tal metodologia é apropriada para o propósito de avaliar o funcionamento de um modelo, ou seja, avaliar o “como” ocorre a aprendizagem em organizações técnicas (YIN, 2010). Trata-se de um tema contemporâneo sobre o qual o pesquisador não tem o controle dos fenômenos envolvidos na aprendizagem.

1.9 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos, incluindo esta introdução.

No Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico que norteia o trabalho, em especial é abordado o problema da aprendizagem no processo de desenvolvimento de produto. Também serão apresentadas as principais teorias da aprendizagem sob o ponto de vista da área da Psicologia Cognitiva e dos principais autores da área de projetos. São discutidos os parâmetros cognitivos para um processo de projeto e sua influência no processo de aprendizagem individual.

No Capítulo 3 é apresentada a proposta do modelo conceitual, bem como o constructo teórico que suporta a formulação da proposta da tese.

No Capítulo 4 realiza-se uma aplicação do modelo proposto.

E, no final, o Capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Diversos pesquisadores da área de desenvolvimento de produto têm afirmado que a capacidade de incorporar melhorias nesse processo sustenta-se, fundamentalmente, na capacidade de aprender com a própria experiência (SCHINDLER; EPPLER, 2003; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992). Sob essa perspectiva, os projetos criam uma oportunidade de aprendizado (ANBARI; CARAYANNIS; VOETSCH, 2008; COOPER, 2007; GOFFIN; KONERS, 2011; KONERS; GOFFIN, 2007; LENFLE; BALDWIN, 2007; SCHINDLER; EPPLER, 2003; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992), e um novo projeto não deve entregar somente um produto de sucesso, mas também gerar um aprendizado nas organizações (SCHINDLER; EPPLER, 2003; KONERS; GOFFIN, 2007; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992). Para as organizações baseadas em projetos, a competência é construída por meio da execução de seus projetos (HOBDAV, 2000). Dessa forma, os projetos devem ser utilizados como fonte permanente de aprendizado e tratados como uma matéria-prima para a organização melhorar seus produtos e processos, visando sobreviver em ambientes onde as incertezas tecnológica e de mercado são altas.

Nesse contexto, os pesquisadores da aprendizagem organizacional têm contribuído para a construção do conhecimento relacionada à aprendizagem no processo de desenvolvimento de produto. As teorias oriundas da área de aprendizagem organizacional utilizadas por pesquisadores da área de projetos fornecem uma base conceitual, mas as definições usadas são genéricas e limitam as perspectivas para a compreensão das relações existentes entre indivíduo, projeto e organização, inerentes ao ambiente de desenvolvimento de novos produtos.

A confusão gerada pela alegada diferença no escopo entre “organização de aprendizagem” e “aprendizagem organizacional” quanto às diferenças nas perspectivas técnica e social (EASTERBY-SMITH; ARAÚJO, 2001) tem gerado questionamentos inclusive quanto à sua utilidade. O caráter metafórico dessas teorias tem sido uma das críticas mais frequentes (PRANGE, 2001); nesse sentido, essa percepção é justificada por Senge (2008), segundo o qual o conceito da “organização que aprende” é uma visão. Assim, tais conceitos (ARGYRIS, 1999; FIOLE; LYLES, 1985; HUBER, 1989; KIM, 1993b; LEVITT; MARCH, 1988; KOLB, 1997; NEVIS et al., 1998; SHAW;

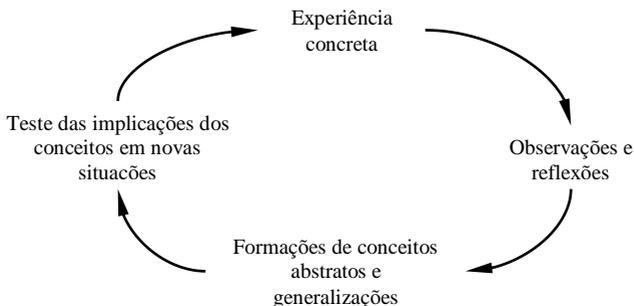
PERKINS, 1994) auxiliam a estabelecer uma direção mas, no entanto, são limitados para auxiliar na compreensão do “como” ocorre a aprendizagem em nível individual e de grupo de projeto e do “como” elas modificam o sistema de trabalho organizacional.

2.1 APRENDIZAGEM ORGANIZACIONAL

O estudo realizado por Prange (2001) sobre as principais abordagens de aprendizagem organizacional mostrou que o conceito é aplicado de forma heterogênea pelos próprios pesquisadores da área. O principal parâmetro de quase todas as abordagens de aprendizagem organizacional utilizado pelos pesquisadores é a “experiência”. Além do fator “experiência”, os fatores “comportamento” e “conhecimento” também são citados com frequência nas definições de aprendizagem organizacional. No entanto, tais conceitos são gerais e não são claros na indicação de “como” a aprendizagem pode ocorrer.

Em relação ao papel da experiência, seu acúmulo serve de base do processo de aprendizagem organizacional, seja para melhorar o desempenho (KOLB, 1997; NEVIS et al., 1998), para adquirir conhecimentos de modo a modificar seu funcionamento, de acordo com esses conhecimentos (SHAW; PERKINS, 1994), ou codificada em “rotinas que guiam o comportamento” (LEVITT; MARCH, 1988, p. 320). O modelo de Kolb (1997, p. 323) estabelece um processo cíclico de transformação que se inicia a partir de uma experiência concreta (Figura 1). Para Huber (1989, p. 89) a experiência é a base que modifica o “escopo do potencial comportamental”. Assim o acúmulo das experiências do passado é a base do processo de aprendizagem.

Figura 1 – Aprendizagem experiencial



Fonte: Kolb (1997, p. 323)

Em relação à mudança comportamental, Garvin (2000) inclui o processo do conhecimento, pois para ele a aprendizagem organizacional é uma habilidade para “criar, adquirir e transferir conhecimentos, de forma a modificar o seu comportamento” (GARVIN, 2000, p. 54), enquanto, para Huber (1989, p. 89), o “potencial” é o suficiente para que ocorra a aprendizagem; a organização aprende quando reconhece que o conhecimento adquirido é “potencialmente útil”.

Com enfoque cognitivo, o modelo de Kim (1993b) estabelece uma relação entre o modelo mental individual e o compartilhamento de modelos mentais em grupo que levam à aprendizagem organizacional. Nesse enfoque, o componente cognitivo é a base da aprendizagem organizacional, e o aprendizado ocorre por meio do compartilhamento de modelos mentais, o que remonta à memória humana.

Autores como Fiol e Lyles (1985) e Argyris (1999) distinguem a aprendizagem em dois estágios: em nível mais alto/mais baixo (FIOL; LYLES, 1985); e circuito simples/circuito duplo (ARGYRIS, 1999). O primeiro nível está relacionado à aprendizagem de rotina, uma repetição de comportamentos passados e associações básicas, enquanto o nível mais alto envolve a solução de problemas mais complexos, não rotineiros, que requerem a utilização de novas heurísticas. Conceitualmente, as aprendizagens em duplo estágio propostas por Argyris (1999) e Fiol e Lyles (1985) são equivalentes.

Ainda segundo Argyris (1999, p. 165) a aprendizagem é “um processo de detecção e correção de erros”. Ela ocorre sob duas condições: quando a organização alcança seu intento entre a ação planejada e a saída; e quando há um erro entre a intenção e a saída, e esse erro é identificado e corrigido, ou seja, o erro é transformado em acerto. A aprendizagem de circuito simples (*single-loop*) está associada com a aprendizagem de rotina, onde o aprendizado é básico e resulta em soluções igualmente básicas. Já a aprendizagem de circuito duplo (*double-loop*) utiliza uma etapa adicional, ou várias etapas adicionais, e questiona não só os fatos objetivos, mas também os fundamentos. Na aprendizagem de primeira ordem, as experiências prévias e os processos existentes permitem a uma pessoa resolver os problemas de forma mais automática, enquanto a aprendizagem de circuito duplo, ao contrário, pode levar a uma mudança nos fundamentos. Segundo a visão de Argyris (1999), a aprendizagem de segunda ordem é a mais importante para a organização.

No Quadro 1 é apresentado um resumo com as principais abordagens da aprendizagem organizacional, e no Quadro 2, os fatores associados.

Quadro 1 – Definições de aprendizagem organizacional segundo os autores

	Definição de Aprendizagem Organizacional (AO)	Como?
Fiol e Lyles (1985)	“Aprendizagem organizacional é o processo de melhoria das ações por meio de melhor conhecimento e compreensão” (p. 803).	Nível alto e nível baixo.
Levitt e March (1988)	“As organizações aprendem quando codificam inferências de seus antecedentes em rotinas de orientação de comportamento” (p. 320).	Rotinas que guiam o comportamento.
Huber (1991)	“Uma entidade aprende se, mediante o processamento de informações, transforma o escopo de seus comportamentos potenciais” (p. 89).	Potencial comportamental.
Kim (1993b)	“O aumento da capacidade da organização de tomar ações eficazes” (p. 43).	Modelos mentais compartilhados.
Shaw e Perkins (1994)	“É a capacidade que uma organização tem de adquirir conhecimentos com a própria experiência e a experiência de outros, e modificar a sua forma de funcionar de acordo com esses conhecimentos” (p. 157).	Capacidade de reflexão; Disseminação do conhecimento pós-reflexão.
Nevis, Dibella e Gould (1998)	“É a capacidade ou os processos dentro da organização destinados a manter ou melhorar o desempenho com base na experiência” (p. 184).	Processos organizacionais com base na experiência.
Argyris (1999)	“Um processo de correção e detecção de erros” (p. 165).	Circuito simples e circuito duplo.
Garvin (2000)	“A organização que aprende é a que dispõe de habilidades para criar, adquirir e transferir conhecimentos, e é capaz de modificar seu comportamento, de modo a refletir os novos conhecimentos e idéias” (p. 54).	Conhecimentos que modificam o comportamento.

A diferenciação dos níveis de aprendizagem dos modelos de Argyris (1999) e Fiol e Lyles (1985) é adequada sob o ponto de vista do processo de desenvolvimento de produtos, de modo a diferenciar os processos relacionados à resolução de problemas do projeto e os processos relacionados à geração de inovações. No entanto, Argyris (1999) enfatiza a importância da aprendizagem de circuito duplo, associada por ele às mudanças radicais, com direcionamento em nível estratégico e subestima a importância da aprendizagem em circuito

simples. A contribuição da aprendizagem de circuito simples não pode ser subestimada, pois, em um ambiente específico como o processo de desenvolvimento de produto, a aprendizagem em circuito simples, representada pelos diversos “ciclos de resolução de problemas” do projeto, pode auxiliar no incremento da competência de outros membros da organização.

Quadro 2 – Fatores associados às definições dos autores do Quadro 1

	Ação	Aquisição de conhecimentos	Comportamento	Criação de conhecimento	Disseminação do conhecimento	Experiência	Informação	Modelo mental	Reflexão
Fiol e Lyles (1985)		X				X			
Levitt e March (1988)			X			X			X
Huber (1991)			X			X	X		
Kim (1993b)	X				X	X		X	
Shaw e Perkins (1994)	X	X	X	X	X	X			X
Nevis, Dibella e Gould (1998)	X	X	X		X	X			
Argyris (1999)	X						X		
Garvin (2000)		X	X	X	X				X

Os modelos cíclicos como o de Kolb (1997) e de seus derivados, como os modelos de Kim (1993b) e de Shaw e Perkins (1994), são mais adequados quando se trata de refletir o propósito incremental da aprendizagem e de melhoria contínua em termos de projetos. Tais modelos são baseados, principalmente, na teoria de aprendizagem experiencial de Dewey (1938), para quem a aprendizagem é uma reorganização/reconstrução da experiência por meio da interação entre indivíduos para criar/recriar novas aprendizagens.

Embora essas definições sejam úteis para auxiliar no direcionamento geral, elas são limitadas para auxiliar na compreensão da forma como é realizada a aprendizagem nas várias dimensões que

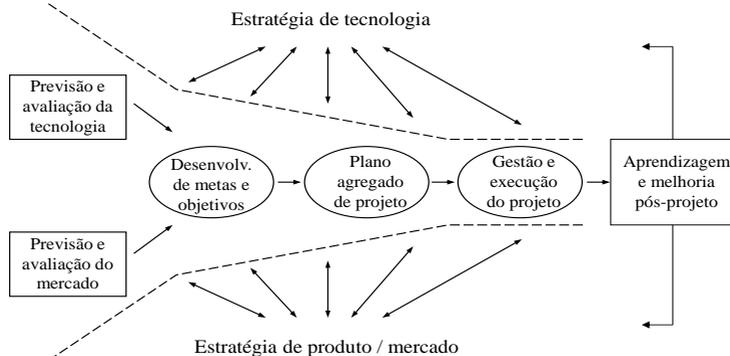
compõem um ambiente de projeto e como se processa a transição entre essas dimensões. No ambiente de projeto, três sistemas de trabalho operam sistemicamente na aprendizagem: o sistema de trabalho em nível individual; o sistema de trabalho em nível de grupo de projeto; e o sistema de trabalho em nível organizacional. A ausência dessa visão limita as perspectivas para a compreensão das relações da aprendizagem a partir do nível individual, sua transição para o nível de grupo de projeto e, depois, para o nível organizacional; mais especificamente, como os componentes cognitivos do projetista relacionam-se com os parâmetros da dimensão organizacional, mais apropriadamente, os processos de projeto.

A implicação direta do caráter generalista das teorias mencionadas é que as pesquisas realizadas na área de desenvolvimento de produto também não são claras quanto à ocorrência da aprendizagem no ambiente de projeto. O modelo de aprendizagem proposto por Ruy e Alliprandini (2005), derivado do modelo aprendizagem de Argyris (1999) e com os focos da aprendizagem propostos por Wheelwright e Clark (1992), estabelece o processo sistemático de “coleta-análise-disseminação” do conhecimento como a base da aprendizagem. No entanto, o estudo de múltiplos casos realizado por Ruy e Alliprandini (2005) não evidencia o “como” e em que momento a aprendizagem ocorreu. A falta de uma definição mais precisa tem provocado interpretações equivocadas sobre a aprendizagem relacionada ao desenvolvimento de produto. Nas seções seguintes, são discutidas as três abordagens que utilizam as informações de projeto como mecanismo de aprendizagem organizacional: a abordagem orientada por revisões de projeto; a abordagem orientada pela documentação; e a abordagem por resolução de problemas.

2.1.1 Abordagem orientada por revisões de projeto

A abordagem orientada por revisões de projeto é uma abordagem processual baseada em modelos prescritivos do processo de desenvolvimento de produto em fases. São revisões de projeto conduzidas *pos-facto* durante o desenvolvimento, que podem ocorrer na transição entre as fases do modelo (BACK et al., 2008, ROZENFELD et al., 2006), e/ou após o lançamento do produto no mercado (COOPER, 2001; ROZENFELD et al., 2006; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992) como, por exemplo, o realizado no final do Funil de Desenvolvimento de Wheelwright e Clark (1992) (Figura 2). Normalmente, as revisões realizadas pós-lançamento marcam a finalização oficial do projeto.

Figura 2 – Funil de desenvolvimento



Fonte: Wheelwright e Clark (1992, p. 35)

As revisões pós-projeto, do inglês *Post-Project Review* (PPR), também conhecidas como avaliações *post-mortem* (COOPER, 2007; THOMKE; FUJIMOTO, 2000; ULRICH; EPPINGER, 2007; WILLIAMS, 2004, 2008), têm sido reconhecidas tanto no meio acadêmico como nas organizações como um mecanismo apropriado para estimular e capturar o aprendizado gerado pelos grupos de projeto (ANBARI; CARAYANNIS; VOETSCH, 2008, AYAS, 1997; GOFFIN; KONERS, 2011; GOFFIN et al., 2011; KONERS; GOFFIN, 2007; SCHINDLER; EPPLER, 2003; SCHMIDT; SARANGEE; MONTOYA, 2009; WILLIAMS, 2004, 2008). Na pesquisa de campo realizada por Koners e Goffin (2007), as empresas que utilizam o método PPR estipulam um prazo entre 6 e 12 meses após o lançamento para realizá-lo.

O propósito original dessa abordagem remonta à análise do *status* do projeto. Em formatos mais recentes foram adicionadas as “lições aprendidas”. Schindler e Eppler (2003) mencionam quatro tipos de revisão (ver sumário no Quadro 3):

- a) Revisão/Auditoria de Projeto, *Project Review* (PR) / *Project Audit* (PA);
- b) Pós-Controle, *Postcontrol* (PoC);
- c) Avaliação Pós-Projeto, *Post-Project Appraisal* (PPA); e
- d) Revisão Pós-Ação, *After-Action Review* (AAR).

A auditoria de projeto é uma revisão de projeto sistemática, conduzida por um time multifuncional e pelo líder do projeto, com o objetivo de organizar um relatório contendo os *insights* sobre o projeto.

O propósito da auditoria não é somente verificar a aderência do projeto com os métodos e regras estabelecidos; seu principal propósito é auxiliar no aprendizado a partir da própria experiência, coletando os dados sobre a execução e o desempenho. Tais auditorias fornecem uma oportunidade para correlacionar as metas do projeto com a eficiência na utilização de recursos e transferência do conhecimento adquirido para outros projetos (ANBARI; CARAYANNIS; VOETSCH, 2008). Assim, uma questão importante é o compartilhamento do aprendizado obtido após as informações terem sido coletadas e analisadas (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992).

Em relação ao conteúdo, a pesquisa sobre a aplicação do PPR mostrou que tanto a prática nas organizações quanto na literatura o enfoque é no conhecimento que pode facilmente ser compartilhado e documentado (KONERS; GOFFIN, 2007). Além disso, Schindler e Eppler (2003) mencionam também o problema relacionado à superficialidade dos documentos de projeto que são utilizados na avaliação. Produzidos dentro dos requisitos mínimos, focam apenas no registro padronizado ou limitam-se à descrição dos resultados do projeto. As informações relacionadas às falhas, aos problemas ou à eficiência das soluções desenvolvidas são frequentemente omitidas.

As auditorias pós-projeto realizadas após o lançamento do produto no mercado, como, por exemplo, o recomendado nos modelos de Cooper (2001), Rozenfeld et al. (2006) ou Wheelwright e Clark (1992), podem comprometer seu propósito principal e ter sua utilidade limitada, ou até mesmo inviabilizada, caso o intervalo de tempo entre o lançamento do produto e a avaliação seja muito longo, pela perda de informações. Esse problema, o risco do esquecimento, é reconhecido por Schindler e Eppler (2003) principalmente em produtos com ciclo de vida longo.

Além do componente cognitivo, deve também ser considerada a questão de prioridade da organização às atividades de revisão pós-projeto. Quanto a esse fato, Wheelwright e Clark (1992, p. 285) comentam que, após completar um projeto, é improvável que as pessoas do grupo invistam esforços em “problemas de ontem”. Anbari, Carayannis e Voetsch (2008) recomendam o envolvimento da alta cúpula para superar as barreiras à participação e a adoção de uma postura de diagnóstico, ao invés de uma postura punitiva em sua implementação.

Embora os mecanismos de PPR sejam úteis para a melhoria contínua, pois alimentam os processos de criação do conhecimento da organização e auxiliam na reflexão mediante discussões das forças e

fraquezas na execução do projeto, elas são limitadas quanto à efetividade na aprendizagem organizacional, pois carecem de uma perspectiva de mudança comportamental. A pesquisa-ação realizada por Duarte e Snyder (1997) em uma organização de atuação global, alega a ocorrência de aprendizagem em nível organizacional, mas, no entanto, não especifica como essa aprendizagem foi obtida. Adicionalmente, o modelo proposto de “coleta-análise-filtro” e “armazenamento-compartilhamento” de “informações” para a “alavancagem global do processo de desenvolvimento global” não é sustentado pelas teorias de aprendizagem, principalmente pela ausência do fator comportamental.

Quadro 3 – Abordagens orientadas por processo

Parâmetro	Revisão / Auditoria de Projeto	Pós-Controle	Avaliação Pós-Projeto	Revisão Pós-Ação
Tempo de execução	Após a finalização do projeto ou durante as fases	Exclusivamente após o término do projeto	Aproximadamente dois anos após a finalização do projeto	Durante o processo de trabalho
Execução	Revisão: o moderador Auditoria: pessoas externas ao projeto	Gerente do projeto	Unidades externas ao projeto (gerente e quatro assistentes), grupo de projeto para a tarefa	Facilitador
Participantes	Time de projeto e terceiros envolvidos	Gerente de projeto (inclusão do time não descartado)	Time de projeto e terceiros envolvidos	Time de projeto
Propósito	Classificação do <i>status</i> , reconhecimento inicial dos possíveis riscos, foco interno no time	Serve como delimitação/ formalização do fim do projeto, foca exclusivamente na melhoria das metas de conformidade do futuro projeto	Aprendizado a partir dos erros, transferência do conhecimento para terceiros	Aprendizado a partir dos erros, transferência do conhecimento dentro do time

(continua)

Quadro 3 – Abordagens orientadas por processo (continuação)

Parâmetro	Revisão / Auditoria de Projeto	Pós-Controle	Avaliação Pós-Projeto	Revisão Pós-Ação
Benefícios	Disciplina da equipe, prevenção dos pontos fracos e validação das estratégias	Resulta em um documento formal (objetivos, metas, <i>milestones</i> , avaliações pontuais, orçamento) do resultado do projeto e recomendações de melhorias	Geração de melhores práticas para projetos de larga escala, melhorias na previsão e propostas	Reflexão imediata das próprias ações para melhorar futuras ações
Modo de interação	Reuniões face a face	Formas não cooperativas de armazenamento de experiências (<i>status</i> , <i>milestones</i> , avaliações pontuais, orçamento) Diferença entre real e estimado	Análise da documentação Reuniões face a face	Reuniões cooperativas do time
Codificação	Parte em relatórios, com transferência de conhecimento como meta principal	Parte em relatórios, com transferência de conhecimento como meta principal	Dossiês	<i>Flip charts</i>

Fonte: Schindler e Eppler (2003, p. 222)

Conforme as pesquisas citadas, os relatórios de suporte aos PPR gerados no processo tendem a ser superficiais, focam os conhecimentos facilmente transferíveis e podem ser pouco confiáveis. Willians (2004) menciona a limitação dos PPR em identificar as lições mais difíceis, que são as lições não intuitivas de efeitos sistêmicos. Assim, a aplicação de mecanismos de PPR em si não caracteriza a ocorrência de aprendizagem.

2.1.2 Abordagem orientada pela documentação

A abordagem orientada pela documentação é baseada na codificação de informações de projeto e foca na construção de documentos de trabalho com o objetivo de capturar as lições aprendidas no projeto. Schindler e

Eppler (2003) apresentam três formatos utilizados (Quadro 4) para preparar e estruturar as lições aprendidas em projetos, a saber:

- a) microartigos;
- b) histórias de aprendizado; e
- c) *recall*.

Os microartigos (MA) são análogos às publicações científicas ou jornalísticas, usualmente limitados a meia página, escritos em estilo informal, podendo-se referenciar outros MA relacionados. Um importante elemento é o contexto da aprendizagem, sem o qual a documentação terá um valor limitado ao receptor que não está envolvido no projeto. O formato de um MA consiste em um tópico, uma breve descrição do conteúdo e palavras-chave para indexação. Adicionalmente, são utilizados objetos multimídia, como vídeos.

Quadro 4 – Abordagens orientadas pela documentação

Parâmetro	Microartigo	Histórias de aprendizado	<i>Recall</i>
Escopo	– Entre meia e uma página	– Entre vinte e cem páginas	– Várias janelas
TI	– Possível mas não requerido	– Não requerido	– Mandatário (interface de banco de dados)
Participantes	– Não explicitamente fixado, foco em um autor	– Individual ou em equipe, dependendo da etapa do processo	– Usuário individual
Supportado por, funções dedicadas	– Autor, revisor	– Historiador do aprendizado necessário para todas as etapas do processo	– Grupo de trabalho para revisão
Frequência	– Por demanda, regularmente	– Máximo de 1 por projeto: depois do término	– Por demanda
Anonimato	– Não	– Sim	– Não
Armazenamento / distribuição	– Papel, base de dados/intranet	– Casos acompanham <i>workshops</i>	– Base de dados/intranet

Fonte: Schindler e Eppler (2003, p. 225)

Ao contrário da MA, as histórias de aprendizado, do inglês *learning histories* (LH), são “pesadas” em sua concepção. O formato do LH resultou dos estudos do grupo de pesquisa *Learning History Research Project* do *Massachusetts Institute of Technology*, no desenvolvimento de uma ferramenta para armazenar as experiências

com o objetivo de aprendizagem. A LH utiliza uma abordagem em história com os principais eventos de um projeto em ordem cronológica, entre vinte e cem páginas, para retratar as experiências com maior riqueza contextual. As experiências relevantes são referenciadas com o uso de citações literais. Essa abordagem tem por objetivo suprir a deficiência da codificação tradicional em expressar, ou até ignorar, os elementos tácitos do conhecimento. As entrevistas feitas anonimamente são recomendadas, pois os erros são reconhecidos mais facilmente (SCHINDLER; EPPLER, 2003).

A terceira alternativa, o *Recall*, é uma abordagem computacional de banco de dados utilizada para armazenar as lições aprendidas no programa da *National Aviation and Space Agency* (NASA). O objetivo do *Recall* é facilitar e automatizar a captura e a recuperação de dessas lições. Operado diretamente através de interface da internet, os usuários submetem as lições dentro de um formulário que descreve o cenário do projeto e de um *check-list* que o ajuda a decidir as lições mais importantes a serem referenciadas. Depois, mediante um conjunto de questões, o usuário é convidado a responder sobre as informações relevantes relacionadas ao contexto. A indexação dessas informações permite que outros encontrem o aprendizado certo, de acordo com as suas necessidades ou problemas (SCHINDLER; EPPLER, 2003).

Aqui uma observação deve ser feita, a ênfase das duas abordagens apresentadas concentram-se basicamente no processo de codificação, armazenamento e transferência de informações obtidas no projeto, mas, no entanto, sem considerar a mudança comportamental que deve estar associada à aprendizagem. Além disso, observa-se a ausência na caracterização de como a aprendizagem ocorreu.

A falta de uma definição mais precisa e adequada da aprendizagem para o ambiente de projetos tem gerado interpretações equivocadas que se confundem com os três processos do conhecimento: a aquisição, a retenção e a transferência. Muitas vezes, a aquisição de conhecimentos é interpretada como ocorrência de aprendizagem. Dessa forma, a aquisição, retenção e disseminação de um novo conhecimento não é o suficiente para caracterizar a ocorrência da aprendizagem, principalmente porque ela deve estar associada a uma mudança comportamental. Os trabalhos realizados que se baseiam nas duas abordagens apresentadas evidenciam esses equívocos de interpretação sobre a aprendizagem.

O próprio sentido do conhecimento e de como ele atua para gerar a aprendizagem tem contribuído para aumentar ainda mais os erros

de interpretação sobre a aprendizagem. Nesse contexto, a imprecisão quanto ao significado do conhecimento ampliou o problema de pesquisa da aprendizagem. Nesta pesquisa utiliza-se o termo “conhecimento pessoal” para designar o componente cognitivo em nível individual e o termo “conhecimento” no sentido geral de conhecer. Na seção a seguir é apresentada a abordagem orientada por resolução de problemas, que se originou a partir de um fundamento cognitivo.

2.1.3 Abordagem orientada por resolução de problemas

O processo de resolução de problemas em projetos como fonte de aprendizado tem sido enfatizado por autores como Clark e Fujimoto (1991), Hayes, Wheelwright e Clark (1988), Reagans, Argote e Brooks (2005), Thomke e Fujimoto (2000) e Wheelwright e Clark (1992). Além da importância na aprendizagem, estudos relacionam a ligação entre a competência na resolução de problemas e o desempenho no desenvolvimento de produtos (BSTIELER; HEMMERT, 2010; GOFFIN; KONERS, 2011; THOMKE; FUJIMOTO, 2000). A resolução de problemas consiste em superar os obstáculos para alcançar-se determinado objetivo, pois o projeto é uma atividade intelectual que requer conhecimento em procedimentos e ferramentas, o que exige do projetista uma base de conhecimentos e de habilidades variadas para solucionar os problemas de projeto. Dessa forma, ela é relacionada a um processo e possui uma base cognitiva.

Aqui, antes de prosseguir, definem-se alguns termos relacionados à cognição. Para Carayannis (1999, p. 220), a cognição é a capacidade humana de “perceber, interpretar e raciocinar”. Dessa forma, a cognição possui uma relação com a “aquisição, manutenção e uso do conhecimento” (CAÑAS; WAERNS, 2001, p. 5). O processo cognitivo é relacionado ao mecanismo psicológico que envolve a ativação da memória, armazenamento, codificação, combinação, para estabelecer relações entre os elementos (VISSER, 2006). Assim, a resolução de problema implica o uso de parâmetros pessoais, como a memória, o raciocínio, a percepção e a estratégia na execução de determinada tarefa. Sob o ponto de vista cognitivo, o processo de resolução de problemas é representado por um ciclo que compreende os seguintes estágios:

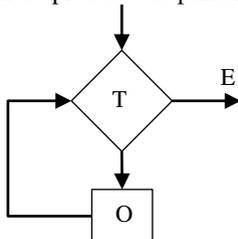
- 1) Reconhecer ou identificar o problema;
- 2) Definir e representar o problema mentalmente;
- 3) Desenvolver uma estratégia de solução;

- 4) Organizar o seu conhecimento a respeito do problema;
- 5) Alocar o recurso mental e físico para resolver o problema;
- 6) Monitorar o seu progresso em direção à meta; e
- 7) Avaliar a exatidão da solução. (PRETZ, NAPLES; STERNBERG, 2003, p. 4).

A aprendizagem por resolução de problemas de projeto é relacionada ao “aprendizado pela prática” (*learning by doing*) (ARGOTE; BROOKS, 2005; VON HIPPEL; TYRE, 1995; REAGANS; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992). Para que ocorra uma aprendizagem a partir de uma experiência prática, requerem-se dos projetistas a atenção na tarefa a ser executada, a realização de inferências sobre as relações de causa/efeito e a criação de meios para lembrar o que foi vivenciado. A reutilização de elementos específicos utilizados na solução particular de um problema específico desempenha uma importante função no projeto na forma de conhecimento episódico para outros indivíduos (VISSER, 1995).

A unidade elementar TOTE (Figura 3) ilustra o processo mental de execução do raciocínio iterativo para a busca de uma solução (PAHL et al., 2005). A sequência do TOTE compõe-se de uma ação “O” (*operation*), que é precedida de uma avaliação “T” (*test*) e, caso o resultado seja satisfatório, o processo é abandonado “E” (*exit*). Problemas mais complexos podem ser representados por combinações entre as diversas unidades elementares ou entre subconjuntos de unidades elementares, em várias redes de combinações mentais possíveis.

Figura 3 – Unidade elementar do processo de pensamento e execução TOTE



Fonte: Pahl et al. (2005, p. 33)

A resolução de problemas representa a unidade básica do processo em que um produto é desenvolvido e, ao mesmo tempo, é a unidade básica sobre a qual ocorre o processo cognitivo que leva à aprendizagem. A unidade elementar pode ser identificada no ciclo projetar-construir-testar, de Clark e Fujimoto (1991) e Wheelwright e Clark (1992). A resolução de problemas requer, em primeiro lugar, um conhecimento dos fatos sobre o ambiente acerca do problema a ser resolvido e, depois, um método é requerido para a busca de uma solução eficaz.

O Quadro 5 sintetiza as três abordagens e apresenta as vantagens e desvantagens e a implicação principal de cada abordagem. A abordagem orientada por revisões de projeto é a que apresenta maior facilidade de transmitir o conhecimento tácito por meio de contatos face a face. Apesar dessa vantagem, sua função no projeto ainda não é clara. Inconsistências na aplicação e a conseqüente baixa efetividade em termos de aprendizagem têm limitado a operacionalização para transformar o conhecimento de projetos em lições aprendidas.

Quadro 5 – Comparativo entre as três abordagens para a aprendizagem

Abordagem			
Parâmetros	Orientada por Revisões de Projeto	Orientada pela Documentação	Orientada por Resolução de Problemas
Base	Processual	Documental	Cognitiva
Ênfase	Interação social	Codificação de documentos	Experimentação
Insumo	Documentos de projeto	Eventos contextualizados	Experiências vivenciadas nos projetos
Saída	Relatório	Lição aprendida	Aprendizado pela prática
Vantagens	<p>Maior facilidade de transmitir o conhecimento tácito devido à interação entre a equipe e os demais membros da organização.</p> <p>Auxilia na reflexão dos membros da equipe.</p>	<p>Formalização de eventos históricos mediante a codificação em documentos.</p> <p>Facilidade de integração com o sistema de gestão da informação e com a base de dados computacional.</p>	<p>Clareza nos limites da resolução de problemas em nível individual.</p> <p>Vínculo com a cognição dos projetistas.</p> <p>Maior facilidade de capturar a dimensão tácita do conhecimento devido a sua base cognitiva de raciocínio humano.</p>

(continua)

Quadro 5 – Comparativo entre as três abordagens para a aprendizagem (continuação)

Abordagem			
Parâmetros	Orientada por Revisões de Projeto	Orientada pela Documentação	Orientada por Resolução de Problemas
Desvantagens	Da forma como as revisões são conduzidas não são bem compreendidas. O que se aprende com essa abordagem ainda não está claro. O que é documentado nesse processo ainda permanece obscuro. Sua função nos projetos ainda não é clara. Possui problemas de confiabilidade, pois desconsidera as perdas causadas por esquecimento.	Falta de foco relacionado ao tipo de evento histórico e a sua relevância. Não há um limite claro que estabeleça o conteúdo dos documentos. Remete ao tradicional sistema de aquisição, retenção e disseminação de informações sem vínculo com a aprendizagem.	Ainda não há estudos sobre como utilizar a unidade elementar de resolução de problemas para a aprendizagem no projeto. A codificação formal é um dos aspectos em aberto.
Implicação	Como estabelecer um padrão para as entradas e saídas das revisões de projetos, bem como melhorar sua confiabilidade para a aprendizagem?	Como proceder para focar em eventos históricos relevantes e seu conteúdo formal para a aprendizagem?	Como proceder para utilizar a abordagem de resolução de problema para a aprendizagem?

A abordagem por revisões de projeto utiliza o pressuposto de que não há perdas cognitivas nas avaliações realizadas entre as passagens de fases durante o projeto ou na avaliação após o lançamento do produto no mercado, que é executada depois de alguns meses, o que pode dificultar a recuperação de fatos negativos, mas importantes para a aprendizagem. A documentação que é gerada nesse processo ainda é pouco conhecida. A abordagem orientada pela documentação procura minimizar as deficiências na documentação da primeira abordagem por estruturar um padrão e codificar os eventos históricos em documentos formais de projeto. A principal dificuldade associada à abordagem pela documentação está na delimitação da história a ser formalizada. A abordagem orientada por resolução de problemas complementa as abordagens anteriores, minimizando as deficiências relacionadas ao conteúdo. Contudo, todas as abordagens mencionadas requerem uma formalização supraindividual para que as experiências sejam

transferidas para outros projetos sem que se dependa exclusivamente de ações de interação social pouco robustas ao longo do tempo.

A aprendizagem no ambiente de projeto pode ser mais bem compreendida se forem compreendidas, primeiramente, as bases cognitivas que levam o indivíduo a aprender. Nesse sentido, a abordagem por resolução de problemas auxilia a identificar a aprendizagem que ocorre em projetos, pois se trata de uma abordagem cognitiva que pode permear tanto a abordagem orientada por revisões de projeto quanto a abordagem orientada pela documentação. Além disso, a abordagem por resolução de problemas auxilia a suprir as deficiências relacionadas tanto ao conteúdo de documentos de projeto quanto aos eventos contextualizados. Ressalta-se que o problema de pesquisa não está nas propostas das abordagens apresentadas, mas na imprecisão das definições de aprendizagem e, como decorrência direta, nas falhas na caracterização do como ocorre a aprendizagem comum às três abordagens.

A aprendizagem que ocorre no ambiente de projetos inicia-se em nível individual durante a vivência na resolução de problemas de projeto. Esse processo ocorre em nível cognitivo, e a aprendizagem só é caracterizada quando ocorre a conversão do conhecimento declarativo em conhecimento procedural no sistema de memória, sistema em que ocorre a formulação de um novo método que mude sua forma de agir e de proceder. Na seção a seguir são apresentados os fundamentos cognitivos que sustentam a proposição enunciada.

2.2 FUNDAMENTOS COGNITIVOS DA APRENDIZAGEM

Nesta seção são apresentados os fundamentos cognitivos da aprendizagem, um fenômeno que ocorre em nível individual. A partir dos fundamentos oriundos da psicologia cognitiva é possível compreender as relações da aprendizagem com outros componentes cognitivos, como a memória e o desenvolvimento de habilidades, e como elas se relacionam para gerar uma resposta no desempenho de uma atividade. Assim, a aprendizagem que se inicia em nível individual é a base para compreender a aprendizagem em nível de grupo de projeto e em nível organizacional.

2.2.1 Psicologia cognitiva da aprendizagem

O termo “aprendizagem” possui multiplicidade de uso; tem sido utilizado para descrever um produto, um processo ou uma função. Para

os autores da área da Psicologia, a aprendizagem é, antes de tudo, uma função biológica que soluciona o problema de adaptação às mudanças do ambiente (ANDERSON, 2005; POZO, 2002). Esse conceito biológico é a base fundamental para o desenvolvimento de uma proposição para a aprendizagem no ambiente de projetos.

As espécies possuem dois mecanismos de adaptação ao meio: a evolução (ANDERSON, 2005), ou programação genética (POZO, 2002); e a aprendizagem (ANDERSON, 2005; POZO, 2002). A evolução é o primeiro mecanismo adaptativo em que o ambiente seleciona os traços comportamentais mais favoráveis para a sobrevivência, que são transmitidos de geração a geração por meio da herança genética (ANDERSON, 2005). O segundo mecanismo de adaptação, a aprendizagem, presente em seres superiores, possibilita modificar o comportamento diante de mudanças que ocorrem no ambiente (POZO, 2002, p. 24). Trata-se do mecanismo mais importante para a sobrevivência.

Em termos cognitivos de um indivíduo, Anderson (2005, p. 3) define a aprendizagem como “o processo pelo qual modificações duradouras ocorrem no potencial comportamental como resultado da experiência”. Essa definição possui um parâmetro processual, pois a aprendizagem é um processo de modificação; um parâmetro temporal, pois é relativamente permanente; e um parâmetro comportamental, pois se trata de uma manifestação externa no comportamento do indivíduo. Quanto ao parâmetro comportamental, a psicologia cognitiva não exige uma modificação espontânea, mas uma modificação no potencial já é suficiente para evidenciar uma aprendizagem. Em relação à “experiência”, ainda na definição de Anderson (2005), o termo separa os potenciais comportamentais modificados por outras razões que não seja a aprendizagem.

Dessa forma, podem-se identificar as características que indicam um bom processo de aprendizagem: é uma mudança duradoura (ANDERSON, 2005; POZO, 2002, p. 60), é transferível para novas situações (POZO, 2002) e, finalmente, é uma consequência direta da prática realizada (ANDERSON, 2005; POZO, 2002). Assim, a transferência da experiência adquirida é um dos resultados esperados da aprendizagem.

Na seção a seguir será abordada a relação entre a aprendizagem e a memória.

2.2.2 A função da memória na cognição humana

A aprendizagem e a memória são dois elementos interdependentes (ANDERSON, 2005), não sendo possível pesquisar um campo sem a pesquisa do outro. A definição de Anderson (2005, p. 4) de que a “memória é o registro da experiência que é subjacente à aprendizagem” mostra que a aprendizagem é algo impossível de ocorrer sem a memória. Assim, a aprendizagem é um resultado que depende dos processos da memória humana.

Da mesma forma que um processo, a memória é um mecanismo dinâmico associado à retenção e à recuperação da informação sobre a experiência passada, com a finalidade de utilizá-la no presente (STERNBERG, 2000, p. 204). Sternberg (2000) identifica três operações comuns da memória, a saber:

- a) codificação: transformação das informações sensoriais em uma representação mental;
- b) armazenamento: manutenção da informação codificada na memória; e
- c) recuperação: extração/utilização da informação armazenada na memória.

Segundo Sternberg (2000), os psicólogos descrevem três tipos de memória. Trata-se de um modelo de memória segundo a visão tradicional:

- a) memória sensorial, capaz de armazenar quantidades limitadas de informação por um período muito breve. Trata-se do repositório inicial das informações que, posteriormente, são passadas para o armazenamento de curto e de longo prazos;
- b) memória de curto prazo (MCP), capaz de armazenar pequenas quantidades de informação por períodos um pouco maiores, mas de capacidade ainda limitada. Ela mantém as informações por alguns segundos; e
- c) memória de longo prazo (MLP), capaz de armazenar grandes quantidades de informação quase que indefinidamente.

No início das pesquisas sobre o tema, acreditava-se que a MCP era a responsável pelas tarefas cognitivas, como a aprendizagem, o raciocínio e a resolução de problemas, entre outros.

Sternberg (2000, p. 214) apresenta uma perspectiva alternativa de memória em relação ao modelo dos três armazenamentos. Segundo o autor, uma diferença importante é o papel que a memória de trabalho

(MT) desempenha na perspectiva alternativa. Ao contrário da perspectiva tradicional, em que a MT é a outra denominação da MCP, na perspectiva alternativa a MT é parte da MLP, mas abrange também a MCP. A MT, que permite a manutenção temporária da informação, comporta apenas a parte ativada mais recente da MLP para sua utilização (Quadro 6).

Quadro 6 – Comparação entre a perspectiva tradicional e a não tradicional

	Perspectiva Tradicional dos Três Armazenamentos	Perspectiva Alternativa de Memória
Terminologia: definição de armazenamentos de memória	– Memória de trabalho é outra denominação para a memória de curto prazo, que é distinta da de longo prazo.	– Memória de trabalho (memória ativa) é aquela parte da memória de longo prazo que abrange todo o conhecimento de fatos e de procedimentos que tenha sido recentemente ativado na memória, inclusive a breve e transitória memória de curto prazo e seus conteúdos.
Metáfora para imaginar as relações	– A memória de curto prazo pode ser imaginada como distinta da memória de longo prazo, talvez situada a seu lado ou ligada hierarquicamente a ela.	– As memórias de curto prazo, de trabalho e de longo prazo podem ser imaginadas como esferas concêntricas encaixadas, nas quais a memória de trabalho contém apenas a porção ativada mais recentemente da memória de longo prazo, e a memória de curto prazo contém somente uma porção muito pequena e transitória da memória de trabalho.
Metáfora para a transferência das informações	– A informação transfere-se diretamente da memória de longo prazo para a de curto prazo e depois volta, jamais estando em ambos os locais simultaneamente.	– A informação permanece dentro da memória de longo prazo; quando ativada, a informação transfere-se para a memória de longo prazo, a qual transferirá ativamente para dentro e para fora do armazenamento da memória de curto prazo, nela contido.
Ênfase	– Distinção entre as memórias de longo prazo e de curto prazo.	– Papel da ativação na transferência da informação para a memória de trabalho e papel da memória de trabalho nos processos da memória.

Fonte: Sternberg (2000, p. 215)

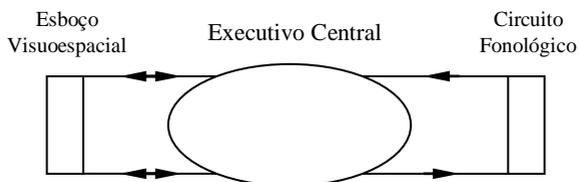
A perspectiva alternativa, o modelo funcional de memória de trabalho (MT), é a mais adequada para analisar a influência na aprendizagem, pois funciona como um armazenamento transitório de

informação e também desempenha a função de distribuição de recursos (POZO, 2002, p. 101).

2.2.2.1 Função da memória de trabalho no sistema de memória

O modelo de MT foi proposto por Baddeley (1997). A MT é de um sistema que retém toda a informação que está sendo operada por uma pessoa no momento. No modelo de Baddeley (1997), um executivo central atua junto com dois sistemas de armazenamento, o esboço visuoespacial e o circuito fonológico (Figura 4).

Figura 4 – Modelo multicomponente da memória de trabalho



Fonte: Baddeley (1997, p. 52)

Os dois sistemas separados são dedicados a manter as informações na MT. O executivo central coloca e recupera as informações de qualquer um dos sistemas e traduz informações de um sistema para outro (ANDERSON, 2004). Baddeley (2007) sugere que a capacidade do executivo central é crítica para o desempenho mental. Praticamente, tudo que é aprendido passa pela MT, no entanto, nem tudo que passa pela MT é assimilado de forma duradoura e transferível (POZO, 2002).

A MT é um sistema de capacidade limitada em que a quantidade de informação que pode ser mantida simultaneamente ativada é muito reduzida, além de disponibilizar os recursos para a segunda função cognitiva, que é a de ser um depósito transitório de informação (POZO, 2002, p. 102). Quanto a sua volatilidade, Baddeley (2007) menciona que uma informação é conservada por poucos segundos no circuito de articulação, algo em torno de 1,5 a 2 segundos (ANDERSON, 2004, p. 107). A limitação na capacidade da memória de trabalho é um dos traços mais característicos do sistema cognitivo humano e um dos que influem na capacidade de aprendizagem (POZO, 2002, p. 103). Segundo Pozo (2002), a essência da aprendizagem

humana está na sequência de operações da memória que o sistema cognitivo realiza para incorporar uma nova informação que está sendo processada a sua estrutura de conhecimentos existentes, de forma que o que for assimilado seja mais duradouro e seja recuperado com maior facilidade. O conceito de MT representou uma expansão na concepção passiva da MCP para uma concepção ativa em termos de habilidade cognitiva do ser humano (REPOVS; BADDELEY, 2006).

Relacionada à limitação humana no projeto, Hubka e Eder (1996, p. 13) afirmam que “nenhum problema de projeto é simples o suficiente para se adequar às limitações da memória de curto prazo em humanos”. Assim, quando a complexidade de um problema de projeto extrapola esses limites, alguma informação é perdida. Nessa situação, a competência é um atributo do indivíduo para superar os limites da memória (MARMARAS; PAVARD, 1999) no desempenho de suas atividades. Segundo Marmaras e Pavard (1999), a competência é a estrutura cognitiva mobilizada pelo indivíduo; ela envolve a manipulação mental de elementos como o raciocínio, representações, esquemas e regras de decisão. As limitações da memória a que se refere Hubka e Eder (1996) são relacionadas à capacidade de manter as informações ativadas simultaneamente na MT. A noção de “dificuldade” de um problema é relacionada ao custo cognitivo do esforço no processamento de informações (VISSER, 2006). Ante uma dificuldade de projeto, a perda de informações decorre do custo cognitivo em virtude do número de unidades a serem processadas.

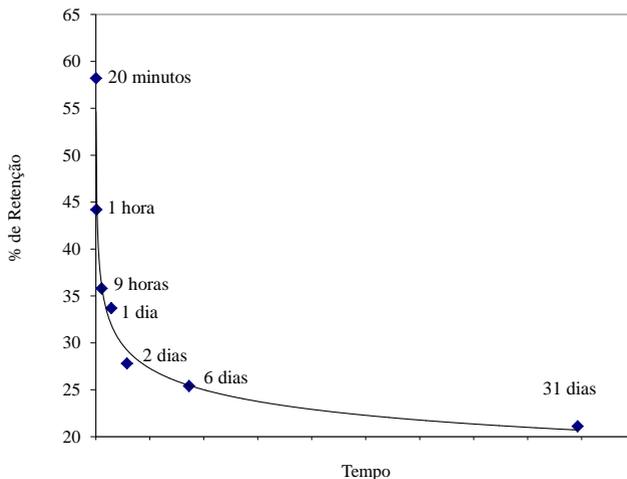
2.2.2.2 Limitações da memória humana

A memória humana está associada algumas limitações que a tornam não confiável como mecanismo de recuperação de fatos: o esquecimento; a falsa memória; e a manipulação. Relacionadas às teorias que causam o esquecimento, enumeram-se três hipóteses: a hipótese da deterioração; a hipótese da interferência; e a hipótese da pista de recuperação.

A hipótese da deterioração mostra como o desempenho da memória deteriora-se com o tempo. A curva de retenção de Ebbinghaus (VEMURI, 2005) estabelece uma relação entre o tempo economizado, em porcentagem, em função do tempo (Figura 5). A retenção é medida pela economia na reaprendizagem, ou seja, a diferença de tempo entre a

aprendizagem inicial e a reaprendizagem em função do tempo (ANDERSON, 2004, p. 101).

Figura 5 – Curva de esquecimento de Ebbinghaus



Fonte: Vemuri (2005, p. 28)

Segundo Anderson (2005, p. 151), todas as funções de retenção exibem o mesmo formato básico; a curva mostra que o esquecimento inicial é rápido e que a taxa de esquecimento decresce com o tempo, função que pode ser generalizada como a “lei da potência do esquecimento”.

Para Baddeley (1997, p. 181), a hipótese da interferência é o que mais determina o esquecimento. A hipótese da interferência aborda uma relação negativa para a memória entre dois materiais quaisquer: a transferência negativa; a interferência proativa; e a interferência retroativa. Na transferência negativa, a aprendizagem do primeiro material pode impedir a aprendizagem do segundo. Na interferência proativa, a aprendizagem do primeiro material pode acelerar o esquecimento do segundo, enquanto, na interferência retroativa, a aprendizagem do segundo material pode acelerar o esquecimento do primeiro.

Ao contrário da perspectiva negativa de Anderson (2005), na teoria da interferência, Pozo (2004, p. 107) considera que o esquecimento possui um alto valor adaptativo. Nesse caso, para o autor, esquece-se por que “novas aprendizagens vêm se depositar sobre as

anteriores” de forma proativa, “em que toda nova aprendizagem se assimila e somente à força de aprendizagens anteriores”, ou de forma retroativa, em que “as novas aprendizagens modificam as anteriores, conferindo-lhes um novo sentido”.

Segundo Anderson (2005, p. 178), grande parte das falhas de memória pode ser atribuída à perda de acesso a pistas de recuperação apropriadas. A curva de retenção do experimento de Wagenaar (VEMURI, 2005, p. 31) mostra um grande esquecimento nos primeiros anos, para depois se estabilizar. No entanto, a retenção aumenta caso sejam sugeridas mais pistas de um evento. Ainda com relação às pistas de recuperação, experimentos mostram a dependência contextual com os fatos ocorridos (VEMURI, 2005) e, quando reinseridos de volta ao contexto, funcionam como um “gatilho” para a recuperação da memória. Denominadas de “pistas de contexto” (ANDERSON, 2005, p. 168), são elementos da situação de aprendizagem associados à memória. As pistas contextuais são estímulos que associam os elementos dos ambientes externo (como, por exemplo, a temperatura da sala e o som do pássaro) e interno (como, por exemplo, o humor, a fome, entre outros) ao registro da memória.

A memória é um sistema dinâmico que resgata e reconstrói o que é aprendido e esquecido, sendo possível lembrar-se de fatos que nunca aconteceram (POZO, 2002, p. 106), o que pode levar a inferir e a evocar informações que não foram vistas (ANDERSON, 2005, p. 192). São erros graves de memória que podem ocorrer devido à dificuldade de separar fatos que foram vivenciados de inferências ou de imaginação. Esse fenômeno é conhecido como a “síndrome da falsa memória” (ANDERSON, 2004, p. 129, 2005, p. 173).

A memória humana é pouco confiável para recuperar as informações de forma exata (ANDERSON, 2004, 2005; BADDELEY, 1990; POZO, 2002), pois não se trata de um equipamento de armazenamento e recuperação fiel das informações (LÉVY, 1997). Essa situação pode levar a uma inferência plausível em vez de uma recordação exata (ANDERSON, 2004, p. 127). As pessoas tornam-se piores na condição exata com o passar do tempo, pois os registros ficam enfraquecidos, enquanto o julgamento de plausibilidade não depende de nenhum registro em especial. Dessa forma, resgatar uma informação da memória de longo prazo, muito longe da zona de atenção, ou que há muito tempo não esteja no estado de ativação, torna-se um problema (LÉVY, 1997, p. 79).

Para ser gravada uma nova informação na memória, constrói-se uma representação mental e, nesse momento, essa representação

encontra-se ativada no sistema cognitivo, situada na zona de atenção ou muito próximo dela. Dessa forma, a recuperação da informação é rápida, sem dificuldades.

A não confiabilidade da memória provoca alguns problemas pois, quando as aprendizagens anteriores são recuperadas, as lembranças são distorcidas por diferentes processos. Segundo Pozo (2002, p. 106), a distorção ocorre por:

- a) seleção, lembrando apenas os aspectos essenciais, esquecendo ou distorcendo os demais;
- b) interpretação, lembrando não o que aconteceu, mas o que a pessoa acredita que ocorreu; e
- c) integração, combinando dentro da memória aprendizagens anteriores e posteriores, distanciando-se cada vez mais da situação real de aprendizagem.

Além de erros da memória na retenção, Vemuri (2005) afirma também que a memória humana está propensa à manipulação. O experimento realizado por Anderson (2005) mostra que, por meio de métodos de sugestão, as pessoas podem ser levadas a lembrar-se de eventos que jamais ocorreram.

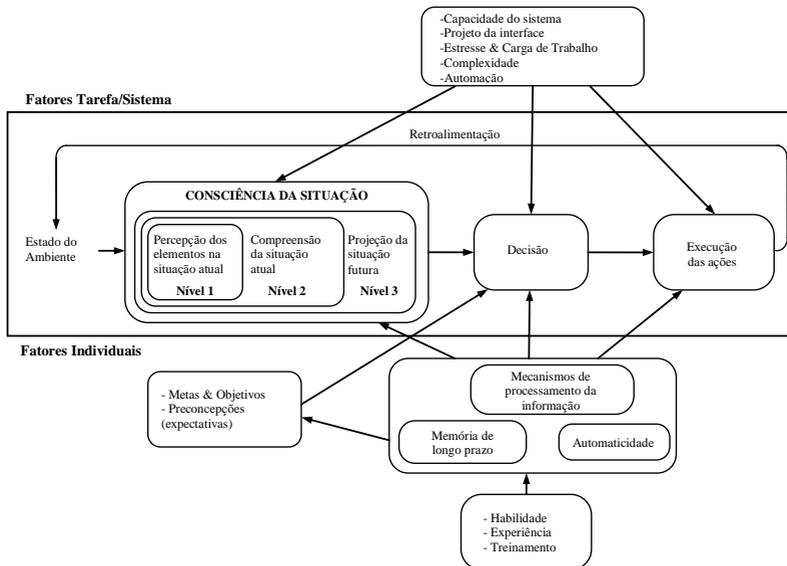
2.2.3 Modelos cognitivos

Para entender o ambiente em que o projetista atua, a disciplina da Ergonomia Cognitiva (EC) tem contribuído para compreender o contexto do trabalho e as relações entre os processos mentais, como a percepção e a cognição, e as respostas relativas à interação entre pessoa e sistema (FALZON, 2007). A disciplina da EC surgiu da proximidade entre duas disciplinas, a Ergonomia e a Psicologia Cognitiva, e tem contribuído para transformar o contexto do trabalho, auxiliando no entendimento de como a cognição humana afeta o processo do trabalho (LEPLAT; MONTMOLLIN, 2007). Dessa forma, a EC tem auxiliado a otimizar as características do dispositivo técnico, dotando referências aos processos cognitivos de determinada população (SILVINO; ABRAHÃO, 2003). Nesse sentido, vários modelos cognitivos foram desenvolvidos para explicar a relação entre a cognição e a atividade executada, mais especificamente como as pessoas percebem e armazenam informações e como recuperam essas informações para a tomada de decisão. Foram desenvolvidos desde modelos cognitivos elementares envolvidos na ação humana até o modelo para situações cognitivas de estresse, como o Modelo de Consciência da Situação de Endsley (2000), mais abrangentes, como o Modelo Ergonômico

Genérico (MEG), de Marmaras e Pavard (1999), e modelos fundamentais, como o de Anderson (1996).

O Modelo de Consciência da Situação proposto por Endsley (2000, p. 6) foi desenvolvido dentro de uma situação dinâmica, em que as condições do ambiente mudam rápida e continuamente diante das dificuldades cognitivas do operador de voo impostas pelo tráfego aéreo. O modelo integra parâmetros que atuam numa situação real de estresse do operador, como a complexidade do ambiente, da tarefa e da carga mental do operador em sua tomada de decisão (Figura 6).

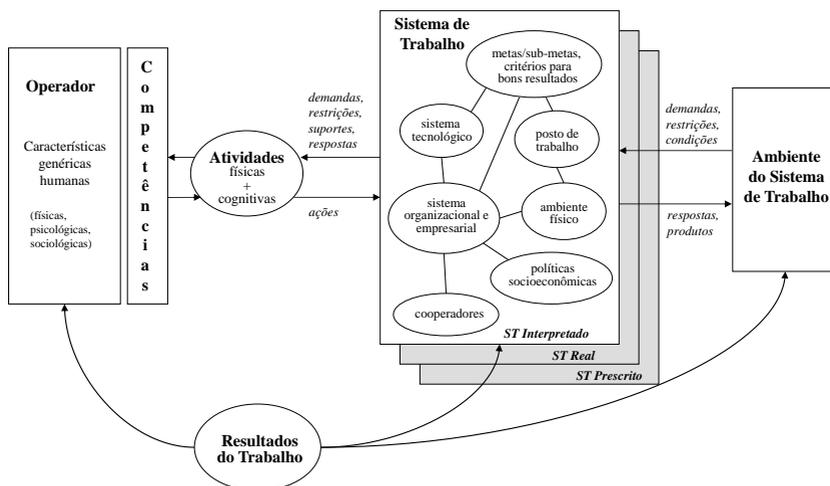
Figura 6 – Modelo de consciência da situação



Fonte: Endsley (2000, p. 6)

O MEG fornece uma estrutura de referência para a análise do trabalho no desenvolvimento de um artefato tecnológico. Ele foi gerado no contexto do desenvolvimento de uma estrutura metodológica para o projeto e avaliação de sistemas de tecnologia da informação no auxílio à execução de tarefas cognitivas. O MEG consiste em três componentes principais: o operador; o sistema de trabalho (ST); e o ambiente do sistema de trabalho (AST) (Figura 7).

Figura 7 – Modelo ergonômico genérico

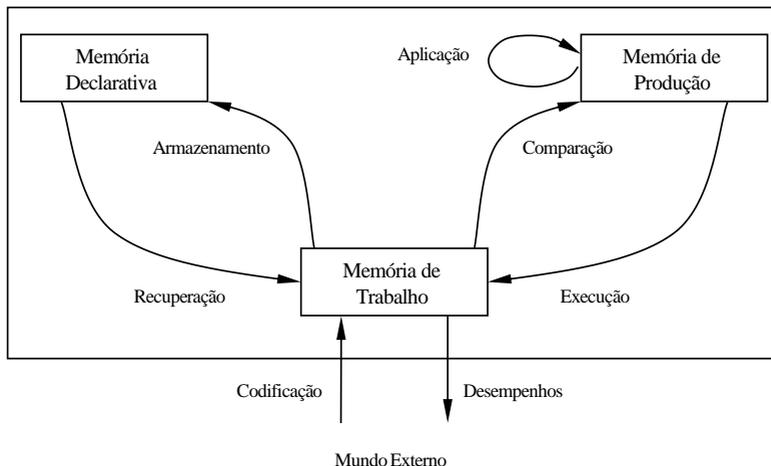


Fonte: Marmaras e Pavard (1999, p. 225)

O MEG identifica três estados de operação: estado de equilíbrio; estado de degradação controlada; e estado de degradação fora de controle. No primeiro estado, o operador e o ST operam de modo normal, respondendo às demandas do AST de modo ótimo. No segundo estado, ocorrem eventos que levam ao funcionamento degradado de um, de dois ou dos três componentes do MEG. Apesar da degradação, o operador consegue compensar e responde de modo ótimo ou subótimo. No estado de degradação fora de controle, o sistema operador/ST não tem como gerenciar a degradação de seus componentes e podem ocorrer quebras, acidentes ou mesmo catástrofes.

O modelo Controle Adaptativo do Pensamento (ACT* – “ACT asterisco”, do inglês *Adaptive Control of Thought*) de representação do conhecimento e de processamento de informações, desenvolvido por Anderson (1996), é uma arquitetura que sintetiza o funcionamento do sistema cognitivo na execução de uma ação. O modelo ACT* especifica princípio básico de operação entre a memória declarativa, a memória de produção e a MT que o sistema cognitivo executa para realizar uma tarefa (Figura 8). No modelo ACT*, a MT armazena temporariamente as informações recuperadas da MLP e também os processos da memória de produção, e converte-os em comportamento. A ação comportamental pode ser perceptiva, cognitiva ou motora.

Figura 8 – Modelo ACT* de processamento de informação



Fonte: Anderson (1996, p. 19)

O modelo ACT* é ativado mediante a codificação de um estímulo externo na MT. Pelo processo de armazenamento, esse estímulo é gravado de forma permanente na memória declarativa. A gravação pode ser reforçada caso a informação contida na MT já possua um registro anterior na memória declarativa. Uma informação é ativada na MT mediante o processo de recuperação da memória declarativa; em seguida, por meio do processo de comparação, essa informação guia a correspondência com os procedimentos de produção aplicáveis à situação da memória de produção (ou memória procedural). O procedimento encontrado é depositado na MT mediante o processo de execução. Por fim, todo o processo cognitivo termina convertendo-se na MT em desempenho para o mundo exterior. O processo cíclico da aplicação ilustra a situação em que os novos procedimentos são adquiridos com base nos procedimentos existentes.

A memória declarativa é relacionada ao conhecimento declarativo. O conhecimento sobre os fatos em questão – o “saber o quê” – diz respeito ao conhecimento factual e à experiência consciente (ANDERSON, 2004). O conhecimento procedural, relacionado à memória de produção, é o entendimento sobre o como proceder para executar uma ação – o “saber como”. Como os dois tipos de conhecimento são recuperados na execução de uma tarefa, envolvem também as noções de memória explícita e de memória implícita. A

primeira é “uma forma de recuperação da memória na qual uma pessoa age conscientemente para evocar ou reconhecer determinada informação”, enquanto a memória implícita é “uma forma de recuperação na qual usa uma informação lembrada, sem estar conscientemente inteirada da lembrança dessa informação” (STERNBERG, 2000, p. 226). Assim, a memória implícita é relacionada ao conhecimento procedural, e a memória explícita, ao conhecimento declarativo.

Na teoria ACT*, o conhecimento é organizado na forma de *chunks* ou unidades cognitivas. A memória declarativa consiste em uma rede de unidades cognitivas que ativam o conhecimento procedural mediante o processo de comparação. A importância da ativação na teoria ACT* é a associação entre os *chunks* que orientam o processamento na busca pelo conhecimento procedural que soluciona total ou parcialmente o problema. Uma rede de unidades cognitivas é reforçada em função do uso, o que aumenta a propagação da ativação, e sua força é influenciada com o decorrer do tempo. O conhecimento declarativo de uma rede de unidades cognitivas pode ser representado por cadeias temporais (codificadas como sequência temporal), imagens espaciais (configuração da informação) e proposições abstratas (relações semânticas) (ANDERSON, 1996).

A memória de produção talvez seja o conceito central da teoria ACT*, pois ela une o conhecimento declarativo à produção de um comportamento. O conhecimento procedural não faz parte da arquitetura do sistema. É a memória onde o conhecimento é armazenado na forma de regras de produção em termos de “condição-ação”. Tais regras são os operadores que foram consolidados na resolução de problemas.

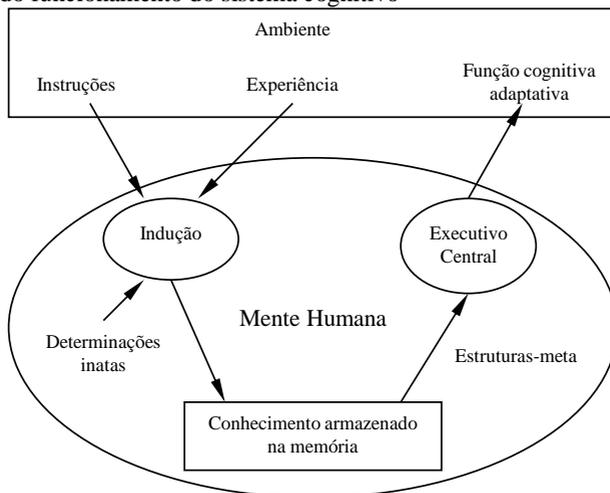
A resolução de problemas possui três características: direcionamento a uma meta; decomposição em submetas; e aplicação de operadores. A aquisição de um operador pode ser feita por descoberta, analogia e instrução direta (ANDERSON, 2004). Segundo Sternberg (2000), a representação do conhecimento procedural na mente para se resolver um problema resulta da experiência na execução de um procedimento, e não de outros meios de transmissão, como a instrução verbal ou instruções explícitas.

2.2.4 Desenvolvimento de habilidades

A memória participa de um sistema mais geral, de modo a desempenhar uma função cognitiva adaptativa. Na representação de Anderson (2005) (Figura 9), o conhecimento aprendido é organizado e modelado para proporcionar um desempenho hábil, e a função da memória é armazenar o conhecimento para ser convertido em comportamento.

O executivo central da MT recupera o conhecimento armazenado na memória para produzir um comportamento. Esse processo envolve dois modos de processamento cognitivo. O primeiro é comportamento automático e inconsciente, menos dependente da capacidade da memória, de processamento paralelo desencadeado mediante um estímulo recebido. O segundo modo de processamento envolve o controle consciente, o raciocínio deliberado, processamento serial de capacidade limitada, e sua evocação ocorre como uma resposta às metas da tarefa. O processo pelo qual uma pessoa adquire fluência no uso desse conhecimento é chamado de “aquisição de habilidades” (ANDERSON, 2005, p. 203).

Figura 9 – Representação de como o conhecimento armazenado na memória participa do funcionamento do sistema cognitivo

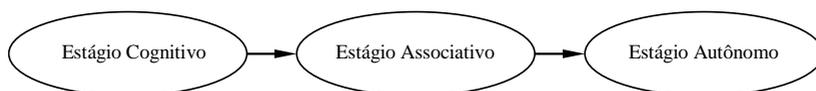


Fonte: Anderson (2005, p. 203)

Anderson (2005, p. 206) argumenta que a função de aquisição de habilidades obedece à lei da potência de aprendizagem, ou seja, o

tempo para solucionar um problema diminui em função da potência conforme os problemas vão sendo resolvidos. O desenvolvimento da habilidade passa por três estágios distintos: o estágio cognitivo; o estágio associativo; e o estágio autônomo (Figura 10). O desempenho hábil e estável conquistado é o resultado da experiência em solução de problemas.

Figura 10 – Estágios do desenvolvimento de habilidades



Fonte: Anderson (2005)

No estágio cognitivo, o aprendiz trabalha a partir de instruções, podendo, inclusive, representar verbalmente o conhecimento para executar uma ação. Nesse estágio, ao deparar-se com um problema, o indivíduo organiza uma solução consultando qualquer base factual disponível. O estágio cognitivo caracteriza-se pelos esforços iniciais de resolução de problemas, sendo o conhecimento usado para formar os operadores com o objetivo de alcançar as metas. Os operadores são procedimentos utilizados para transformar o estado de um problema inicial em outro estado, mais próximo à meta desejada. A resolução pode ser problemática por não se conhecerem os operadores necessários, para selecionar o operador mais correto. A seleção de operadores é orientada pelo progresso na aplicação de novos operadores, de modo que não anulem os predecessores. Isso é feito pela redução da diferença e análise de meio e fins.

Enquanto no primeiro estágio o uso do conhecimento é lento, no estágio associativo a habilidade é mais direta para o que deve ser executado. Neste estágio, as pessoas deixam de usar os métodos gerais de resolução para usar métodos específicos ao domínio do problema. Segundo Anderson (2005, p. 213), a aprendizagem desses procedimentos específicos é designada como a conversão do conhecimento declarativo em procedural. As mudanças no desempenho são bastante drásticas, conforme ocorre a evolução para esse estágio.

As características do estágio associativo são o reconhecimento de um padrão de solução. Nesse estágio não é mais necessário reter as informações na memória de trabalho, pois não ocorrem mais as falhas da

memória de trabalho como resultado da perda de pista do que se estava pensando em fazer.

No estágio autônomo, a habilidade torna-se mais rápida e automatizada, eliminando-se o envolvimento cognitivo. Nesse estágio de habilidade exige-se menos atenção, permitindo buscar outras tarefas cognitivas, sendo mais difícil de ser interrompida. À medida que a habilidade aumenta, o controle torna-se cada vez mais não consciente (ANDERSON, 2005, p. 219).

A estrutura em três estágios indica que um iniciante será obrigado a desenvolver, antes, um procedimento para resolução, enquanto, para o mesmo problema, alguém mais experiente aplicará um procedimento e regras já consolidados na memória de produção.

A complexidade da tarefa é um fator que pode alterar o estado cognitivo do projetista. A complexidade é algo inerente à resolução de problemas de projetos em virtude de problemas técnicos, mudança de tecnologia, *trade-offs* técnicos e pressão do tempo, que podem mudar o estado de equilíbrio, levando o projetista a alterar o nível de desempenho cognitivo e a cometer erros.

A complexidade de uma tarefa, sob o ponto de vista cognitivo, aumenta conforme o número de elementos que devem ser tratados, o número de interações e coordenações no processo, a carga mental e o nível de abstração requerido, o ritmo de mudança do ambiente e a necessidade de antecipar procedimentos e problemas (WEILL-FASSINA, 1990).

No estudo sobre o erro humano, Reason (1990, p. 6) estabelece três tipos básicos de erro que podem ocorrer relacionados aos níveis cognitivos de habilidade, a saber:

- a) deslizes e lapsos em nível habilidades (*skill-based slips and lapses*);
- b) enganos baseados em nível de regras (*rule-based mistakes*);
- e
- c) enganos baseados em nível de resolução de problemas (*knowledge-based mistakes*).

O nível de atividade baseada em habilidades caracteriza-se pela baixa carga mental com a utilização de padrões comportamentais automatizados, de baixo custo cognitivo. Envolve as tarefas manuais sem o controle consciente, em que a pessoa não pode impedir o comportamento automático, como o utilizado na condução de um veículo.

O nível de atividade baseada em regras caracteriza-se pela utilização de regras ou procedimentos memorizados derivados da

própria experiência ou pela transmissão de outros procedimentos. As regras são modificadas como efeito da própria experiência. Nesse nível, segundo Darses, Falzon e Munduteguy (2007, p. 169), os conhecimentos utilizados podem ser representados em forma de redes semânticas, esquemas ou roteiros (*scripts*). Os erros decorrem da aplicação de regras erradas ou da aplicação errada de regras corretas (REASON, 1990, p. 69). Para a atividade de projeto de produtos, os erros podem ocorrer da sobrecarga informacional, da força da regra, da rigidez (regras de sucesso passado) e das deficiências na codificação.

A atividade baseada em resolução de problema representa o nível cognitivo mais elevado. Controlado por objetivos, o operador inicia um processo de resolução de problemas quando enfrenta uma situação nova em que não possui o “saber-fazer” e nem as regras construídas e armazenadas no nível anterior (atividade baseada em regras). Assim, o operador realiza um planejamento por seleção, por tentativa e erro, ou por raciocínio funcional (DARSESE; FALZON; MUNDUTEGUY, 2007, p. 169). Nesse nível cognitivo, os erros provêm de seletividade, limitação da memória de trabalho, “longe dos olhos – longe da mente”, viés de confirmação, revisão enviesada (ilusão de ter checado), correlação ilusória, efeito halo, excesso de confiança, problemas com causalidade e problemas com complexidade (REASON, 1990, p. 87-91).

2.3 FUNDAMENTOS ORGANIZACIONAIS DA APRENDIZAGEM

A aprendizagem que se inicia em nível individual nos times de projeto deve ser consolidada em nível organizacional para que seja compartilhada com outros membros/times da organização. Assim, um dos resultados da aprendizagem é a mudança nos parâmetros em nível organizacional, mais apropriadamente naqueles que atuam nos processos que direcionam o funcionamento da organização, entre eles o processo de desenvolvimento de produto.

Embora a formalização nos processos em nível organizacional seja a última etapa de um ciclo que se inicia em nível individual, existem outros mecanismos formais e informais que mantêm o aprendizado obtido por meio da interação entre os indivíduos e nos/entre os grupos de projetos. O grau de formalismo e os tipos de mecanismos de interação utilizados são uma característica que depende da estrutura da organização.

Nesta seção, são abordados os componentes do sistema de trabalho que são alterados em função da aprendizagem, os parâmetros

prescritos do sistema de trabalho da organização, entre eles o processo de desenvolvimento de produtos.

2.3.1 Estrutura organizacional – Considerações gerais

No início, a função “desenvolvimento de produto” foi fortemente influenciada pelos princípios de administração científica de Taylor. A maior parte dos modelos de PDP foi desenvolvida tendo como referência o sistema de produção em massa, com foco na tecnologia de fabricação mecânica e voltado para o desenvolvimento de bens de consumo duráveis (ROZENFELD et al., 2006).

O sistema de produção em massa representou um grande avanço em termos organizacionais se comparado aos “modelos tribais ou feudais anteriores” (NADLER; GERSTEIN, 1994, p. 97) e contribuiu não somente para o aumento da produtividade e do desempenho industrial como também em termos de “dignidade no trabalho” (STEWART, 1998, p. 45). Essa estrutura foi uma das primeiras manifestações do alto grau de especialização da sociedade atual e a que mais contribuiu com a qualidade de vida que a sociedade desfruta nos dias de hoje (MINTZBERG, 2003).

A burocracia mecanizada (MINTZBERG, 2003), modelo que concebe uma organização como máquina, estabeleceu uma referência para a organização industrial e um padrão de convicções sobre a forma de estruturar uma empresa produtiva (Quadro 7).

Quadro 7 – Síntese da Burocracia Mecanizada

Principal mecanismo de coordenação	- Padronização dos processos de trabalho
Palavra-chave da organização	- Tecnoestrutura
Principais parâmetros para delinear	- Formalização do comportamento, especialização do trabalho horizontal e vertical, comumente agrupado por função, unidade operacional de grande dimensão, centralização vertical e descentralização horizontal limitada, planejamento para a ação
Fatores situacionais	- Organização antiga, sistema técnico regulado e não automatizado, ambiente simples e estável, controle externo, não segue a moda

Fonte: Mintzberg (2003, p. 185)

Esse modelo foi generalizado a ponto de, inconscientemente, adotar a burocracia mecanizada (BM) como referência para organizá-la, sendo difícil de imaginar outra forma de estruturar o trabalho (NADLER; GERSTEIN, 1994). A literatura na área de projetos tem adotado a perspectiva da organização mecanicista como meio de estruturar e controlar a organização (POLLACK, 2007).

As organizações técnicas remontam à configuração organizacional definida por Mintzberg (2003) como BM. Como estrutura teórica pura, as características típicas das BM são as tarefas operacionais rotineiras e especializadas, os processos de trabalho padronizados que são ajustados para operar com confiabilidade e eficiência, como máquinas reguladas. Trata-se da configuração que mais enfatiza o controle e a divisão do trabalho (MINTZBERG, 2003). Outra ênfase é na formalidade dos processos, o que é característico da abordagem mecanicista (TATIKONDA; MONTOYA-WEISS, 2001). Assim, as BMs possuem forte direcionamento para o controle, o que se traduz em ações para eliminar qualquer incerteza possível, utilizando-se normas e regulamentos.

Contudo, de sua natureza mecanicista provêm algumas desvantagens:

- a) o modelo foi construído para ambientes relativamente estáveis e previsíveis; em condições de incerteza e de mudanças, as organizações são menos eficientes (DAVIES; BRADY, 2000; NADLER; GERSTEIN, 1994);
- b) as organizações sofreram com a própria entropia, tornaram-se mais complexas, mais orientadas a si mesmas e menos flexíveis (MINTZBERG, 2003; NADLER; GERSTEIN, 1994);
- c) o controle é o principal meio para resolver os problemas da estrutura, o que pode gerar excessos em direção à formalização (MINTZBERG, 2003); e
- d) há cristalização do comportamento e rejeição automática de ideias inovadoras (MINTZBERG, 2003).

O modelo de BM é encontrado na organização madura e de grande porte para que seja possível estabelecer os padrões. Tipicamente, em organizações onde há produção em larga escala e em massa, tende-se a utilizar a estrutura de gestão mecanicista (DAVIES; BRADY, 2000), o que é corroborado por Mintzberg (2003, p. 199), pois “nenhuma estrutura é mais bem ajustada para a produção em massa e para *outputs* consistentes, nenhuma pode mais eficientemente regular o trabalho”.

Nesse contexto organizacional, foram propostos modelos prescritivos de PDP para organizar as atividades de projeto.

Da dinâmica do mercado e da intensificação da competição surgiram algumas abordagens no sentido de promover maior agilidade à organização do trabalho no desenvolvimento de produtos. Entre elas, a mais significativa foi a Engenharia Simultânea (ES), que introduziu algumas novidades, como o conceito de times de projeto e organização matricial, e saltos no desempenho foram obtidos em decorrência da maior integração entre as áreas funcionais através de grupos de projeto (ROZENFELD et al., 2006). Tais conceitos impactaram na estrutura organizacional tradicional e nos processos de trabalho.

O aparecimento de organizações por projeto insere-se nesse contexto, com o objetivo de eliminar o sistema linear e sequencial do trabalho (DARSES; DÉTIENNE; VISSER, 2007). A forma mais integrada e entrelaçada do desenvolvimento de produtos introduziu novos “atores” em várias fases do desenvolvimento de produto. Membros que até então não faziam parte dele passaram a participar das fases preliminares de projeto, o que significou aumento significativo dos componentes de trabalho, entre os quais a coordenação de atividades ao longo do projeto. O aumento na quantidade de pessoas e no papel desempenhado em praticamente todas as fases do projeto tornou necessária maior coordenação das atividades. Os cinco mecanismos de coordenação de Mintzberg (2003) explicam como as organizações coordenam o trabalho:

- a) ajuste mútuo – coordenação pela comunicação informal. Esse mecanismo é utilizado tanto em organizações simples quanto em organizações mais complexas;
- b) supervisão direta – coordenação do trabalho de outros por meio de instruções diretas;
- c) padronização dos processos de trabalho – especificação do conteúdo do trabalho;
- d) padronização dos resultados do trabalho – especificação dos resultados esperados do trabalho; e
- e) padronização das habilidades dos trabalhadores – especificação do tipo de treinamento exigido para desempenhar a função.

Em relação à padronização, o objetivo é, em última instância, formalizar o comportamento individual, suas habilidades, os processos e os resultados do trabalho. Trata-se de uma prescrição que estabelece os limites de atuação dos “atores” organizacionais. Segundo Mintzberg (2003, p. 45). o comportamento pode ser formalizado pela descrição de

tarefas (associado à própria atividade), pelo fluxo de trabalho (especificações do conteúdo ao trabalho) e por regras (especificações gerais, regulamentos, manuais). O objetivo da formalização é regular o comportamento do trabalhador, de modo a reduzir a variabilidade e a obter maior previsibilidade dos processos. Dessa forma, a aprendizagem altera os parâmetros prescritivos do sistema de trabalho da organização. Um dos parâmetros que compõem esse sistema é o processo de desenvolvimento de produto (PDP).

2.3.2 O processo de desenvolvimento de produtos e a função gestão do portfólio

Atualmente, o PDP é um processo de negócio que envolve todos os setores da organização. O PDP pode ser definido como um conjunto de atividades que transforma as informações tecnológicas e de mercado em produtos ou serviços, e está alinhado com as estratégias da organização (BACK et al., 2008; CLARK; FUJIMOTO, 1991; COOPER, 2001; ROZENFELD et al., 2006; ULRICH; EPPINGER, 2007; WHEELWRIGHT; CLARK, 1992). Os modelos de PDP objetivam sistematizar as atividades de desenvolvimento do produto e possuem uma sequência típica organizada em função do avanço do projeto. Diversos autores propuseram uma divisão de fases, estruturadas de acordo com sua visão, que compartilham várias características em comum. Os modelos desenvolvidos pelos autores mais representativos estão dispostos na Figura 11 e na Figura 12.

O modelo de PDP proposto por Wheelwright e Clark (1992) é um modelo cíclico retroalimentado pela aprendizagem pós-projeto, no fim do funil, que fecha um ciclo de melhoria contínua para o início da próxima iteração da estratégia de desenvolvimento. A concepção desse modelo de PDP sintetiza os principais propósitos envolvidos na estratégia de desenvolvimento:

- a) Criando, definindo e selecionando um grupo de projetos de desenvolvimento que irá prover produtos e processos superiores.
- b) Integrando e coordenando tarefas funcionais, tarefas técnicas e unidades organizacionais envolvidas nas atividades de desenvolvimento.
- c) Gerenciando o esforço de desenvolvimento, convergindo para alcançar os propósitos do negócio tão eficazmente e eficientemente quanto possível.

- d) Criando e melhorando as capacidades necessárias para tornar o desenvolvimento uma vantagem competitiva a longo prazo. (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992, p. 34).

Figura 11 – Fases do desenvolvimento de produtos da fase de planejamento à fase de desenvolvimento do conceito

Autor	Fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos				
Back et al. (2008)		Planejamento de projeto	Projeto informacional	Projeto conceitual	Projeto preliminar
Clark e Fujimoto (1991)	Geração do conceito	Planejamento do produto	Engenharia do produto		
Cooper (2001)	Descoberta & Escopo	Montar cenário de negocio	Desenvolvimento		
Eder e Hosnedl (2007, 2010)		Planejamento do projeto	Especificação do plano do projeto	Projeto conceitual	<i>Laying out</i>
Hubka e Eder (1996)		Definição do problema		Projeto conceitual	Projeto preliminar
Pahl et al. (2005)		Otimização da fabricação	Planejamento da tarefa	Concepção	Esboço
Rozenfeld et al. (2006)	Planejamento estratégico de produtos	Planejamento de projeto	Projeto informacional	Projeto conceitual	
Ulrich e Eppinger (2007)		Planejamento	Desenvolvimento do conceito	Projeto em nível de sistema	
Wheelwright e Clark (1992)	Desenvolver o conceito	Planejamento do produto	Projeto do produto e processo		

Figura 12 – Fases do processo de desenvolvimento de produtos da fase de detalhamento à fase de descontinuação do produto

Autor	Fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos				
Back et al. (2008)	Projeto detalhado	Preparação da produção	Lançamento	Validação	
Clark e Fujimoto (1991)	Engenharia do produto	Engenharia do processo	Produção		
Cooper (2001)	Desenvolvimento	Testes e validação	Lançamento	Revisão pós-lançamento	
Eder e Hosnedl (2007, 2010)	Detalhamento				
Hubka e Eder (1996)	Detalhamento	Protótipo e testes			
Pahl et al. (2005)	Detalhamento				
Rozenfeld et al. (2006)	Projeto detalhado	Preparação da produção	Lançamento do produto	Acompanhar produto e processo	Descontinuar produto
Ulrich e Eppinger (2007)	Projeto detalhado	Testes e melhorias	Produção e lançamento		
Wheelwright e Clark (1992)	Projeto do produto/processo	Produção piloto	Lançamento do produto	Aprendizado pós-projeto	

O PDP possui uma função estratégica para as organizações baseadas em projetos, pois o desenvolvimento de novos produtos é um meio para a organização executar sua estratégia. Nesse processo,

ressalta-se a importância da função gestão do portfólio no incremento da competência da equipe de desenvolvimento da organização, pois a competência pode ser desenvolvida por meio da aprendizagem no desenvolvimento de novos produtos. Assim, a aprendizagem estabelece as bases para a organização mudar sua forma de agir e de competir ante os desafios futuros.

A gestão do portfólio é um processo de decisão em que a carteira de projetos é constantemente atualizada e revisada com o objetivo de tomar as melhores decisões em termos de seleção de projetos, disponibilidade de recursos e capacidade de desenvolvimento (COOPER; EDGETT; KLEINSCHMIDT, 1999). Nesse processo decisório, os novos projetos são avaliados e priorizados, os projetos em andamento são mantidos ou interrompidos, e os recursos são alocados e realocados. O objetivo da gestão do portfólio é assegurar o alinhamento com a estratégia do negócio.

A escolha do método adequado para a gestão do portfólio depende dos objetivos estabelecidos pela organização. Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2001) enumeram três objetivos:

- a) maximizar o valor do portfólio – o objetivo é selecionar os novos projetos, de modo que o valor total seja maximizado. Os critérios mais utilizados são Valor Presente Líquido, Valor Comercial Esperado, Índice de Produtividade e Modelos de Pontuação;
- b) balancear o portfólio – o objetivo é equilibrar um conjunto de projetos mediante a aplicação de critérios. Os modelos típicos de pontuação contemplam fatores como recompensa, alinhamento à estratégia de negócio, alavancagem estratégica, probabilidade de sucesso comercial e probabilidade de sucesso técnico; e
- c) alinhar o portfólio à estratégia – a meta aqui é garantir que todos os projetos estejam dentro da estratégia traçada pela companhia; a estratégia e a alocação de recursos devem estar fortemente alinhadas. O conjunto de novos produtos em desenvolvimento deve ser o reflexo da missão estratégica da organização.

Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2001) propõem duas abordagens para integrar a gestão do portfólio no PDP: dirigida por *gates*; ou dirigida por revisões do portfólio. Aqui, pressupõe-se a existência de um processo de desenvolvimento com um típico sistema de avanço de fases por *gates*.

Dessa forma, a gestão do portfólio deve contemplar os projetos que gerem novas aprendizagens com o objetivo de desenvolver novas competências. Casper e Whitley (2004) sugerem que as organizações desenvolvam variados tipos de competência para lidar com os riscos de perder-se uma vantagem construída. A vantagem obtida no início pode ser perdida pela facilidade com que a tecnologia é apropriada por terceiros e pela volatilidade do ciclo tecnológico e do ciclo de mercado. Nesse sentido, a diversificação tecnológica é um dos meios que possibilita à organização aumentar sua competência em termos de inovação, pois permite que uma tecnologia desenvolvida possa ser explorada de maneiras variadas (QUINTANA-GARCÍA; BENAVIDES-VELASCO, 2008).

No âmbito do grupo de projeto, e também entre os diversos grupos, a aprendizagem ocorre principalmente por meio de interações sociais. O conhecimento pessoal é ampliado e refinado por meio da interação no grupo de projeto (NONAKA; TAKEUCHI, 1997). O conceito de times de projeto vem aumentando a responsabilidade diante dos desafios impostos pelo ambiente organizacional de projetos. Atualmente, os times são considerados a estrutura central de organizações modernas (HENTONEN, 2010; EDMONDSON; NEMBHARD, 2009). Assim, os grupos de projeto representam o componente central que interliga a aprendizagem que ocorre em nível individual à aprendizagem em nível organizacional.

Para Nonaka e Takeuchi (1997), o conhecimento organizacional é criado a partir da interação dinâmica entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito. Para eles, o conhecimento explícito e o conhecimento tácito são as unidades estruturais básicas que se complementam, e a interação entre elas é a principal dinâmica da criação do conhecimento organizacional. Os quatro processos de conversão do conhecimento foram identificados a partir da interação entre os dois tipos de conhecimento. São eles: a) socialização, do tácito para o tácito; b) explicitação, do tácito para o explícito; c) combinação, do explícito para o explícito; e d) internalização, do explícito para o tácito.

A pesquisa de Thomke e Fujimoto (2000) mostra que a experimentação do time na resolução dos problemas de projeto é a base para a aprendizagem em nível de grupo de projeto. Nesse processo de resolução iterativo ocorrem os modos de conversão propostos por Nonaka e Takeuchi (1997). A internalização está estreitamente ligada à experimentação (JENSEN et al., 2007; NONAKA; TOYAMA; KONNO,

2000), ao aprender fazendo (CHEN, 2005; NONAKA; TAKEUCHI, 1997), por meio da experiência compartilhada no projeto.

Em relação à importância da interação social no PDP, pesquisas mostram que a socialização é o mecanismo mais importante para compartilhar o conhecimento pessoal. A pesquisa realizada por Prencipe e Tell (2001) identifica os principais mecanismos de transferência de aprendizagem entre os projetos. Nessa pesquisa observa-se o predomínio de mecanismos que dependem da interação entre pessoas denominada de socialização (CARBONARA; SCOZZI, 2006; ERDEN; VON KROGH; NONAKA, 2008; HIRUNYAWIPADA; BEYERLEIN; BLANKSON, 2010; NONAKA, 1991; NONAKA; TAKEUCHI, 1997; NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000; SILVA; ROZENFELD, 2003; VACCARO; VELOSO; BRUSONIC, 2009). Assim, o trabalho realizado em nível de grupo de projeto é o ambiente em que ocorra aprendizagem mediante experimentação vivenciada.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo apresentou o problema de pesquisa relacionado à aprendizagem em ambiente de projetos. A falta de uma definição mais precisa sobre a aprendizagem leva a confundir-la com processos relacionados à aquisição, retenção e disseminação do conhecimento. Esse equívoco tem levado as pesquisas a desconsiderar o principal resultado da aprendizagem, a mudança comportamental, e isso ocorre devido à lacuna de conhecimento relacionada à caracterização da aprendizagem.

Neste capítulo foram apresentados os fundamentos teóricos da cognição individual, em especial os componentes do sistema de memória que está diretamente relacionado à ocorrência de aprendizagem. Nesse contexto, mostrou-se a vulnerabilidade do sistema de memória humana para fatos, o que leva a questionar-se a eficácia das abordagens orientadas por processo, mais especificamente quanto às avaliações realizadas *post-mortem*. Dependendo do lapso de tempo entre o fato e a avaliação, as experiências obtidas podem ser esquecidas, distorcidas ou induzidas a falhas.

Em relação ao papel da experiência, cuja função é destacada por pesquisadores da área de aprendizagem organizacional, ainda não se tem um constructo claro de como a experiência individual relaciona-se com outros componentes em nível de grupo e em nível organizacional para gerar a aprendizagem. Embora não seja a única forma de adquirir novos conhecimentos e de melhorar o desempenho, o acúmulo de experiências

do passado fornece as bases para o processo de aprendizagem em projetos que se inicia em nível cognitivo individual. Em termos de PDP, a experiência vivenciada é o principal parâmetro da aprendizagem em projetos. A afirmação de Sternberg (2000) sobre a necessidade humana de vivenciar a execução de um procedimento para representar o conhecimento procedural na mente gera duas implicações teóricas. A primeira implicação é a necessidade de vivenciar antes um procedimento para que possa ocorrer a conversão em conhecimento procedural no sistema cognitivo que precede a formulação de um método que resolve um problema. A segunda implicação é que a tentativa de transmissão de um conhecimento procedural para outra pessoa significa apenas um conhecimento declarativo para o receptor.

Em termos cognitivos, a formulação de um novo método no ambiente de projeto é um processo que ocorre na memória de produção, que gera um comportamento implícito para a aprendizagem. A partir da compreensão desse princípio, pode-se correlacionar a competência dos projetistas no ambiente de projeto com os estágios do desenvolvimento de habilidades que ocorre em função da aprendizagem. Nesse sentido, o incremento da competência está diretamente ligado à aprendizagem que acontece por meio da experimentação no processo de desenvolvimento de novos produtos. Nesse processo, as decisões tomadas na gestão do portfólio são determinantes na escolha dos projetos que possuem o potencial de contribuir com novas aprendizagens.

Dessa forma, a proposição principal deste trabalho é que a aprendizagem no ambiente de projeto pode ser avaliada a partir das operações cognitivas, e a aprendizagem pode ser caracterizada pela formulação de um novo método que altere o comportamento diante dos novos desafios e que auxilie um projetista a resolver novos tipos de problemas. Na seção a seguir será apresentado o modelo conceitual desenvolvido a partir dos componentes cognitivos e dos parâmetros organizacionais identificados neste capítulo, destacando-se o constructo que detalha as operações realizadas pelo projetista, bem como os passos para sua operacionalização em nível organizacional.

3 MODELO CONCEITUAL

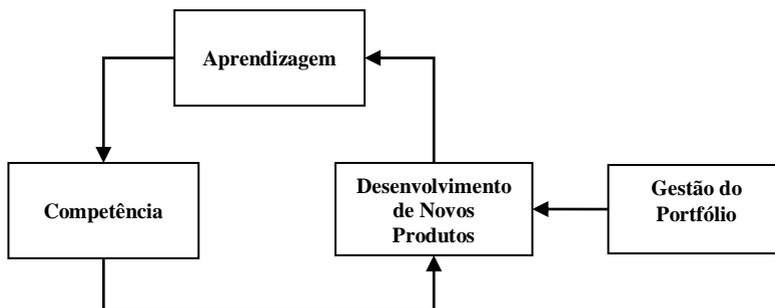
Neste capítulo é apresentado o modelo conceitual de aprendizagem e competência em desenvolvimento de novos produtos. O capítulo possui três partes distintas. Na primeira é apresentada sucintamente a lógica que rege o funcionamento do modelo e os limites de sua utilização no PDP. Na segunda parte é apresentado o constructo teórico da aprendizagem no ambiente de projetos que suporta a proposição do modelo conceitual. A terceira parte é reservada para a descrição detalhada dos três componentes do modelo conceitual proposto e das três macroetapas que estruturam sua operacionalização.

3.1 APRESENTAÇÃO GERAL DO MODELO CONCEITUAL

O princípio de funcionamento do modelo fundamenta-se na cognição individual do projetista. A aprendizagem individual em nível cognitivo que ocorre no processo de desenvolvimento de novos produtos é a base que gera novas competências, as quais habilitam o desenvolvimento de novos tipos de produtos.

O modelo conceitual proposto possui três parâmetros interdependentes (Figura 13). O primeiro parâmetro é a aprendizagem. A aprendizagem causa uma mudança de comportamento do indivíduo em virtude da alteração causada em sua estrutura cognitiva.

Figura 13 – Modelo conceitual de aprendizagem em projetos



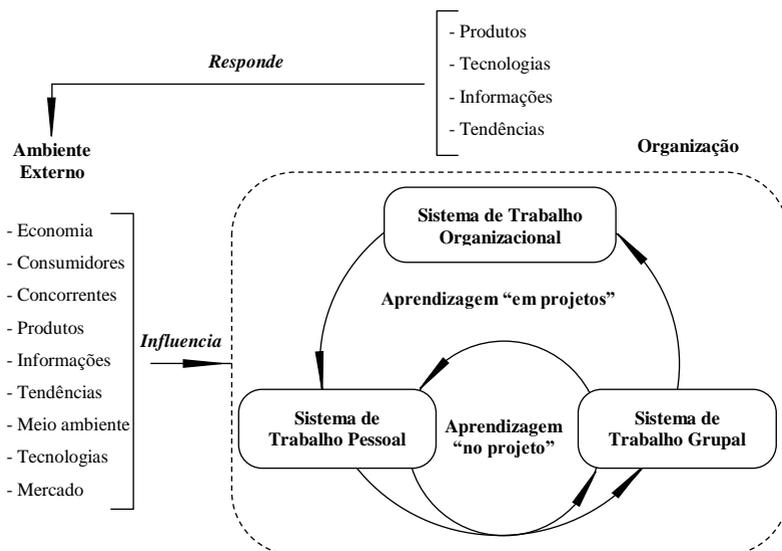
O modelo conceitual opera no âmbito organizacional de projetos compostos de três sistemas de trabalho que interagem entre si. Os três sistemas de trabalho são em nível organizacional, pessoal e grupal. A organização, por sua vez, está sujeita às influências do ambiente externo, que interfere em seu processo interno de aprendizagem.

A alteração na estrutura ocorre mediante a experiência que é adquirida na execução de projetos. A mudança na estrutura cognitiva, por sua vez, altera o segundo parâmetro, a competência do indivíduo, na medida em que incrementa as possibilidades de mobilizar sua estrutura para desenvolver um novo produto. O terceiro parâmetro, o desenvolvimento de novos produtos, é um processo em que a competência é aplicada para criarem-se produtos diferenciados ao mesmo tempo em que gera novas aprendizagens.

Os três parâmetros, cujos fundamentos foram detalhados na revisão bibliográfica, formam a base das três macroetapas propostas para a operacionalização do modelo conceitual. Em relação à função gestão do portfólio no processo de desenvolvimento de novos produtos, além de sua função tradicional, ela deve atuar no sentido de garantir um adequado balanceamento com projetos que gerem novas aprendizagens. Nesse sentido, a gestão do portfólio exerce uma função proativa na decisão dos tipos de projeto a serem executados pela organização.

Dessa forma, a estrutura conceitual procura ressaltar a relação sistêmica entre o ambiente externo e o ambiente organizacional. As variáveis do ambiente externo interferem nos processos de trabalho da organização que, por sua vez, responde lançando novos produtos e novas tecnologias, o que poderá perturbar o ambiente externo (Figura 14). A partir dos três sistemas de trabalho que compõem o ambiente organizacional de projetos, formulou-se um constructo estabelecendo as três dimensões que atuam nos processos internos e que interagem entre si para gerar a dinâmica da aprendizagem: a dimensão individual; a dimensão do grupo de projeto; e a dimensão organizacional. As três dimensões são detalhadas nas seções seguintes.

Figura 14 – Estrutura sistêmica das dimensões envolvidas na aprendizagem em projetos



3.2 CONSTRUCTO DA APRENDIZAGEM NO AMBIENTE DE PROJETOS

Esta seção apresenta o constructo geral da aprendizagem (Figura 15) que relaciona o nível individual, grupal e organizacional. Em função da lacuna teórica detalhada no Capítulo 2, o constructo foi desenvolvido como uma referência teórica que auxilie a compreender a sequência e os componentes da aprendizagem desde o nível individual, sua interação no grupo de projeto e sua influência na modificação dos parâmetros em nível organizacional. A partir do constructo formulado podem-se identificar a aprendizagem e a competência no ambiente de projetos.

3.2.1 A dimensão individual da aprendizagem

Neste trabalho parte-se do pressuposto de que tanto a aprendizagem quanto a “evolução” são funções biológicas complementares de adaptação do indivíduo ao meio. Em um ambiente de incertezas, a aprendizagem é o mecanismo de sobrevivência mais eficaz que permite modificar o comportamento, adaptar-se mais rapidamente às novas situações e responder aos desafios impostos pela dinâmica do ambiente. Em um ambiente mais estável, a “evolução” é suficiente para selecionar as características físicas e comportamentais mais favoráveis para a sobrevivência em longo prazo.

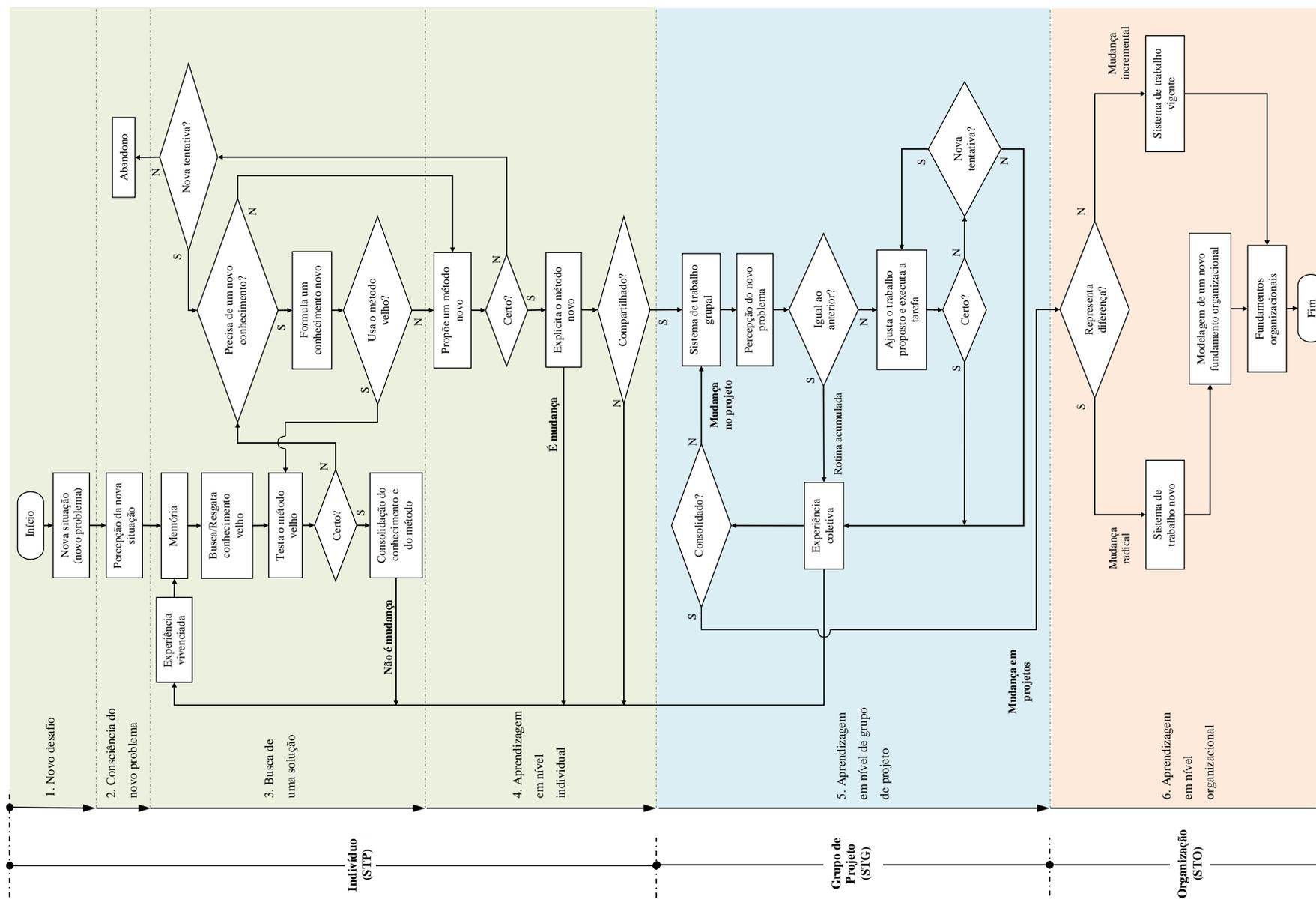
Em termos cognitivos, quando a bagagem de conhecimentos do indivíduo não é suficiente para resolver um problema, a aprendizagem é um processo alternativo que permite explorar novos métodos ou formas de agir diferentes. A aprendizagem em nível individual ocorre quando houver uma manifestação de mudança comportamental mais duradoura resultante da experiência adquirida em situações anteriores.

O constructo formulado (Figura 15) parte do princípio de que o primeiro passo é a percepção da nova situação-problema pelo projetista, que utiliza sua competência para captar todas as informações fornecidas e disponíveis. Trata-se de um fenômeno que se inicia pelo sistema perceptivo em nível individual, mesmo que a situação seja discutida e compartilhada na esfera do grupo de projeto. Num segundo momento, o projetista utiliza seu sistema cognitivo para resgatar sua bagagem adquirida pela experiência vivenciada para resolver tanto os novos quanto os velhos problemas.

A primeira dimensão da aprendizagem em projetos é a cognição do indivíduo no ambiente organizacional. Em face de uma nova situação do projeto, a tarefa é compreendida pelo projetista, que percebe, interpreta e utiliza seu sistema cognitivo para executar determinada ação.

Para superar os obstáculos e solucionar um problema de projeto, o projetista utiliza suas competências por meio de uma estrutura cognitiva articulada mentalmente com os elementos necessários para a tomada de decisão em determinado contexto. A cognição envolve elementos como a memória, o raciocínio, a percepção e estratégia de resolução de problemas, e a atenção que o projetista utiliza na execução de uma tarefa.

Figura 15 – Constructo da aprendizagem no ambiente de projeto em nível individual, grupal e organizacional



Na dimensão individual a memória é o principal componente cognitivo que influencia na aprendizagem. A função da memória nesse processo é registrar e recuperar as experiências vivenciadas para que a aprendizagem possa ocorrer. Assim, a aprendizagem depende do funcionamento da memória humana.

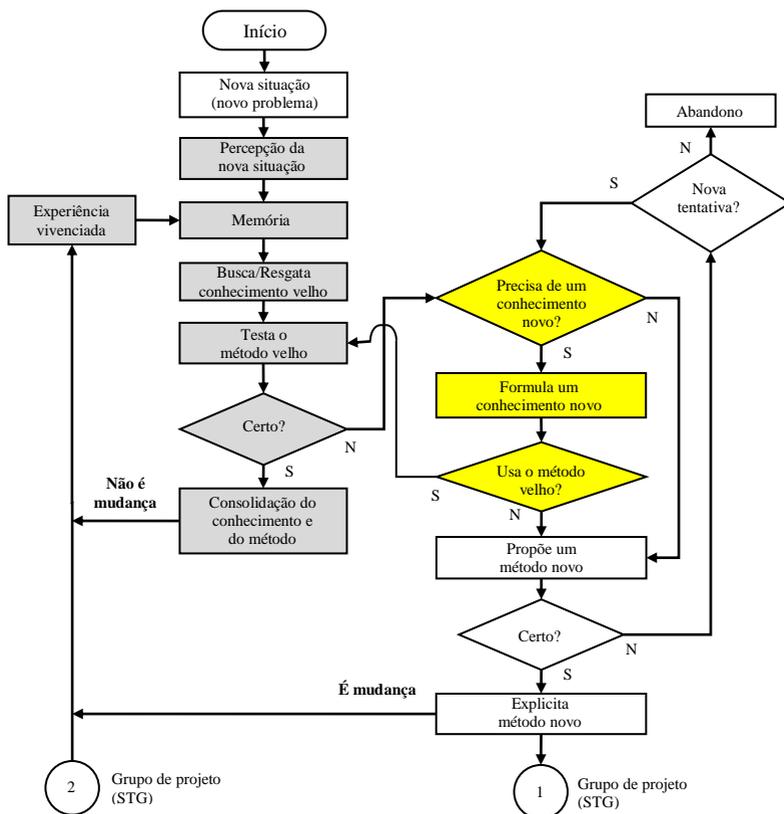
Todavia, para que possa ocorrer uma aprendizagem em projetos, três componentes cognitivos são necessários:

- a) o volume de conhecimento pessoal e sobre os fatos relacionados ao problema;
- b) o conhecimento procedural, de como resolvê-lo; e
- c) a experiência direta vivenciada pelo projetista na resolução de problemas anteriores.

Uma vez conhecidos os fatos relacionados ao problema, a primeira tentativa de resolução do projetista é usar o conhecimento disponível e os métodos já conhecidos para buscar uma solução, ocorrendo o que se denomina de “reforço comportamental” (Figura 16, as operações destacadas em cinza). Nesse caso, não houve aprendizagem, apenas a confirmação de que o conhecimento e a forma procedural de agir atuais são suficientes para manter o ambiente estável. Quando se consegue resolver um novo problema de projeto com o conjunto de conhecimentos, habilidades, atitudes e modelos mentais já disponíveis, não se caracteriza a ocorrência de uma mudança comportamental e, portanto, não se requer adaptação ou aprendizagem.

Na realidade, consegue-se resolver o novo problema com métodos e conhecimentos existentes, caracterizando-se apenas um acúmulo incremental de experiência em termos de solução de problemas. Nessa situação, não há custo cognitivo e as operações do projetista resumem-se ao resgate de informações da memória declarativa. Além disso, mediante pequenos ajustes específicos requeridos pelo projeto, executa-se a tarefa com fluência. As redes de unidades cognitivas na memória declarativa são reforçadas em função da utilização. Casos como esse aumentam as habilidades do projetista na resolução de problemas de projeto similares ou rotineiros, mas não o preparam para novos desafios.

Figura 16 – Constructo das operações cognitivas de reforço comportamental (em cinza) e da adaptação evolutiva (em cinza e amarelo)



Ainda dentro do escopo da pesquisa com os projetistas, caso a solução inicial não tenha sido satisfatória, observa-se que na segunda tentativa o indivíduo concentra-se em aumentar o conhecimento declarativo, porém aplicando os mesmos métodos atuais para a execução de uma tarefa. Nessa situação, requer-se a aquisição de novos conhecimentos, que são necessários para resolver-se o problema de projeto. A aquisição de novos conhecimentos modifica as redes de unidades cognitivas na memória declarativa, que ativa a procura na memória de produção pelo conhecimento procedural mais apropriado para resolver o problema. O custo cognitivo ainda é baixo, requerendo-se apenas associações básicas para orientar o conhecimento procedural,

que resolve total ou parcialmente o problema. Pode ser necessário realizar algumas iterações mentais até ajustar o novo conhecimento ao procedimento mais adequado; após as operações mentais, a tarefa é executada com fluência. Nesse caso, há o que se denominou de “adaptação evolutiva” (Figura 16, as operações destacadas em cinza e amarelo), uma forma de adaptação do indivíduo em que apenas novos conhecimentos são adquiridos, mas sem caracterizar uma mudança comportamental na forma de agir ou proceder, já que todas as metodologias de projeto adotam esse pressuposto. Portanto, aqui se pode estabelecer dois indicadores da ocorrência de um bom processo de aprendizagem individual: o processo gera um novo método/estratégia de abordagem para futuros problemas; e a nova estratégia é aceita pelo time de projeto. A estratégia individual que não pode ser compartilhada pelo grupo de projeto ou transferida para novas situações não se caracteriza como um mecanismo de mudança duradora na forma de agir diante de novos problemas de projeto, portanto não caracteriza uma aprendizagem no projeto.

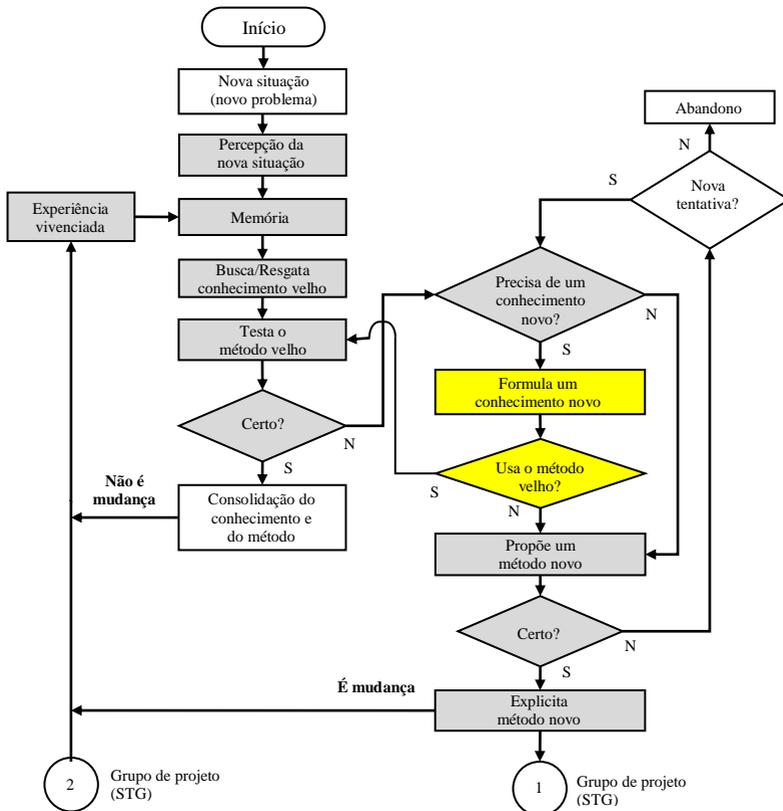
As duas situações anteriores não caracterizaram aprendizagem, pois ela depende da formulação e da experimentação de novos métodos, e da incorporação de uma mudança na forma de agir diante de novas situações de projeto. Aqui duas conclusões importantes: a aquisição de um novo conhecimento não implica na ocorrência de aprendizagem, a menos que ele esteja associado a uma nova forma de agir; por outro lado, a aquisição de um novo método sem que ele esteja associado a uma experiência vivenciada pelo projetista é apenas um novo conhecimento para o receptor. Dessa forma, a aprendizagem só ocorre quando o projetista experimenta com sucesso um método novo e então passa a agir diferentemente na resolução de novos problemas.

A competência é um atributo individual composto do conjunto de conhecimento empírico, de conhecimento formal e de métodos mobilizados diante de um problema. A aprendizagem em nível individual pode ocorrer durante a busca de uma solução, que se inicia pela percepção do novo problema de projeto e que passa pelos ciclos iterativos de resolução até a explicitação do método. Essas etapas caracterizam o processo de aprendizagem individual construído a partir da experiência vivenciada em projetos.

Caso o resultado obtido não seja satisfatório, o indivíduo procura novos conceitos/conhecimentos e, normalmente, sua primeira opção é utilizar os mesmos métodos anteriores consolidados. Caso continue não atendendo, o indivíduo procura gerar novos métodos, ou seja, é obrigado a mudar o próprio comportamento, pois os anteriores

não são mais suficientes. Nesse caso, ocorre o que se denominou de “aprendizagem remodeladora” (Figura 17, as operações destacadas em cinza). Quando o resultado obtido pelo método novo de agir é satisfatório, pode-se afirmar que ocorreu mudança, ou seja, a aprendizagem em nível individual na situação de projeto. Caso o problema de projeto requiera a aquisição de novos conhecimentos e caso o remodelamento dos métodos existentes não seja mais o suficiente para resolver a nova situação, o projetista é obrigado a formular um método novo, ocorrendo o que se denominou de “aprendizagem proativa” (Figura 17, as operações destacadas em cinza e amarelo).

Figura 17 – Constructo das operações cognitivas de aprendizagem remodeladora (em cinza) e aprendizagem proativa (em cinza e amarelo)



Nos dois casos o custo cognitivo é alto, pois não há registros anteriores na memória de procedimentos que resolvam o problema. Ao contrário dos dois primeiros casos mencionados, nos dois últimos as operações cognitivas realizadas pelo projetista estão sujeitas às limitações de capacidade da memória de trabalho. As operações envolvem o rearranjo das unidades cognitivas, formando-se novas redes na memória declarativa. Em ambos, casos em que há a aprendizagem requerem um grande número de iterações mentais, o que se reflete diretamente na quantidade de ciclos projetar-construir-testar do projeto. Nesse processo cognitivo, novas redes de unidades cognitivas são formadas na memória declarativa e novas regras condição-ação são armazenadas na memória procedural em diversos ciclos, o que pode sobrecarregar a MT e levar o projetista a perder alguma informação na execução de um procedimento. Na aprendizagem proativa os conhecimentos novos incorporados tendem a sobrecarregar ainda mais o sistema cognitivo do projetista.

A partir da explicitação do novo método que resulte numa solução considerada adequada ao problema de projeto, esse novo método poderá ser compartilhado em nível de grupo de projeto e, depois, em nível organizacional. Um novo método que proporcione uma solução satisfatória estabelece o fim de um ciclo de resolução que caracteriza a aprendizagem individual em termos de potencial comportamental. Dessa forma, a experimentação e a resolução de problemas em nível individual são a base da aprendizagem.

Observou-se também que a experiência vivenciada pelo projetista no ambiente de projeto tem uma relação direta na construção da aprendizagem, na medida em que o acúmulo dessas experiências propicia um novo sentido às experiências anteriores. Desse modo, toda nova experiência é um evento significativo que afeta a percepção de um indivíduo pois, a partir dela, podem-se criar ou adquirir novos conhecimentos, de modo a modificar o comportamento ou a forma de ação.

A interação do indivíduo com os membros de um grupo de projeto é o mecanismo mais eficiente de transferência de comportamentos bem-sucedidos, gerando o que se denomina de “aprendizagem no projeto”. Esta pode levar a uma aprendizagem maior em nível organizacional, a “aprendizagem em projetos”, de modo a permitir transferência para outros projetos da empresa. O constructo que detalha a sequência de operações em nível de grupo de projeto e em nível organizacional é apresentado na seção a seguir.

3.2.2 A dimensão da aprendizagem em nível de grupo de projeto

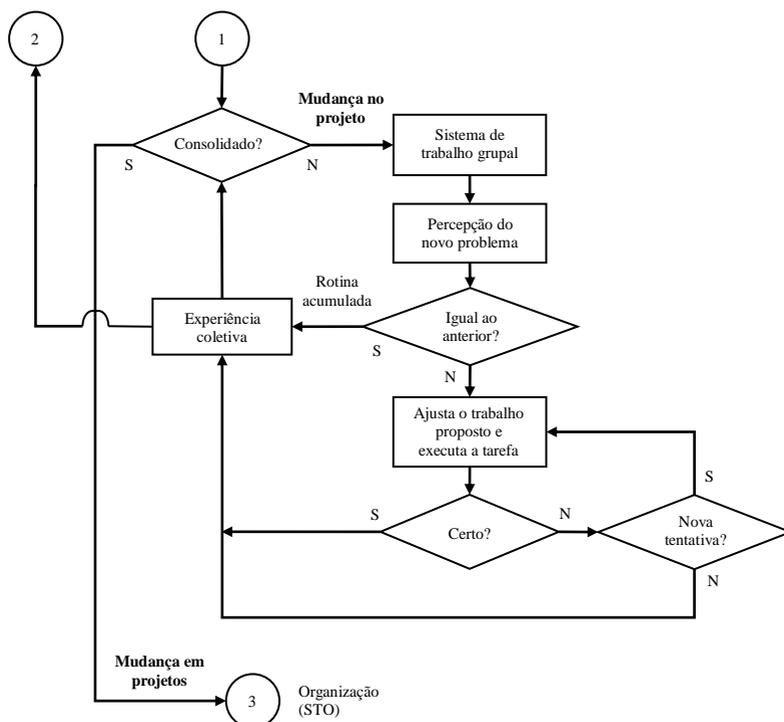
No ambiente organizacional a demanda por novos projetos ocorre, em geral, como uma resposta às pressões de um ambiente competitivo que impõe uma nova situação de desafio à organização, e ela, por sua vez, responde a esse ambiente lançando um novo produto ou uma nova tecnologia no mercado. Internamente, além do Sistema de Trabalho Pessoal (STP), outros dois sistemas de trabalho compõem o ambiente que gera a aprendizagem em projetos, o Sistema de Trabalho Organizacional (STO) e o Sistema de Trabalho Grupal (STG), este efetivamente executado no projeto (Figura 14).

Os componentes que o projetista mobiliza no plano pessoal para a execução das atividades de projeto compõem o STP. O projetista utiliza também os componentes de outros sistemas de trabalho para interagir com outros membros do grupo e compartilhar experiências na execução de uma tarefa.

O projetista, no grupo de projeto, usa sua competência para resolver um problema, interagindo com outros indivíduos do grupo, e responde às metas e aos critérios para a execução da atividade, dentro dos limites estabelecidos pelos fundamentos organizacionais. Os ciclos de otimização para atender a uma meta do projeto ocorrem por meio da interação entre os indivíduos em nível de grupo de projeto. Tais ciclos fazem parte de um processo de construção da experiência, que pode culminar em um ciclo de aprendizagem no projeto e em projetos (Figura 18).

O ambiente organizacional em que a interação ocorre corresponde ao STG, o espaço compartilhado pelo grupo de projeto. Incluem-se nesse espaço os recursos organizacionais disponíveis para a execução da tarefa como, por exemplo, os equipamentos, a infraestrutura e a tecnologia.

Figura 18 – Constructo da sequência de operações da aprendizagem no projeto e em projetos



3.2.3 A dimensão organizacional da aprendizagem

Em relação aos fundamentos da dimensão organizacional, as normas e os procedimentos são alguns dos parâmetros que guiam a forma como o trabalho é realizado dentro da organização. O conjunto desses parâmetros forma a prescrição do trabalho, que tem por objetivo coordenar as atividades de trabalho, ou seja, do STO. As classes da prescrição do trabalho que cumprem com a função de coordenar e padronizar o comportamento, em ordem hierárquica decrescente, são:

- a) pressupostos organizacionais – trata-se do nível mais alto, e os componentes são os menos visíveis, como, por exemplo, os pressupostos conceituais da organização. Modificações

nesse nível questionam o modelo organizacional utilizado e a tecnologia adotada no produto. Mudanças nesse nível também podem levar a uma inovação radical;

- b) valores e princípios organizacionais – incluem-se nessa classe a visão, a missão, políticas, estratégias e as diretrizes que norteiam o funcionamento da organização;
- c) normas – são os instrumentos de regulação, como as normas regulamentadoras, as normas técnicas externas e internas, que estabelecem os limites técnicos do trabalho da organização;
- d) processos – é o conjunto de atividades estruturadas para o funcionamento da organização. Incluem-se nessa classe os modelos e as referências do processo de desenvolvimento de produtos, suas fases e tarefas; e
- e) procedimentos operacionais e ferramentas – atuam em nível de tarefas e atividades, como guias, manuais, ferramentas, regras e instruções operacionais. São exemplos dessa classe os artefatos desenvolvidos para auxiliar na resolução de problemas, como softwares de simulação e planilhas de cálculo, entre outras.

O grau de generalidade de uma classe do STO diminui conforme decresce a hierarquia (Figura 19).

Uma “aprendizagem em projetos” provoca uma modificação em alguma classe do STO da organização. Os fundamentos do STO desdobram-se até o nível de tarefas e atividades que são compreendidas e apropriadas pelo projetista. Trata-se de um fenômeno que ocorre no plano pessoal – no STP – e que é executado no projeto – no STG. No ambiente de projetos o STG gera seu próprio contexto de aprendizagem.

Pode-se afirmar que um ciclo de aprendizagem na organização completa-se quando uma experiência, ou várias experiências, tenha sido codificada e compartilhada com os membros do grupo, a qual leva a modificar algum parâmetro de uma classe do STO da organização (Figura 20).

Figura 19 – Hierarquia dos parâmetros do STO que podem ser alterados em função da aprendizagem

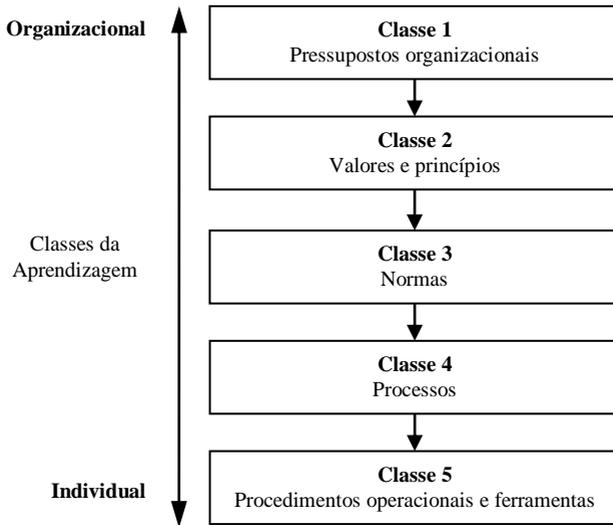
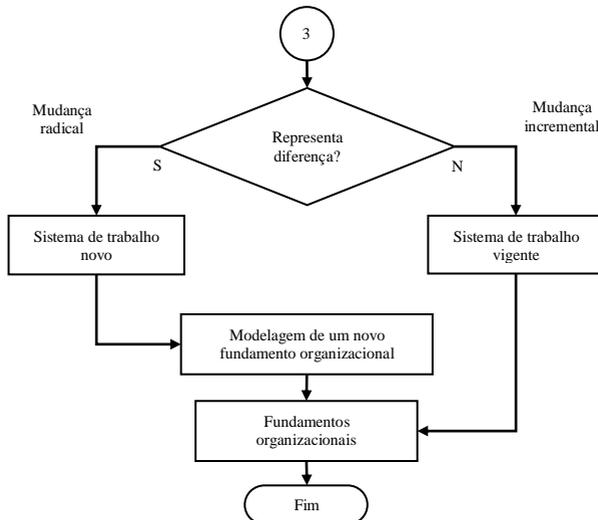


Figura 20 – Constructo da sequência de operações para aprendizagem em projetos

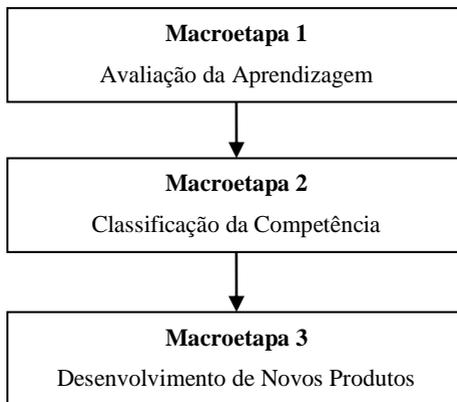


Nesse contexto, a criação de novas normas e de procedimentos internos, ou o aperfeiçoamento das existentes, deve ser entendida como um dos resultados da aprendizagem em uma situação em que a organização almeja reduzir a variabilidade dos resultados. Tanto a criação de uma nova norma ou de um novo procedimento quanto o aperfeiçoamento das existentes são, na realidade, ajustes nos fundamentos da organização como um resultado da experiência adquirida ao longo de vários ciclos de desenvolvimento de produtos, ou seja, esse tipo de fenômeno pode ser considerado uma aprendizagem.

3.3 MACROETAPAS PARA A OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

Nesta seção são detalhadas as três macroetapas para a operacionalização do modelo conceitual, que se inicia pela Macroetapa de Avaliação da Aprendizagem, conforme a sequência da Figura 21.

Figura 21 – Macroetapas para a operacionalização do modelo conceitual



A Macroetapa 1 é operacionalizada quando o projeto é iniciado; a aprendizagem é avaliada durante toda a execução do projeto conforme ocorrem os ciclos de resolução de problemas. De forma equivalente, a Macroetapa 2 é operacionalizada ao longo de todo o projeto, conforme ocorre o avanço de fases do projeto. A operacionalização da Macroetapa 3 é realizada nas fases iniciais do projeto, mais apropriadamente na fase de planejamento, em que é aprovado um portfólio de projetos, são

selecionados os novos produtos para desenvolvimento e, principalmente, o momento em que devem ser priorizados os projetos com o objetivo de gerar novas aprendizagens para a organização.

3.3.1 Macroetapa 1 – Avaliação da aprendizagem

A nova abordagem proposta para avaliar a aprendizagem no ambiente de projetos relaciona o grau de novidade do conhecimento na organização e a novidade do método para resolver o problema de projeto. Do constructo que detalha as operações cognitivas em nível individual da Figura 17, identificam-se quatro categorias, que resultam da relação entre a novidade do método diante de um problema e a novidade do conhecimento requerido para resolvê-lo (Quadro 8).

A aprendizagem em nível individual ocorre quando se muda o método, isto é, quando se estabelece um novo comportamento em face de um novo problema de projeto. A aquisição de um novo conhecimento não implica aprendizagem; ela só gera a aprendizagem quando estiver associada a uma nova forma de agir. A aprendizagem só ocorre em duas situações: quando se utiliza o novo conhecimento adquirido por meio da criação de um método aplicável em outras situações de projeto (Quadrante nº 1, “Proativo Indutor”); ou quando se transformam os conhecimentos existentes em novos comportamentos, isto é, remodelam-se os velhos princípios gerando um novo comportamento (Quadrante nº 2).

Na combinação de métodos existentes com um novo conhecimento ocorre uma evolução nas rotinas, ou seja, uma “adaptação evolutiva” (Quadrante nº 3). Por fim, a combinação de métodos e conhecimentos existentes, situação em que não há um agregado novo, trata-se apenas de um reforço nos comportamentos existentes (Quadrante nº 4).

Tomando por base o Quadro 8, utilizado para a análise da aprendizagem em nível individual, pode-se expandir o raciocínio englobando o nível de grupo de projeto (STG) e o nível organizacional (STO). O Quadro 9 apresenta as diversas possibilidades de aprendizagem e sua classificação.

Quadro 8 – Síntese das operações cognitivas em nível individual do constructo da aprendizagem

		Conhecimento	
		Novo	Anterior (Velho)
Método	Novo	Quadrante 1 (1) Proativo Indutor (Aprendizagem Proativa)	Quadrante 2 (2) Remodelagem Comportamental (Aprendizagem Remodeladora)
	Conhecido (Velho)	Quadrante 3 (3) Rotina Evolutiva (Adaptação Evolutiva)	Quadrante 4 (4) Rotina de Reforço (Reforço Comportamental)

Quadro 9 – Matriz de classificação do tipo de aprendizagem nos diversos níveis

	Conhecimento Novo	Conhecimento Anterior (Velho)
Método Novo	Individual: Proativo Indutor Grupo de Projeto: PDP Proativo Organizacional: Organização de Aprendizagem	Individual: Remodelagem Comportamental Grupo de Projeto: Melhoria Contínua do PDP Organizacional: Estratégia de Eficiência Operacional
Método Conhecido (Velho)	Individual: Rotina Evolutiva Grupo de Projeto: PDP Evolutivo Organizacional: Estratégia de Vigilância Tecnológica	Individual: Rotina de Reforço Grupo de Projeto: Repetição de Procedimentos do PDP Organizacional: Estratégia de Estabilidade de Procedimentos

A partir do raciocínio utilizado para definir os tipos de aprendizagem em nível individual, podem-se definir os tipos em nível de grupo de projeto:

- a) PDP Proativo – projetos que procuram por novos conhecimentos e geram novos métodos e processos;
- b) Melhoria Contínua do PDP – projetos que procuram gerar novos métodos e processos por meio da experiência;
- c) PDP Evolutivo – projetos que incorporam novos conhecimentos sem, no entanto, agregar novas aprendizagens; e
- d) Repetição de Procedimentos do PDP – projetos rotineiros que replicam os mesmos procedimentos.

Analogamente, definem-se os tipos em nível organizacional:

- a) Organização de Aprendizagem – estratégia que incorpora pessoas, desenvolve projetos, incorpora novos conhecimentos e que possui a capacidade de redefinir seu comportamento;
- b) Estratégia de Eficiência Organizacional – estratégia que procura criar novos produtos remodelando/reinventando processos e métodos disponíveis;
- c) Estratégia de Vigilância Tecnológica – estratégia de aquisição de novos conhecimentos sem agregar novas aprendizagens; e
- d) Estratégia de Estabilidade de Procedimentos – estratégia que procura consolidar o comportamento da organização.

A partir dessa classificação, pode-se determinar e caracterizar o tipo de aprendizagem que ocorre no contexto do PDP. Para isso, deve-se caracterizar o nível de conhecimento exigido quando da execução de um novo projeto a ser desenvolvido pela organização, bem como constatar alterações nos procedimentos realizados nas etapas do projeto. A verificação do grau de conhecimento requerido é feita observando-se os níveis individuais (STP) e de grupo de projeto (STG). Para isso, definem-se os seguintes indicadores do nível de conhecimento:

- a) número de novos princípios/conceitos trazidos individualmente para o projeto;
- b) número de novos princípios/conceitos desenvolvidos pelo grupo no âmbito do projeto; e
- c) número de normas específicas novas trazidas para o grupo de projeto.

Agora, para a identificação de alterações comportamentais em nível de método de projeto, utilizam-se os seguintes indicadores:

- a) número de novos métodos/estratégias individuais criados individualmente e compartilhados no grupo e aplicados com sucesso no projeto;
- b) número de novos métodos/estratégias trazidos pelo grupo e aplicados com sucesso no projeto; e
- c) número de novos métodos/estratégias criados no grupo e aplicados com sucesso no projeto.

Uma vez levantados esses indicadores, pode-se determinar se houve ou não aprendizagem em nível organizacional, ou apenas nos níveis grupal ou individual, respeitando o disposto no Quadro 9. Para o caso organizacional, utilizam-se os seguintes indicadores:

- a) número de novos métodos/estratégias criados nos grupos de projeto e transferidos em nível organizacional, que se traduzem em:
 - i. número de novos métodos/processos para as fases/etapas do PDP;
 - ii. número de novas normas criadas para a organização;
 - iii. número de novos valores ou princípios organizacionais;
 - iv. número de novas estratégias organizacionais; e
 - v. número de novos pressupostos organizacionais.

Todos os indicadores de conhecimento e de método e as métricas correspondentes estão sintetizados no Quadro 10, a seguir.

Quadro 10 – Síntese dos indicadores de conhecimento e de método, a métrica e a orientação

Indicador	Nível	Métrica	Orientação
Novo princípio/conceito trazido individualmente	Indivíduo	Número	↑
Novo princípio/conceito desenvolvido no projeto	Grupo	Número	↑
Nova norma/procedimento adquirido no projeto	Grupo	Número	↑
Novo método individual compartilhado e aplicado com sucesso no projeto	Grupo	Número	↑
Novo método desenvolvido pelo grupo e aplicado com sucesso no projeto	Grupo	Número	↑
Novo método aplicado no projeto e transferido em nível organizacional	Organização	Número	↑

(continua)

Quadro 10 – Síntese dos indicadores de conhecimento e de método, a métrica e a orientação (continuação)

Indicador	Nível	Métrica	Orientação
Novo método/processo para as fases/etapas do PDP	Organização	Número	↑
Nova norma desenvolvida	Organização	Número	↑
Novo valor/princípio organizacional	Organização	Número	↑
Nova estratégia para a organização	Organização	Número	↑
Novo pressuposto organizacional	Organização	Número	↑

Legenda:

↑ quanto maior, melhor

Por fim, estabelecem-se os indicadores dos tipos de projetos executados pela organização:

- a) número de projetos de aprendizagem proativa executados;
- b) número de projetos de aprendizagem remodeladora executados;
- c) número de projetos evolutivos executados; e
- d) número de projetos rotineiros executados.

No Quadro 11, a seguir, são apresentados os indicadores dos tipos de projetos executados, com a métrica e a orientação correspondente.

Quadro 11 – Indicadores de dos tipos de projetos executados

Indicador	Nível	Métrica	Orientação
Projeto de aprendizagem proativa executado	Organização	Número	↑
Projeto de aprendizagem remodeladora executado	Organização	Número	↑
Projeto evolutivo executado	Organização	Número	↑
Projeto rotineiro executado	Organização	Número	↓

Legenda:

↑ quanto maior, melhor

↓ quanto menor, melhor

Para avaliar se o número de projetos rotineiros executados é adequado ou não para a organização, esse indicador em especial deverá ser analisado em conjunto com os indicadores de projetos de aprendizagem proativa, de aprendizagem remodeladora e de projetos evolutivos executados.

A Macroetapa 1 é a base do modelo conceitual que permite classificar a competência nos níveis individual, grupal e organizacional, que é apresentada na seção a seguir.

3.3.2 Macroetapa 2 – Classificação da competência

A aprendizagem proporciona uma alteração na estrutura cognitiva do projetista. A competência é a articulação dessa estrutura cognitiva para executar uma tarefa específica dentro de um contexto do PDP. Articular a estrutura cognitiva implica a manipulação mental de componentes cognitivos como o raciocínio, representações, esquemas e regras de decisão que são mobilizados pelo projetista em face de um desafio no projeto. Tais componentes são utilizados para alterar a forma de proceder e, então, poder superar os obstáculos e solucionar um problema de projeto que até então não podia ser resolvido.

O nível de articulação dessa estrutura cognitiva representa a competência do projetista, ou seja, sua capacidade de mobilizar a maior quantidade possível de experiências vivenciadas, de conhecimento formal ou empírico recebido de terceiros e de procedimentos de que ele dispõe para solucionar um problema.

Então, pode-se separar a competência do indivíduo em duas classes. A primeira está vinculada à facilidade que o indivíduo possui em articular sua bagagem atual de conhecimentos e procedimentos de trabalho para resolver uma classe de problemas semelhantes. Quando isso ocorre de forma repetitiva, cria-se o que se denominou de competência associativa, que é reforçada pela prática que passa pelo estágio inicial, em que a aplicação de operadores é mais lenta, até se chegar a um estágio mais rápido e direto, que culmina com a automatização de uma habilidade. A segunda é a competência do indivíduo que lhe proporciona maior capacidade de aprendizagem, pois, ao mobilizar a estrutura cognitiva para utilizar as aprendizagens anteriores, aumenta a capacidade de gerar novas aprendizagens, seja para criar novos conceitos, seja para propor novos procedimentos para solucionar novos problemas. Esse tipo de competência, denominada de competência de aprendizagem, um processo cognitivo consciente, é que

permite que um projetista possa gerar um maior número de soluções inéditas e originais para os problemas de projeto.

De forma equivalente, em nível organizacional, a competência da organização resulta da capacidade de mobilizar os componentes internos em termos de pessoas, equipamentos e métodos de trabalho, de modo a alcançar determinado objetivo. Na seção a seguir apresentam-se os detalhes da estrutura proposta para classificar a competência da equipe de projeto.

Para desenvolver a competência de uma equipe, é necessário estimular a criação de novos desafios organizacionais que exijam a aquisição de novos conhecimentos e a formulação de novos métodos, de modo a expor os membros da equipe a novas experiências vivenciadas. A análise das operações cognitivas executadas pelo projetista (Figura 17) indica que, na medida em que o indivíduo é exposto a demandas de projeto cada vez mais desafiadoras, as soluções para os problemas dependem cada vez mais de uma competência em aprendizagem.

Dependendo do grau de novidade do problema e do nível de aprendizagem requerida pelo projetista, extraem-se as quatro classes de problemas de projeto que resultam da relação entre a novidade do conhecimento exigido e a novidade do método para a organização (Quadro 12). A identificação dessas classes permite duas decisões: selecionar o tipo de projeto mais adequado ao perfil atual de competência da equipe; e/ou estabelecer o nível de competência exigida conforme os tipos de projetos.

Quadro 12 – Tipologia de problemas de projeto em termos de novidade do conhecimento e de novidade do método

	Conhecimento Novo	Conhecimento Anterior (Velho)
Método Novo	<p>Problemas do Tipo I</p> <p>Classe de problemas que possibilita a aprendizagem de forma proativa.</p>	<p>Problemas do Tipo II</p> <p>Classe de problemas que possibilita a aprendizagem por remodelamento do comportamento.</p>
Método Conhecido (Velho)	<p>Problemas do Tipo III</p> <p>Classe de problemas que possibilita uma evolução dentro de uma rotina.</p>	<p>Problemas do Tipo IV</p> <p>Classe de problemas que objetiva consolidar (reforçar) o comportamento existente.</p>

Os problemas de projeto do Tipo I compõem-se de problemas que são inéditos para a organização. A equipe de projeto não possui experiência anterior na resolução dessa classe de problemas, e a complexidade resulta da falta de conhecimento e de método para resolvê-lo. Os problemas do Tipo II são aqueles que requerem novos métodos para viabilizar a aplicação dos conhecimentos que já são disponíveis na organização. Em ambos, o desenvolvimento de um novo método pode ocorrer pela reestruturação de métodos existentes ou pela criação de um procedimento totalmente novo. As classes de problemas do Tipo I e do Tipo II agregam novas aprendizagens na organização.

Os problemas do Tipo III são problemas que requerem a busca de um conhecimento novo, e sua aplicação é viabilizada por meio de um método já existente. Os problemas do Tipo IV são problemas rotineiros da aplicação de conhecimento dominado, a qual tem por objetivo reforçar o comportamento existente por meio da replicação de procedimentos consolidados.

Todas as classes de problemas cumprem a função de desenvolver a competência individual, mas, no entanto, os problemas de projeto do Tipo III e do Tipo IV são resoluções obtidas por repetição mediante o uso de métodos já consolidados na organização. Entretanto, depois de alguns ciclos de vivência em problemas do Tipo IV, não há um incremento na competência em função do aumento da quantidade de exposição à classe. Aqui ocorre o efeito chamado de automatização do comportamento, em decorrência da prática do uso de conhecimentos dominados por meio de métodos consolidados. A resolução de problemas do Tipo IV segue a teoria de desenvolvimento de habilidades de Anderson (2005). O autor postula que, para a progressão nos estágios de desenvolvimento de uma habilidade, exige-se menos esforço de retenção na memória de trabalho e diminuem-se as falhas causadas pela perda das pistas de recuperação na execução da atividade. Trata-se de um fenômeno em que o indivíduo apenas recupera da memória de longo prazo os procedimentos anteriores para executar uma tarefa, mais especificamente ligada à memória implícita, em que o controle passa a ser cada vez menos consciente, permitindo-se, inclusive, realizar uma segunda atividade cognitiva em paralelo. Nessa classe de problemas atua o primeiro modo de processamento cognitivo de Anderson (1996), um modo menos limitado pela capacidade da memória de trabalho, que responde diretamente ao estímulo recebido. Nesse processo, a carga cognitiva é gradativamente liberada conforme a prática, requerendo-se cada vez menos atenção para resolver-se o mesmo problema.

Os problemas do Tipo I e do Tipo II incorporam novos elementos em seu espaço, o que requer a formulação de novos operadores para chegar-se a uma solução. Aqui atua o segundo modo de processamento cognitivo de Anderson (1996), o processamento de controle consciente, que está sujeito às limitações de capacidade da memória de trabalho. Aumentar a competência, no sentido de incrementar a capacidade de gerar maior número de produtos diferenciados, implica o incremento da exposição dos projetistas a essa classe de problemas, de modo a favorecer a aquisição de maior quantidade de conhecimento declarativo e a aplicação do conhecimento procedural para aumentar as possibilidades de reorganizar novos conceitos na estrutura da memória.

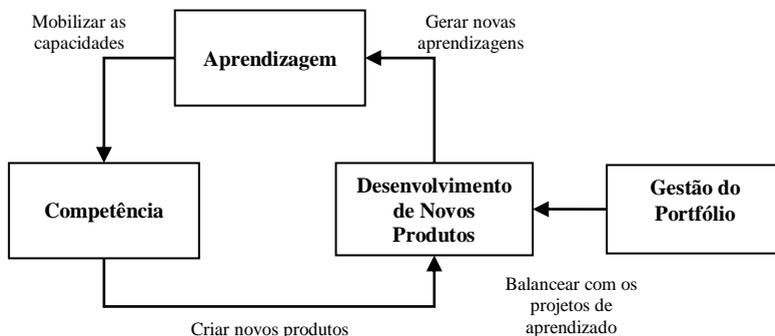
Constata-se ainda que o desenvolvimento da competência individual também depende da interação entre os membros da equipe, pois os ciclos de resolução formam um processo de construção da experiência vivenciada em equipe, que poderá levar à aprendizagem em nível de grupo. Nesse sentido, a capacidade de transferir os métodos utilizados com sucesso faz parte da competência da organização, que proporciona o lócus da aprendizagem. A competência é desenvolvida em equipe mediante o compartilhamento de experiências vivenciadas. A competência da equipe de projeto aumenta quando esta cria e testa novos métodos e obtém sucesso. Assim, a competência de um grupo de projeto pode ser medida pelo conjunto de recursos humanos mobilizados temporariamente para realizar a entrega de determinado projeto.

3.3.3 Macroetapa 3 – Desenvolvimento de novos produtos

O modelo conceitual utilizado neste trabalho parte do princípio de que o desenvolvimento de novos produtos exerce uma função proativa no sentido de aumentar a competência da organização. O incremento na competência que ocorre pela aprendizagem obtida nos projetos, por sua vez, possibilita criar novos produtos e novos princípios de solução mais originais e inovadores, realimentando um círculo virtuoso para a aprendizagem. Contudo, o funcionamento do modelo depende de um cuidadoso processo de seleção de projetos a serem desenvolvidos (Figura 22). A gestão do portfólio, além da tradicional aplicação, com as metas associadas à maximização do valor do portfólio, à criação de um conjunto de projetos equilibrado e ao alinhamento com a estratégia da organização, pode ser utilizada de forma proativa para gerar mudanças, assim como os projetos de novos produtos também podem atuar como agente de mudança. Gerir o portfólio de projetos

implica em um adequado balanceamento, de modo a contemplar os projetos que gerem novas aprendizagens.

Figura 22 – Gestão proativa do portfólio sob a perspectiva da aprendizagem

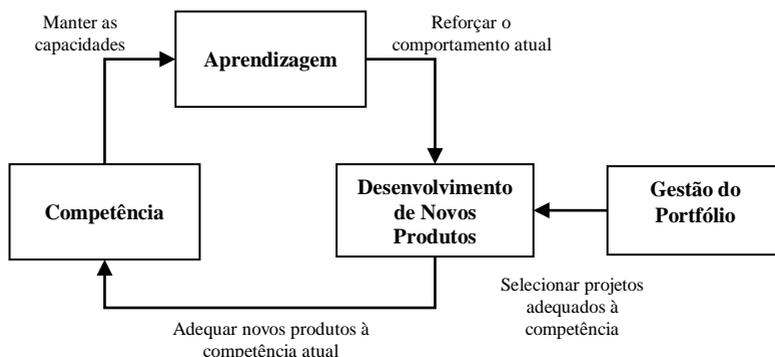


Aqui se estabelecem duas possibilidades para a gestão proativa do portfólio: o desenvolvimento de novo produto que provoque uma ruptura em relação à competência da organização, que pode levar à mudança radical; e o desenvolvimento que é realizado para incrementar a competência atual, gerando aprendizagem de ordem incremental. Na segunda alternativa, o incremento ocorre sobre uma competência-base por meio do desenvolvimento de uma nova tecnologia/conhecimento. Nesse caso, inicialmente, deve-se entender a competência-base que permitirá desenvolver os novos produtos.

O processo de gestão do portfólio que enfoque na seleção de projetos mais adequados à competência atual causará uma inversão no ciclo virtuoso de aprendizagem, o que poderá conduzir a organização a adotar um comportamento mais estável, desenvolvendo novos produtos com evolução apenas de ordem incremental, como resultado de projetos rotineiros (Figura 23).

Na gestão portfólio reativo, as decisões tomadas conduzem a uma acomodação no processo de desenvolvimento de novo produtos, pois é uma estratégia em que a decisão pelo novo produto depende primordialmente da competência existente e da experiência prévia. Tal situação poderá levar a uma estagnação em ambientes mais competitivos.

Figura 23 – Gestão reativa do portfólio que reforça o comportamento atual



Na gestão do portfólio proativo, ao contrário, as decisões para o desenvolvimento de novos produtos pressionam a organização para uma situação de mudança, agregando novas aprendizagens que incrementam a competência da equipe de projetos. Trata-se de uma estratégia que prepara a organização para sobreviver em ambientes dinâmicos. O Quadro 13 apresenta uma comparação entre a gestão do portfólio reativo e a do proativo.

Quadro 13 – Comparação entre as duas visões de gestão do portfólio

	Gestão do Portfólio Reativo	Gestão do Portfólio Proativo
Perspectiva	– Evolução/Rotina	– Aprendizagem
Aprendizagem	– Desenvolve projetos que reforçam o comportamento existente	– Desenvolve projetos que geram novos comportamentos
Competência	– Desenvolve uma competência associativa/evolutiva	– Desenvolve novas competências agregando novos comportamentos por meio da experiência
Desenvolvimento de Novos Produtos	– Os novos produtos são ajustados/adequados para a competência atual – Os novos produtos mantêm o <i>status quo</i>	– Os novos produtos são meios para incrementar a competência – Os novos produtos são agentes de mudança

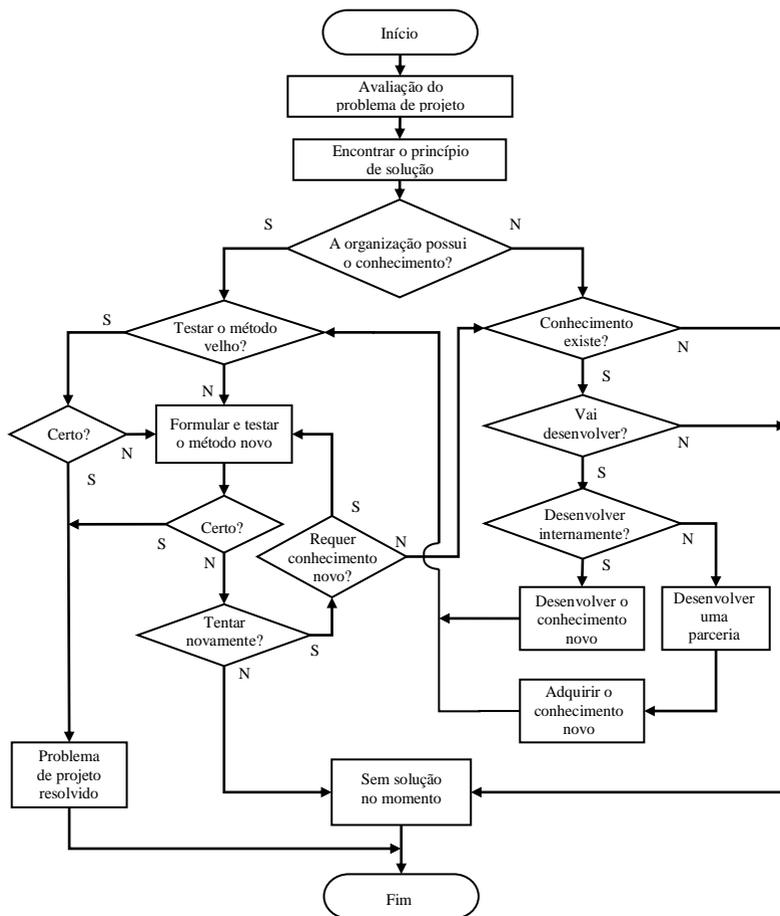
A avaliação de projetos do passado proporciona uma perspectiva histórica para realizar um diagnóstico em termos de capacidade de aprendizagem em nível de grupo de projeto, ao mesmo tempo em que possibilita avaliar o grau de equilíbrio entre os tipos de projeto desenvolvidos pela organização. Para verificar esse balanceamento, aplicam-se os indicadores de conhecimento e de método propostos na seção 3.3.1 deste capítulo.

Com a aplicação desse procedimento para todos os projetos executados na empresa, obtém-se uma indicação sobre a capacidade da organização de criar ou adquirir novos conhecimentos e de formular novos métodos e aprender na execução de seus projetos. Com a classificação quanto ao tipo e quantidade de projetos do passado que geraram aprendizagem, evolução ou projetos rotineiros, pode-se diagnosticar o grau de balanceamento dos projetos realizados pela organização. A consciência da distribuição dos projetos possibilita à organização rever a estratégia e estabelecer novas diretrizes para gerir a carteira de projetos, priorizados não somente por critérios tradicionais, mas também pela seleção de projetos que incrementem a competência da equipe de desenvolvimento. Isso poderá implicar a decisão pela manutenção de um projeto que represente um risco técnico, o que, na abordagem tradicional, poderia levar a sua interrupção.

Avaliar uma nova ideia ou um novo produto para integrar a carteira de projetos da organização inicia-se pela avaliação do problema de projeto e pelos esforços preliminares de encontrar princípios de solução que atendam e resolvam o problema formulado. O passo seguinte é questionar se a organização possui a competência necessária para desenvolver o princípio de solução e métodos para viabilizar sua aplicação. Um estudo o mais detalhado possível deverá ser feito para identificar as partes do projeto que podem ser executadas com a competência atual e as partes do projeto que requerem novas competências em termos de conhecimento e método. A sequência de operações na Figura 24 detalha as etapas para o desenvolvimento de uma nova ideia, até a resolução do problema de projeto.

Um portfólio de projetos atende a um objetivo estratégico da organização. Um novo conceito pode gerar um aprendizado para a organização, mas pode não ser competitivo no setor de atuação. Portanto, os projetos precisam ser qualificados quanto ao grau de novidade para a organização e quanto ao grau de novidade no setor de atuação. A existência da tecnologia em outros setores indica a possibilidade de adquirir-se ou desenvolver-se o novo conhecimento por meio de uma parceria.

Figura 24 – Sequência de operações para o desenvolvimento de uma nova ideia/projeto



A matriz de qualificação do projeto (Quadro 14) apresenta as possibilidades de classificar o projeto segundo as seguintes variáveis:

- grau de novidade do princípio de funcionamento para a organização; e
- grau de novidade da tecnologia no mercado.

Quadro 14 – Matriz de qualificação do projeto

	Princípio Novo (para a organização)	Princípio Conhecido (para a organização)
Problema Novo (para o mercado)	(1) Inovação Proativa – Inovação por necessidade e por funcionamento novo.	(2) Inovação Remodeladora – Inovação do produto devido às novas necessidades.
Problema Conhecido (do mercado)	(3) Inovação Evolutiva – Inovação caracterizada por formas inéditas de funcionamento do produto.	(4) Novidade Incremental – Novidade por melhoria no desempenho (funcional).

Uma vez conhecida a posição relativa do princípio de solução, pode-se avaliar o potencial de aprendizagem de um novo conceito. Os problemas de projeto relacionados ao princípio de solução são utilizados para fazer uma análise preditiva do potencial de aprendizagem em termos de formulação de novos métodos, mais especificamente relacionados à aprendizagem proativa e à aprendizagem remodeladora, com os especialistas da equipe de desenvolvimento. As previsões podem ser utilizadas como critérios adicionais na gestão do portfólio da organização.

3.3.4 Síntese das macroetapas propostas

A síntese das três macroetapas propostas neste capítulo e o detalhamento em etapas estão ilustrados no Quadro 15, no Quadro 16 e no Quadro 17.

Quadro 15 – Macroetapa 1 – Avaliação da aprendizagem

Macroetapa 1 – Avaliação da Aprendizagem		
Etapas	Objetivo	Observação
1.1	Classificar a ocorrência de aprendizagem em nível individual, grupal e organizacional	– Listar os novos conhecimentos, princípios e conceitos trazidos ou desenvolvidos pelo grupo de projeto – Utilizar os indicadores do nível de conhecimento

(continua)

Quadro 15 – Macroetapa 1 – Avaliação da aprendizagem (continuação)

Macroetapa 1 – Avaliação da Aprendizagem		
Etapa	Objetivo	Observação
1.2	Determinar a ocorrência de aprendizagem em nível de grupo de projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Listar os novos métodos criados no grupo de projeto – Utilizar os indicadores do nível de aprendizagem
1.3	Classificar os tipos de aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> – Classificar a aprendizagem nos três níveis utilizando a estrutura do Quadro 9

Quadro 16 – Macroetapa 2 – Classificação da competência

Macroetapa 2 – Classificação da Competência		
Etapa	Objetivo	Observação
2.1	Detalhar os desafios encontrados no projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Elaborar uma lista de todos os desafios encontrados no projeto
2.2	Categorizar os desafios em tipos de problemas de projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Desdobrar todos os desafios encontrados e transformar em problemas de projeto – Categorizar os problemas de projeto conforme a tipologia do Quadro 12
2.3	Identificar os métodos utilizados para solucionar os problemas	<ul style="list-style-type: none"> – Listar todos os métodos requeridos para resolver todos os problemas de projeto determinados na Etapa 2.2
2.4	Classificar a competência individual por tipo de aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> – Classificar a competência por indivíduo conforme a tipologia de problema de projeto da Etapa 2.2
2.5	Totalizar os métodos novos e velhos no projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Totalizar o número de novos métodos formulados e o número de métodos existentes utilizados no projeto por tipo de aprendizagem conforme o disposto no Quadro 9
2.6	Classificar a competência dos projetos por tipo de aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> – Classificar a competência de toda a equipe conforme a tipologia de problema de projeto (Quadro 12) por todos os indivíduos da equipe de desenvolvimento da organização
2.7	Classificar todos os projetos executados por tipo de aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> – Classificar todos os projetos executados desdobrados conforme o tipo de aprendizagem

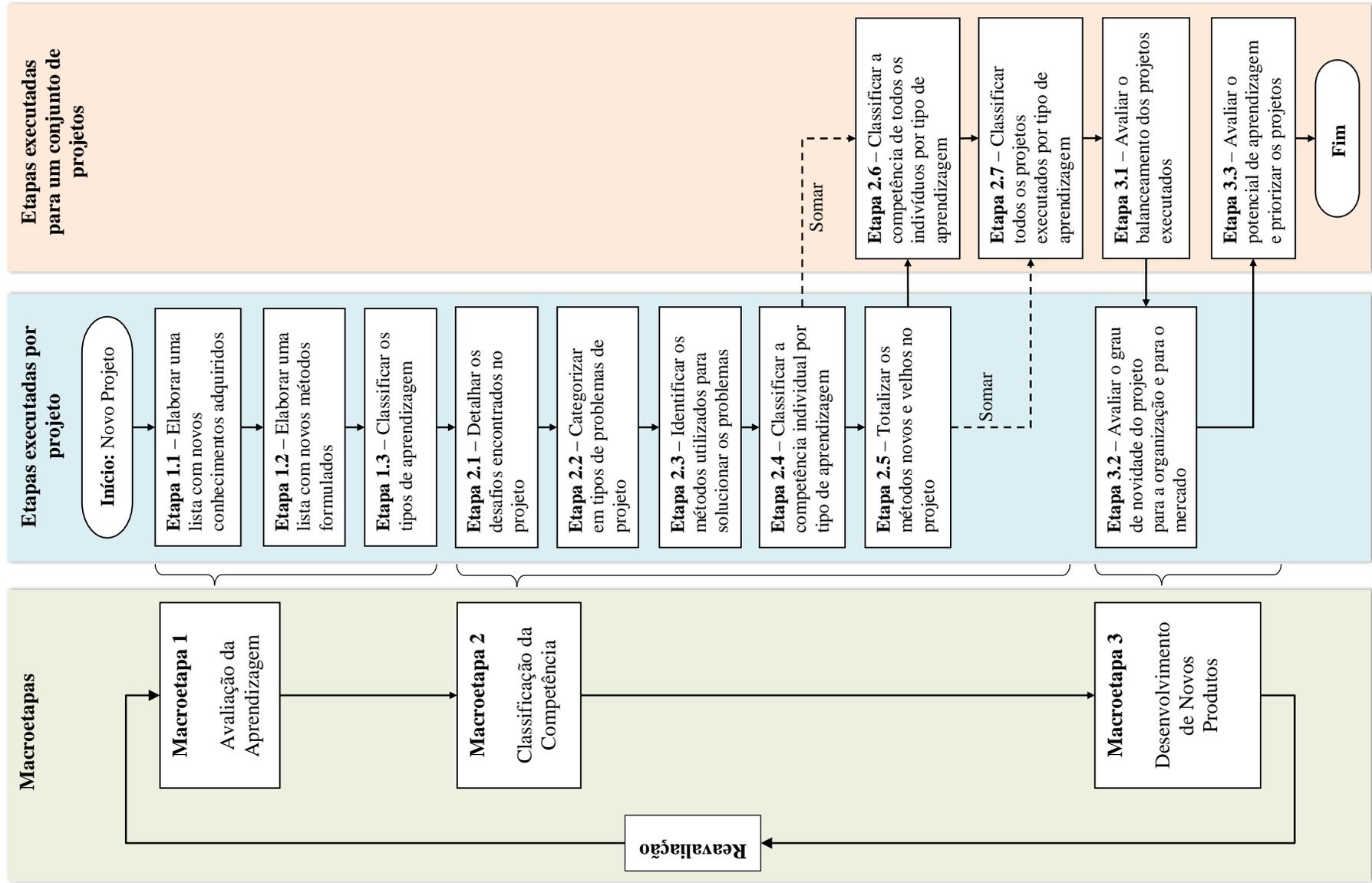
Quadro 17 – Macroetapa 3 – Desenvolvimento de novos produtos

Macroetapa 3 – Desenvolvimento de Novos Produtos		
Etapa	Objetivo	Observação
3.1	Avaliar o balanceamento dos projetos executados	<ul style="list-style-type: none"> – Elaborar uma lista de projetos executados por período – Categorizar todos os tipos de projeto utilizando o Quadro 9 de classificação de aprendizagem
3.2	Avaliar o grau de novidade do projeto para a organização e para o mercado	<ul style="list-style-type: none"> – Elaborar uma lista de projetos futuros da organização – Avaliar o grau de novidade do projeto, do conceito ou do princípio de solução, em relação ao grau de novidade para o mercado conforme o disposto no Quadro 14
3.3	Avaliar o potencial de aprendizagem de novos projetos	– Avaliar o potencial de aprendizagem de cada projeto em termos de conceito e princípios de solução e priorizar os projetos

A Figura 25 apresenta as etapas em fluxo, identificando as etapas executadas por projeto em relação às executadas para um conjunto de projetos.

As atividades que compreendem da Etapa 2.1 à Etapa 2.5 envolvem o levantamento das informações que devem ser coletadas durante a execução dos projetos, enquanto as Etapas 2.6 e 2.7 são informações totalizadas de toda a equipe de desenvolvimento da organização e de todos os projetos executados. As Etapas 2.6 e 2.7, especificamente, não serão executadas, pois extrapolam o escopo deste trabalho.

Figura 25 – Diagrama geral das macroetapas propostas e o detalhamento em etapas



3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo apresentou a proposta de um modelo conceitual desenvolvido a partir das operações cognitivas do projetista em situação de projeto. O constructo teórico auxilia a esclarecer as operações mentais realizadas pelo projetista e a identificar a ocorrência de aprendizagem na resolução de problemas de projeto. Além disso, auxilia a compreender o processo da memória nas operações mentais que é subjacente à aprendizagem. A partir do nível individual, o constructo ajuda a identificar o caminho até o compartilhamento em nível de grupo de projeto e a mudança nos parâmetros que regem a organização.

A operacionalização do modelo conceitual é realizada mediante a aplicação das três macroetapas propostas, seguindo-se as etapas detalhadas no diagrama. O modelo conceitual, por meio do conjunto de indicadores formulado a partir da perspectiva de aprendizagem, ajuda uma organização a perceber os resultados em termos de ocorrência, ou não, de aprendizagem, de modo a questionar sua efetividade e, a partir desse ponto, reavaliar o processo e corrigir via gestão do portfólio. O modelo permite visualizar com clareza tanto a quantidade quanto o tipo de aprendizagem desde o nível individual, passando pelo nível de grupo de projeto até o nível organizacional, destacando a proporção entre os diversos níveis. A proporção entre o número de projetos rotineiros e outros tipos de projeto depende da estratégia e do ambiente competitivo em que a organização está inserida, conforme mostra a estrutura sistêmica da Figura 14. No capítulo a seguir é realizada a aplicação detalhada das três macroetapas do modelo conceitual proposto neste capítulo.

4 APLICAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

Este capítulo apresenta a aplicação detalhada do modelo conceitual de aprendizagem e competência em projetos. Inicialmente, apresenta-se uma justificativa da escolha da organização e sua adequação aos objetivos da pesquisa. Em seguida, é feita uma caracterização do processo de desenvolvimento e do tipo de produto objeto de estudo no modelo proposto.

4.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA ORGANIZAÇÃO

A pesquisa foi realizada no processo de desenvolvimento de produtos de uma organização multinacional de grande porte com operações no Brasil. A empresa produz refrigeradores, *freezers*, fogões, lavadoras de roupa, e tem a responsabilidade de liderar o desenvolvimento dos produtos na região latino-americana. A operação no Brasil também desenvolve produtos para outras regiões, em especial para a Europa, Ásia e Oceania. A pesquisa foi realizada especificamente na área de Tecnologia de Produtos de Refrigeração, responsável pelo ciclo do desenvolvimento de produtos e pela liderança dos projetos. Trata-se de um tipo de organização adequado ao estudo da aprendizagem devido à atuação de vários componentes sistêmicos que incrementam sua complexidade interna. Os principais estão listados a seguir:

- a) é uma empresa multinacional de grande porte que atua em nível global;
- b) o desenvolvimento de novos produtos é realizado por times de projeto;
- c) o desenvolvimento dos projetos está sujeito a interferências das outras regiões;
- d) os níveis de experiência dos membros do time são variados;
- e) a composição dos membros do time varia ao longo do projeto;
- f) a maior parte dos membros das equipes é montada conforme a disponibilidade individual;
- g) praticamente não há continuidade do trabalho envolvendo um mesmo time;
- h) as pressões do tempo e as alterações no cronograma ocorrem com frequência; e

- i) há pressões causadas nos projetos devido aos novos requisitos regulatórios governamentais como, por exemplo, novos critérios de eficiência energética, nova regulamentação para adequação de componentes.

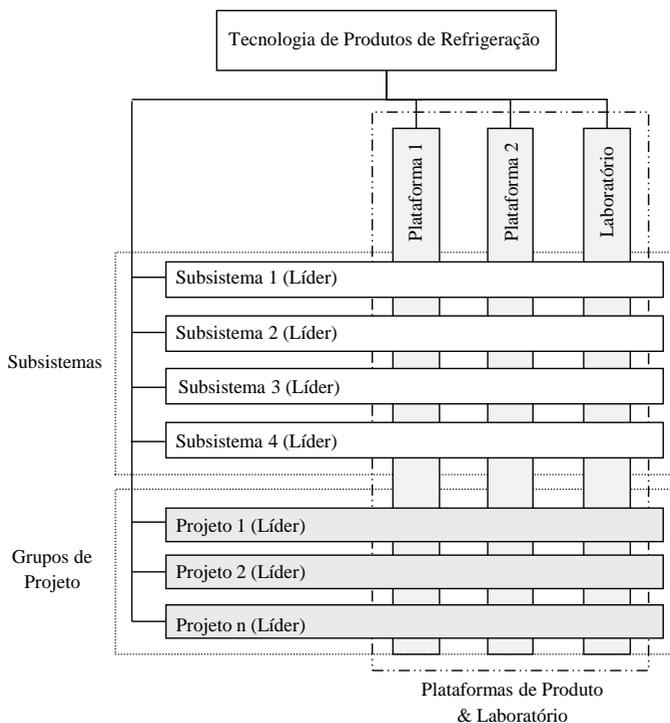
Trata-se de uma organização que possui uma estrutura social complexa envolvida no processo de desenvolvimento de produtos. O processo de desenvolvimento de novos produtos é considerado o mais importante e a linha central de todas as estratégias da organização. Os produtos são desenvolvidos por meio de grupos de engenharia simultânea. Todos os projetos iniciam-se com a oficialização de grupos multidisciplinares e seguem a referência do modelo de PDP da organização.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO E DA ÁREA PESQUISADA

A estrutura hierárquica da área de Tecnologia de Produtos de Refrigeração responsável pelo desenvolvimento de novos produtos está organizada matricialmente (Figura 26). A estrutura matricial utilizada combina três tipos de agrupamento: os subsistemas; as plataformas de produto; e os grupos de projeto. Cada subsistema está ligado matricialmente às plataformas de produto e aos grupos de projeto. Em relação à cadeia de autoridade, um membro pode chegar a pertencer a três estruturas simultaneamente, à exceção de lideranças como os gerentes de plataforma e os líderes de cada subsistema.

Os subsistemas têm a missão de desenvolver novos conceitos de produto, novas tecnologias, independentemente das plataformas de produto e dos grupos de projeto. Tais subsistemas atuam como um “fornecedor interno” de tecnologia em sua área de atuação às plataformas e aos grupos de projetos. Os subsistemas possuem a responsabilidade de buscar constantemente as informações relacionadas a sua disciplina, com o objetivo de manter-se atualizado com as novas tecnologias e de antecipar a exploração de novas soluções. Toda a vez que um conceito é aperfeiçoado ou um novo é desenvolvido, é colocado à disposição das plataformas e dos grupos de projeto para a implementação. Em função da especialização das disciplinas envolvidas, cada líder de um subsistema está subordinado a um líder global, que é responsável pela coordenação das atividades dessa mesma disciplina em âmbito mundial.

Figura 26 – Estrutura matricial da área de Tecnologia de Produtos de Refrigeração



A atividade de manutenção dos produtos em linha é realizada pelas plataformas de produto, que são os responsáveis pelo controle e pela manutenção do projeto durante todo o ciclo de vida do produto. As plataformas possuem autonomia para executar projetos de pequeno porte de extensão da linha de produtos e projetos de melhoria contínua. Os projetos de extensão de linha são relativos aos produtos pós-lançamento, que já estão no mercado, aos quais serão implementadas mudanças estéticas e/ou a inclusão de acessórios adicionais. Os projetos de melhoria contínua são de ordem incremental, motivados por custo e qualidade.

4.2.1 Classificação dos projetos

A organização classifica seus novos projetos de acordo com o grau de mudança tecnológica, o grau de novidade da plataforma, o número de produtos, o valor do investimento requerido, os mercados envolvidos (regional ou global) e a abrangência do projeto em termos de *Mega*, *Major* e *Minor* (Quadro 18).

O escopo dos projetos classificados como *Minor* envolve modificações na linha de produtos já lançados no mercado que não envolvam o desenvolvimento e/ou a aplicação de uma nova tecnologia. Normalmente, são projetos envolvendo redução de custo, melhoria de qualidade, adequações no desempenho motivado por questões de regulamentação governamental, ajustes devido a falhas em campo. Os projetos *Minor* requerem menos recursos, o envolvimento do time-base é em tempo parcial e seus membros normalmente participam de vários outros projetos, incluindo-se o líder. Os projetos *Major* englobam o desenvolvimento de uma linha de modelos novos, um *face-lift* de uma linha produtos com tecnologias conhecidas, com o qual a organização já possui experiência. São projetos derivativos de uma família de produtos já no mercado. O líder e alguns membros da equipe-base dedicam-se integralmente ao projeto. Os projetos *Mega* requerem mais recursos, desenvolvem uma nova geração de produtos, uma nova plataforma, e podem incorporar uma nova tecnologia. Podem ser projetos regionais, com membros da região, ou globais, o que requer a participação de membros de outras regiões. A dedicação do líder e da equipe-base é integral ao projeto.

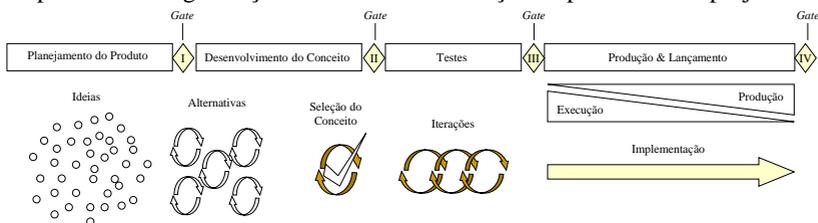
O modelo de desenvolvimento de produtos, que a organização denomina de *Consumer-to-Consumer* (Figura 27), assim como os modelos teóricos de desenvolvimento de produtos, sistematiza as fases do processo e as atividades típicas a serem cumpridas no decorrer do projeto, com a finalidade de coordenar as atividades executadas.

Quadro 18 – Classificação dos projetos segundo os critérios da organização

	<i>Mega</i>	<i>Major</i>	<i>Minor</i>
Tipos de Projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Não tradicional para a organização – Nova plataforma/geração de uma família de produtos – Nova tecnologia, introduz uma novidade para a organização/mercado – Projetos de escala global 	<ul style="list-style-type: none"> – Linha de produtos derivativos – Novos atributos que utilizem tecnologia já conhecida (com experiência) pela organização 	<ul style="list-style-type: none"> – Projetos envolvendo modificações na linha de produtos atual – Normalmente são projetos de melhoria de qualidade, redução de custos, alterações no desempenho do produto – Projetos motivados por lei ou nova regulamentação – Ações corretivas devido a uma falha detectada no campo
Líder do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Em nível de gerência, com dedicação exclusiva ao projeto 	<ul style="list-style-type: none"> – Em nível de gerência, com dedicação exclusiva/parcial ao projeto – Especialista, com maior experiência em projetos 	<ul style="list-style-type: none"> – Especialista, normalmente um engenheiro/analista com experiência em projetos
Autoridade do Líder	<ul style="list-style-type: none"> – Forte – Estrutura peso pesado (<i>heavyweight</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – Forte ou baixa – Depende do escopo do projeto, pode ser <i>heavyweight</i> ou <i>lightweight</i> 	<ul style="list-style-type: none"> – Baixa – Estrutura peso leve (<i>lightweight</i>)
Equipe	<ul style="list-style-type: none"> – Time-base com mais de 10 pessoas – Membros-base com dedicação exclusiva 	<ul style="list-style-type: none"> – Time-base entre 5 a 10 pessoas – Dedicação exclusiva ou parcial 	<ul style="list-style-type: none"> – Time de até 5 pessoas no máximo – Dedicação parcial

Fonte: Documentos primários da organização

Figura 27 – Representação genérica das fases do processo de desenvolvimento de produtos da organização e os ciclos de resolução de problemas no projeto



Fonte: Adaptada com base em documentos primários da organização

O objetivo da fase de planejamento do produto, que compreende as fases de planejamento estratégico de produtos e planejamento do projeto do modelo de Rozenfeld et al. (2006), é a definição dos produtos para o desenvolvimento a partir de um portfólio de projetos/produtos e da estratégia competitiva da organização. A responsabilidade pela definição e gestão do portfólio cabe a um comitê composto de membros da diretoria e da gerência. Essa fase realiza o planejamento macro dos projetos selecionados do portfólio de produtos. A principal saída dessa fase é um plano de projeto, em que o projeto é formalizado e comunicado para a organização em termos de:

- a) definição de um líder de projeto e de alguns membros da equipe responsável pelo desenvolvimento;
- b) definição do escopo do produto, um documento oficial com uma lista básica de especificações técnicas e funcionais, o objetivo quanto ao desempenho que o produto deve apresentar e um custo-alvo do produto;
- c) definição do escopo do projeto, com um orçamento, um volume de vendas, um cronograma-base do projeto e um plano de controle.

4.2.2 Composição da equipe de projeto

A equipe de projeto tem uma formação multidisciplinar; tipicamente os representantes têm origem nas áreas de Marketing, Engenharia de Produtos, Laboratórios de Desenvolvimento, Engenharia de Processos, Qualidade, Suprimentos e Controladoria (custos e análise econômica) (Quadro 19).

Quadro 19 – Representantes típicos de uma equipe de projeto

Área	Representantes	Perfil
Marketing	– Analista de marcas e de mercado	– Formação em ciências exatas ou humanas
Engenharia de Desenvolvimento	– Especialistas em eletrônica, mecânica, estruturas e materiais. Depende do tipo de empresa	– Formação em engenharia, especializado em determinada área de conhecimento do produto
Engenharia de Produtos	– Especialista de manutenção do produto ao longo do ciclo de vida do produto, com foco na documentação e mudanças de engenharia	– Normalmente com formação em engenharia
	– Técnico de produto com foco em CAD	– Formação superior em tecnologia ou técnico de nível médio
Laboratórios	– Especialista em desenvolvimento de produto com foco em normas e procedimentos de avaliação e de aprovação	– Formação em engenharia, especializado em alguma área de conhecimento do produto
	– Técnico de laboratório responsável pelos ensaios	– Formação superior em tecnologia ou técnico de nível médio
Engenharia de Processos e Manufatura	– Especialista com conhecimento de processos, montagem e outras áreas relacionada à manufatura	– Normalmente com formação em engenharia
Qualidade	– Especialista em sistemas da qualidade	– Normalmente com formação em engenharia ou administração
Suprimentos	– Especialista no desenvolvimento de fornecedores	– Formação em ciências exatas ou humanas
Controladoria	– Analista em sistemas de custos e análise econômica	– Formação em administração ou economia

Uma vez formalizado o plano de projeto com o escopo do produto e a equipe responsável pelo desenvolvimento, passa-se para a fase de desenvolvimento do conceito. O objetivo dessa fase é desenvolver os produtos definidos pelo comitê na fase de planejamento do produto. Nessa fase é definida a concepção, o desempenho técnico e os processos preliminares de montagem e de fabricação do produto. A

principal saída da fase de desenvolvimento é a documentação e a especificação do produto, aprovadas antes de passar para a fase de testes.

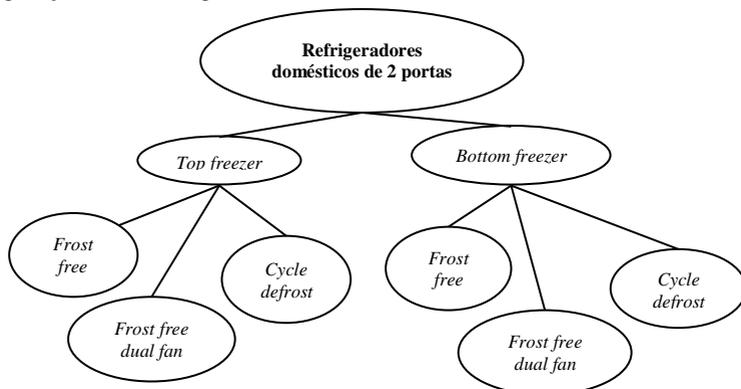
As fases iniciais são fundamentais em termos de aprendizagem, pois atividades específicas são executadas para definir-se o conceito do produto, o que determina o nível de desempenho técnico, o processo de fabricação, o processo de montagem e o custo do produto final. Trata-se do aprendizado mais relevante para o desenvolvimento de produto de uma organização e, dessa forma, é fundamental que a experiência adquirida seja codificada e retida para que possa ser transferida para o uso de outros especialistas no futuro.

Os ciclos iterativos de resolução de problemas projetar/construir/testar são frequentes, principalmente na fase de desenvolvimento do conceito, devido à maior quantidade de opções conceituais características das fases iniciais do projeto. Trata-se da fase mais importante sob o ponto de vista do projeto, pois as decisões tomadas na concepção do produto desdobram-se em outras decisões nas fases subsequentes do projeto. Contudo, nas fases iniciais, quando o projeto ainda se encontra pouco estruturado, identificar um problema e estabelecer uma ligação clara com um sistema, subsistema e componente que ainda estão por ser definidos torna-se uma dificuldade adicional.

4.2.3 Tipos de refrigeradores desenvolvidos

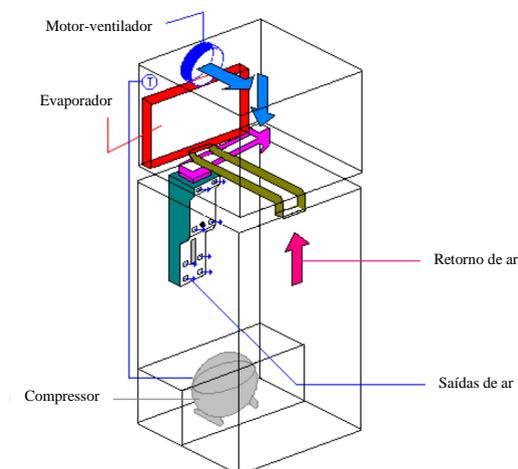
Entre os diversos tipos de refrigeradores domésticos manufaturados pela organização, o refrigerador de 2 portas do tipo *frost free* foi escolhido como o objeto de estudo por requerer maior esforço em seu desenvolvimento. A estrutura hierárquica desse tipo de refrigerador pode ser decomposta de acordo com o número de portas (1 ou 2 portas), configuração (posição do freezer) e tecnologia utilizada (*frost free*, *frost free dual fan*, *cycle defrost* e *direct cooling*) (Figura 28).

Figura 28 – Visão hierárquica dos refrigeradores de 2 portas segundo a configuração e a tecnologia utilizada



Além do tipo de tecnologia do sistema de refrigeração, o refrigerador é composto de um sistema elétrico, um sistema estrutural e um sistema de materiais. Os sistemas de refrigeração de modelos *frost free* são caracterizados por utilizar o fenômeno de convecção forçada de ar como princípio de solução para circular o ar refrigerado internamente (Figura 29) Portanto, são os refrigeradores mais complexos se comparados com os demais tipos fabricados pela organização.

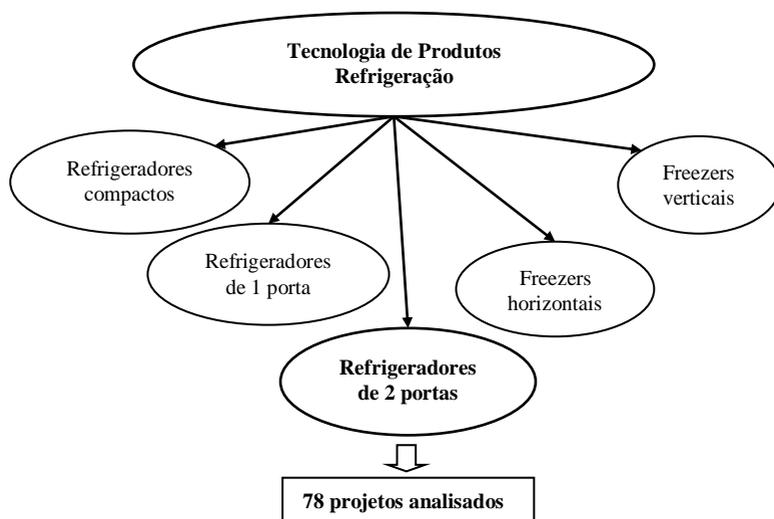
Figura 29 – Refrigerador de 2 portas do tipo *frost free* que utiliza o princípio de convecção forçada de ar



4.3 MODELO CONCEITUAL – ETAPAS DA APLICAÇÃO

Para a aplicação do modelo conceitual foram pesquisados 78 projetos de refrigeradores de 2 portas executados pela área de Tecnologia de Produtos de Refrigeração (Figura 31). Além de refrigeradores de 2 portas, a área desenvolve refrigeradores compactos, refrigeradores de 1 porta, *freezers* verticais e *freezers* horizontais de uso residencial.

Figura 31 – Os tipos de produtos desenvolvidos pela área de tecnologia e a categoria dos projetos de refrigeradores de 2 portas pesquisados



Para as Macroetapas 1 e 2 foi selecionado um projeto para uma avaliação mais detalhada. O projeto selecionado é de grande porte, enquadra-se na categoria *Mega*, conforme os critérios de classificação da organização em termos de número de pessoas envolvidas, investimento requerido e grau de dificuldade técnica. Além desse critério, um critério adicional foi aplicado para a seleção: o grau de novidade técnica introduzido pelo projeto em relação a outros projetos do mesmo porte. Os passos do projeto e os detalhes técnicos do produto desenvolvido são apresentados na seção a seguir.

4.3.1 Detalhamento do projeto selecionado para a aplicação das Macroetapas 1 e 2

O novo projeto, o Projeto Alfa, contemplou um sistema com purificação de água e um dispensador acionado eletronicamente, onde a água é alimentada diretamente pela rede doméstica. Esse foi o primeiro modelo da categoria a utilizar tal sistema no Brasil. O sumário do Projeto Alfa com as motivações pode ser observado no Quadro 20. O projeto foi iniciado devido à motivação interna, com o objetivo de reforçar a imagem da marca no mercado brasileiro.

Quadro 20 – Detalhes do projeto para a aplicação das Macroetapas 1 e 2 da pesquisa

Parâmetro	Projeto Alfa
Classificação	Projeto <i>Mega</i>
Duração	11 meses
Objetivos do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Desenvolvimento de um sistema dispensador eletrônico de água – Reforço da imagem de sofisticação da marca, desenvolvendo um produto de nicho
Motivação do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Interna – Ser o primeiro produto nacional dessa categoria a possuir esse atributo – Tal atributo só era disponível em produtos importados do segmento <i>Premium</i>
Tipo de Projeto	<ul style="list-style-type: none"> – Não tradicional para a organização – Desenvolvimento de um novo sistema inédito para a área
Experiência Anterior	– Não. A engenharia brasileira não possui experiência

O Projeto Alfa compreende um sistema que representou uma novidade técnica na organização brasileira (Figura 32). Ao contrário de modelos anteriores (Figura 33), a água não precisava mais ser abastecida manualmente pelo usuário (Quadro 21). Trata-se também do primeiro refrigerador com o sistema de alimentação direta desenvolvido e produzido pelo corpo técnico da organização no Brasil.

Quadro 21 – Comparativo entre a concepção anterior e a nova

Item	Dispensador de Água Manual	Dispensador de Água Eletrônico
Acionamento	– Manual para retirar a água	– Eletrônico
Filtro	– Sem filtro de água	– Com filtro de água
Reservatório	– Reservatório de água com reposição manual	– Reservatório com alimentação contínua pela rede de água residencial
Reposição de água	– O usuário precisa repor a água periodicamente	– Reservatório sempre cheio, sem que o usuário precise intervir

Figura 32 – Vista frontal do novo refrigerador com dispensador de água acionado eletronicamente

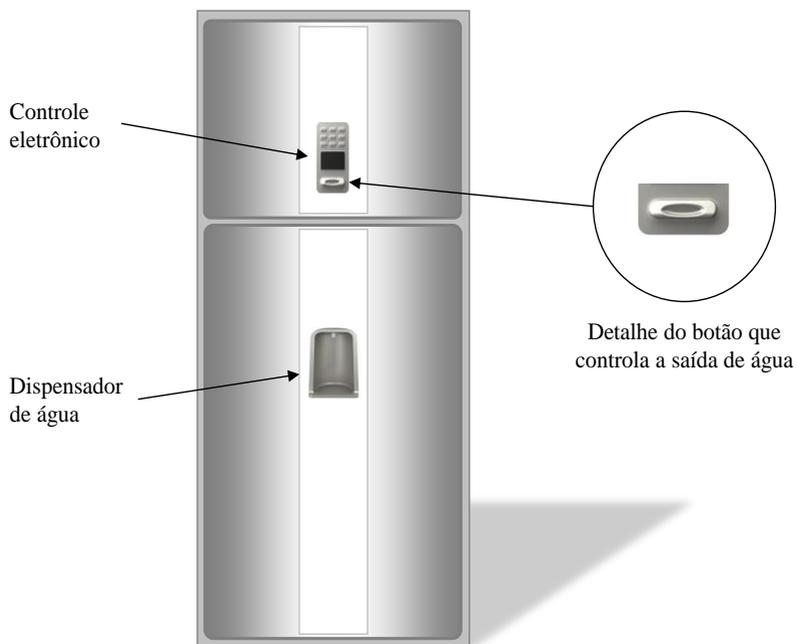
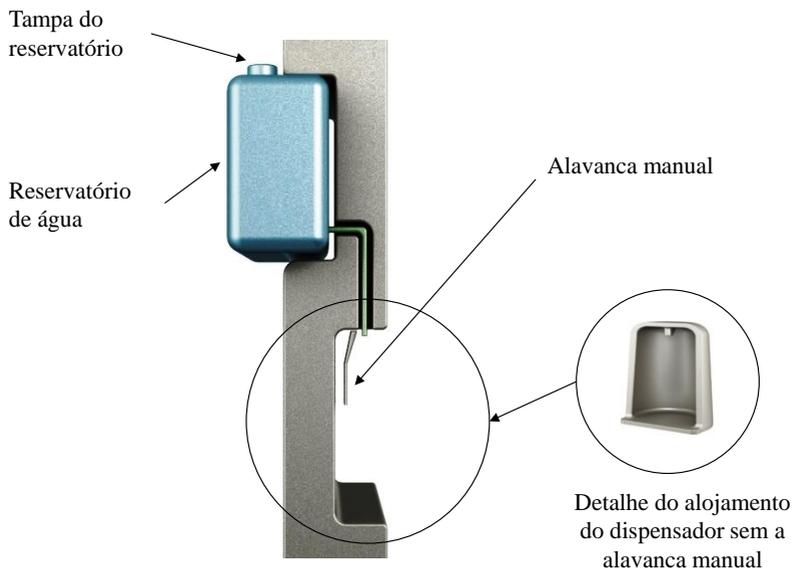


Figura 33 – Figura esquemática da região da porta e do dispensador com acionamento manual



As três macroetapas propostas para a aplicação do modelo conceitual são detalhadas nas seções a seguir.

4.3.2 Macroetapa 1 – Avaliação da aprendizagem

O objetivo desta macroetapa é classificar a ocorrência de aprendizagem em nível individual, grupal e organizacional. Nela é feita uma avaliação detalhada do projeto selecionado utilizando-se os indicadores de nível de conhecimento e alteração de método para classificar o tipo de aprendizado.

4.3.2.1 Etapa 1.1 – Elaborar uma lista com novos conhecimentos

O objetivo desta etapa é classificar a ocorrência de aprendizagem em nível individual, grupal e organizacional. Para isso, deve-se elaborar uma lista de novos conhecimentos, princípios e conceitos trazidos ou desenvolvidos pelo grupo de projeto. Para verificar o grau de novidade do conhecimento em nível de indivíduo (STP), em nível de grupo de projeto (STG) e em nível organizacional (STO), utilizando-se os indicadores do nível de conhecimento a seguir:

- a) número de novos princípios/conceitos trazidos individualmente para o projeto;
- b) número de novos princípios/conceitos desenvolvidos pelo grupo no âmbito do projeto; e
- c) número de normas específicas novas trazidas para o grupo de projeto.

No projeto, a falta de experiência era relacionada tanto à concepção do sistema de alimentação de água quanto em relação aos requisitos e condicionantes encontrados nas residências brasileiras. Inicialmente, a equipe de projeto optou pela adoção de um novo reservatório plástico moldado por sopro (Figura 34), idealizado pela Engenharia de Desenvolvimento com as informações e os referenciais disponíveis até então. Esse reservatório plástico foi inicialmente aceito pelo grupo de projeto, pois foi considerado apropriado para as dimensões internas e para as condições de operação do refrigerador.

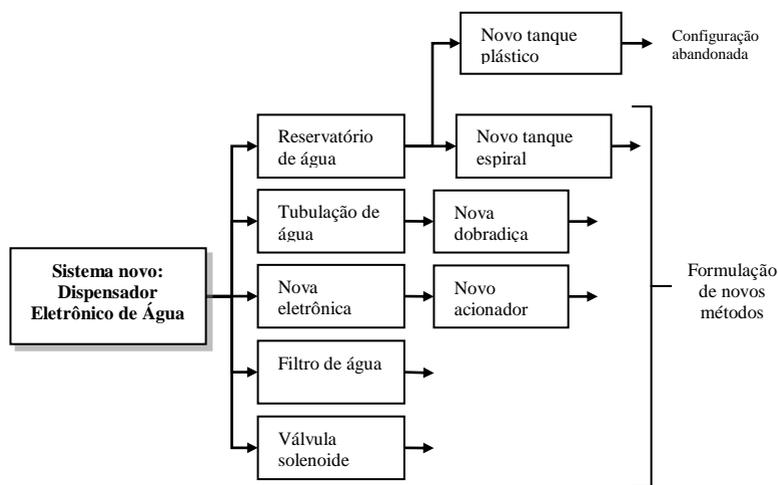
Figura 34 – Concepção do reservatório plástico moldado por sopro



Os primeiros obstáculos do projeto foram a adequação do reservatório às operações do refrigerador e as dúvidas relacionadas aos requisitos da rede de água residencial. As avaliações realizadas inicialmente com o reservatório plástico, em termos de atendimento aos

requisitos normativos e aos requisitos dos consumidores, evidenciaram falhas graves de concepção, como a alta variação da espessura das paredes do reservatório e a ruptura prematura abaixo da pressão requerida por norma. O prazo para as modificações no reservatório, necessárias para adequar-se aos requisitos, não atenderia à data de lançamento do produto. O conceito do tanque plástico foi então abandonado e substituído pelo tanque em espiral, utilizado pela matriz norte-americana. A visão dos principais componentes do novo refrigerador pode ser vista na Figura 35.

Figura 35 – Visão dos principais componentes do novo refrigerador desenvolvido



No grupo de projeto, os requisitos reais do campo, e não apenas os requisitos normativos, dirigiram o dimensionamento do sistema de distribuição de água do refrigerador, de modo a garantir a conformidade do desempenho, considerando a variabilidade na pressão das residências. Com relação ao dimensionamento do tanque, conhecer os requisitos normativos da rede, principalmente os relacionados à pressão de operação mínima e máxima, foi o primeiro passo adotado, seguido pela busca de informações sobre a pressão real de abastecimento das residências. Depois, as informações relacionadas à qualidade da água nortearam o projeto. Essa situação de projeto ilustra a procura de

referências (conhecimentos) no STO, por experiências prévias da organização que auxiliassem no dimensionamento do sistema.

Pode-se categorizar o Projeto Alfa em termos de indicadores de conhecimento no Quadro 22, a seguir.

Quadro 22 – Indicadores de conhecimento extraídos do projeto

Indicador	Conhecimento (princípio ou conceito)
Número de novos princípios/conceitos trazidos individualmente	1. Novo reservatório plástico soprado 2. Novo reservatório de água em espiral (serpentina) 3. Novo conceito de acionador eletrônico de água
Número de novos princípios/conceitos trazidos pelo grupo	1. Nova dobradiça metálica injetada 2. Nova configuração do circuito de distribuição de água dentro do refrigerador
Número de normas específicas novas trazidas para o grupo de projeto	1. Nova norma para a organização, a norma NBR 14908

4.3.2.2 Etapa 1.2 – Elaborar uma lista com novos métodos

O objetivo desta etapa é determinar se há ou não aprendizagem em nível de grupo de projeto. Para tanto, aplicam-se os seguintes indicadores:

- a) número de novos métodos/estratégias individuais criados individualmente, compartilhados no grupo de projeto e aplicados com sucesso no projeto;
- b) número de novos métodos/estratégias trazidos para o grupo de projeto e aplicados com sucesso no projeto; e
- c) número de novos métodos/estratégias criados nos grupos de projeto e aplicados com sucesso no projeto.

As dificuldades decorrentes da falta de experiência com esse tipo de sistema manifestaram-se desde o começo, na concepção do produto, até o início da fabricação dos primeiros lotes na linha de montagem. As dúvidas iniciais, como a definição de critérios técnicos para o produto, os critérios para guiar os testes de desenvolvimento e os testes de aprovação, foram sendo superadas no decorrer do projeto. Houve uma busca de normas externas e internas, consulta aos fornecedores especializados e, como resultado dessa investigação, foram formulados novos métodos para aplicação no projeto (Quadro 23).

Quadro 23 – Indicadores de método extraídos do projeto em cada nível

Indicador	Método
Número de novos métodos/estratégias individuais criados individualmente e compartilhados e aceitos no grupo de projeto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guia de dimensionamento do reservatório plástico soprado 2. Guia para avaliar o conceito do reservatório em termos de atendimento dos requisitos do consumidor 3. Guia para avaliar o atendimento às normas de desempenho (sudação externa) da nova dobradiça metálica injetada
Número de novos métodos/estratégias criados nos grupos de projeto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método de avaliação e seleção de conceito do reservatório de água 2. Método de avaliação da temperatura no circuito de distribuição de água 3. Método de avaliação do impacto do aumento da temperatura da água e de variações de pressão até a saída no dispensador 4. Método de avaliação do desempenho do novo conceito de dobradiça 5. Método para avaliar o impacto do consumo de água no desempenho do sistema 6. Método para avaliar o atendimento aos requisitos técnicos reais das residências de produto com um sistema dispensador de água 7. Método para avaliar o atendimento às normas externas do novo produto com sistema dispensador de água 8. Método para verificar a qualidade funcional do novo produto na linha de produção
Número de novos métodos / estratégias criados nos grupos de projeto e transferidos em nível organizacional	<ol style="list-style-type: none"> 1. Norma ABNT NBR 14908.

O conceito inicial do tanque plástico, abandonado pela dificuldade técnica de atender aos requisitos de referência estabelecidos, contribuiu para a aprendizagem em nível de grupo, pela formulação de novos métodos durante o processo de busca por uma solução.

4.3.2.3 Etapa 1.3 – Classificar os tipos de aprendizagem

Uma vez levantados os indicadores de conhecimento (Etapa 1.1) e de formulação de método (Etapa 1.2), pode-se classificar a aprendizagem em nível organizacional, grupal ou individual correlacionando-se o grau de novidade do conhecimento com o grau de novidade do método. O Quadro 24 relaciona o grau de novidade do método em função do conhecimento novo, e o Quadro 25 em função do conhecimento velho.

Considera-se que ocorreu a aprendizagem em nível organizacional a partir do desenvolvimento do novo sistema (sistema com filtro e dispensador eletrônico de água), pois foi caracterizado um ciclo global de aprendizagem devido à incorporação de um novo método, que foi experimentado com sucesso no projeto. O novo método, desenvolvido para adequar-se à norma NBR 14908, foi integrado ao sistema organizacional, que estabelece uma regulação no funcionamento do PDP, estando apto a ser aplicado em outras situações de projeto; por isso, representa uma evolução na competência da organização.

Quadro 24 – Classificação da aprendizagem em função do conhecimento novo

Conhecimento Novo		
Método Novo		Método Velho
Individual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guia de dimensionamento do reservatório plástico soprado 2. Guia para avaliar o conceito do reservatório em termos de atendimento dos requisitos do consumidor 3. Guia para avaliar o atendimento às normas de desempenho (sudação externa) da nova dobradiça metálica injetada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guia com os critérios técnicos (especificações-meta) para avaliar-se o acionador de água 2. Guia com os critérios técnicos (especificações-meta) para avaliar-se a vida útil do acionador de água

(continua)

Quadro 24 – Classificação da aprendizagem em função do conhecimento novo (continuação)

	Conhecimento Novo	
	Método Novo	Método Velho
Grupo de Projeto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método de avaliação e seleção de conceito do reservatório de água 2. Método de avaliação da temperatura no circuito de distribuição de água 3. Método de avaliação do impacto do aumento da temperatura da água e de variações de pressão até a saída no dispensador 4. Método de avaliação do desempenho do novo conceito de dobradiça 5. Método para avaliar o impacto do consumo de água no desempenho do sistema 6. Método para avaliar o atendimento aos requisitos técnicos reais das residências de produto com um sistema dispensador de água 7. Método para avaliar o atendimento aos requisitos normativos vigentes para produto dotado de um sistema dispensador de água 8. Método para verificar a qualidade funcional do novo produto na linha de produção 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método de avaliação/aprovação da vida útil do acionador eletrônico de água 2. Método para avaliar preliminarmente o atendimento aos requisitos de utilização do tanque 3. Método para avaliar a durabilidade das conexões entre os tubos e a nova dobradiça
Organizacional	<p style="text-align: center;">Classe 3 – STO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ABNT NBR 14908 Standard 	Não houve

Quadro 25 – Classificação da aprendizagem em função do conhecimento velho

		Conhecimento Velho	
		Método Novo	Método Velho
Individual	Não houve	Métodos consolidados em nível individual	
Grupo de Projeto		Métodos consolidados em nível de grupo de projeto	
Organizacional		Métodos consolidados em nível organizacional	

4.3.3 Macroetapa 2 – Classificação da competência

O objetivo desta macroetapa é classificar a competência em nível individual e em nível de grupo de projeto. No Projeto Alfa, aplicou-se da Etapa 2.1 a Etapa 2.5 do modelo conceitual. A Etapa 2.6 e a Etapa 2.7 não serão aplicadas, pois consistem na somatória de toda a equipe de desenvolvimento da organização, bastando, para isso, reaplicar a estrutura da Etapa 2.1 à Etapa 2.5 para todos os projetos executados.

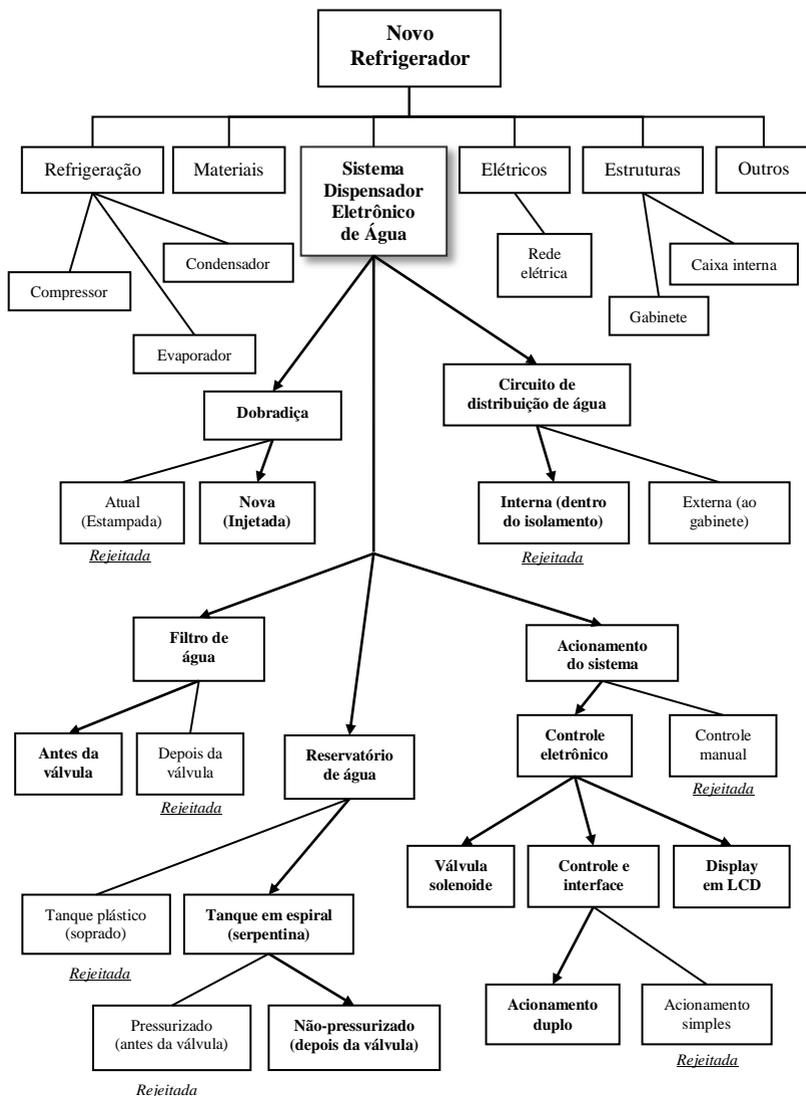
4.3.3.1 Etapa 2.1 – Detalhar os desafios encontrados no projeto

O objetivo desta etapa é detalhar os desafios encontrados no projeto. Para isso, deve-se elaborar uma lista de todos eles. Tais desafios correlacionam-se com a cadeia de tomada de decisões ao longo do desenvolvimento do produto.

Em nível individual, para superar os desafios, o projetista utiliza sua competência para resolver os problemas de projeto dentro das restrições impostas pelo produto e interage com os demais membros do grupo em eventos formais e informais. A interação social é o principal modo de aquisição de novos conhecimentos entre os membros do grupo de projeto e também com outros membros da organização. Nesses eventos são feitos novos ajustes e identificadas novas restrições, num processo cíclico de otimização da solução. Tais ciclos, de resolução e de otimização, resultam em uma sequência de tomadas de decisão em que são definidas todas as funções, além dos componentes do sistema

dispensador de água. A Árvore de Decisão (Figura 36) ilustra as principais decisões tomadas durante o desenvolvimento do novo produto.

Figura 36 – Árvore de decisão que detalha o caminho percorrido para definir o novo sistema dispensador de água



Além do desafio inicial, o problema gerado pelas falhas de concepção do novo reservatório plástico soprado, outros desafios foram encontrados ao longo do projeto. Um deles está relacionado à definição do circuito da tubulação, o que desencadeou o projeto de um novo tipo de dobradiça, para que a tubulação de água pudesse chegar ao dispensador localizado na porta, minimizando o aquecimento da água durante o trajeto. O esquema de funcionamento com os principais componentes e a posição da tubulação podem ser vistos na Figura 37.

Desenvolver uma nova dobradiça foi a melhor alternativa encontrada para solucionar o problema de conexão da tubulação de água que passa dentro do isolamento em poliuretano do gabinete com a tubulação da porta do refrigerador. Uma alternativa que dispensa a alteração na dobradiça penaliza a temperatura da água para o consumo. A nova dobradiça, além de sua função básica, funciona como um componente de interligação de água entre o gabinete e a porta, sem interferir na estética do refrigerador (Figura 38).

Figura 37 – Esquema dos principais componentes e da tubulação de água do novo sistema dispensador

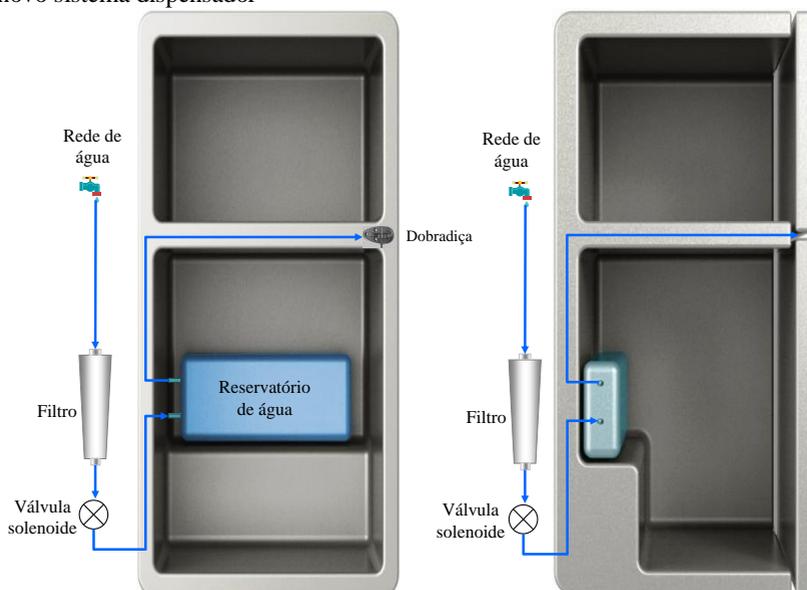
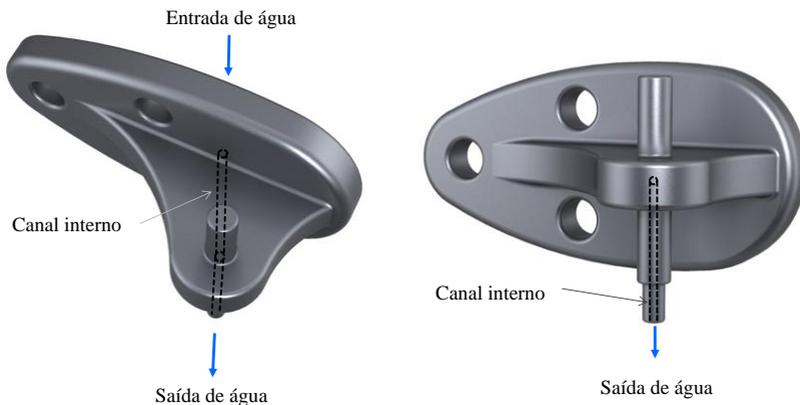


Figura 38 – Nova dobradiça com canais internos para passagem de água



Uma lista dos desafios encontrados relacionados ao sistema principal está detalhada no Quadro 26.

Quadro 26 – Lista de desafios encontrados no Projeto Alfa

Componente	Desafios encontrados
Tanque plástico soprado	<ul style="list-style-type: none"> – Determinação do dimensionamento do tanque moldado por sopro – O processo de fabricação por sopro não permite modelar com precisão a região de entrada e saída de água – Falta de uniformidade da espessura de plástico faz com que a espessura nominal de projeto seja muito alta para resistir à pressão de operação – Alta taxa de mistura da água no tanque. A alta temperatura da água da rede, como a encontrada no verão, pode fazer com que a água não saia devidamente gelada – Requisitos reais de pressão da rede residencial
Tanque em espiral	<ul style="list-style-type: none"> – Menor capacidade em relação ao tanque soprado – Interferência do tanque na estética interna do refrigerador – Manter o tanque não visível ao consumidor, sem interferir no desempenho – Tempo de resfriamento da água em função do consumo

(continua)

Quadro 26 – Lista de desafios encontrados no Projeto Alfa (continuação)

Componente	Desafios encontrados
Sistema eletrônico acionador de água	<ul style="list-style-type: none"> – Solução para a saída contínua de água sem manter o botão pressionado – Estimativa da vida útil do sistema considerando a força aplicada pelos usuários – Confiabilidade de acionamento de tecla por “duplo clique” (<i>push button</i>)
Sistema de distribuição de água pelo refrigerador	<ul style="list-style-type: none"> – Aquecimento excessivo da água caso a tubulação seja externa, o que se torna crítico no verão – Dificuldade de passar a tubulação do gabinete para a tubulação da porta, no caso da tubulação interna
Dobradiça metálica injetada	<ul style="list-style-type: none"> – Concepção da nova dobradiça com canal interno de passagem de água – Possibilidade de condensação de água na superfície da dobradiça em função da umidade relativa do ambiente – Influência da massa da dobradiça no aumento de temperatura da água – Durabilidade do componente e das conexões dos tubos

Durante esse processo de resolução dos desafios encontrados, desde a concepção do produto até a definição final de todos os componentes do sistema, houve a necessidade de adquirir conhecimentos novos (Quadro 27) em função dos desafios listados no Quadro 26.

Quadro 27 – Novos conhecimentos adquiridos ou desenvolvidos no projeto em função dos desafios resolvidos

Componente	Conhecimento gerado ou adquirido
Tanque plástico soprado	<ul style="list-style-type: none"> – Espessura de parede deve ser maior para a moldagem por sopro do que por injeção na configuração proposta – A função de conexão integrada ao tanque deve ser feita por um componente adicional (inserção por coinjeção) – Nova concepção minimiza a mistura da água que entra no tanque plástico – Requisitos da standard NBR 14908 de aparelhos domésticos por pressão – As especificações-meta de pressão a serem consideradas no dimensionamento

(continua)

Quadro 27 – Novos conhecimentos adquiridos ou desenvolvidos no projeto em função dos desafios resolvidos (continuação)

Componente	Conhecimento gerado ou adquirido
Tanque em espiral	<ul style="list-style-type: none"> – Praticamente não há mistura entre a água de entrada e a água do reservatório. A água tende a sair mais gelada ao usuário – Maior resistência à pressão em relação ao tanque plástico soprado – Projeto da cobertura que esconde o tanque e que minimiza a interferência no resfriamento da água
Sistema eletrônico acionador de água	<ul style="list-style-type: none"> – Lógica de controle por “duplo clique” semelhante ao do <i>mouse</i> do computador – Especificação-meta em termos de força exercida pelo dedo humano ao acionar a tecla – Vida útil (tempo) de referência para o desenvolvimento do sistema
Sistema de distribuição de água pelo refrigerador	<ul style="list-style-type: none"> – Variação da temperatura da água no caso de opção pela tubulação externa – Variação da temperatura da água no caso de opção pela tubulação interna
Dobradiça metálica injetada	<ul style="list-style-type: none"> – Processo de fabricação para viabilizar a construção do componente – Projeto da dobradiça com canal interno que soluciona o problema de passagem de água do gabinete para a porta

4.3.3.2 Etapa 2.2 – Categorizar os desafios em tipos de problemas de projeto

O objetivo desta etapa é categorizar os desafios encontrados em tipos de problemas de projeto. Todos os desafios do projeto mencionados na Etapa 2.1 (Quadro 26) foram categorizados em quatro classes de problemas de projeto em função da novidade do conhecimento e da novidade do método requerido para resolvê-lo (Quadro 28).

Quadro 28 – Classe de problemas de projeto em termos de novidade do conhecimento e de novidade do método

	Conhecimento Novo	Conhecimento Anterior (Velho)
Método Novo	<p>Problemas do Tipo I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como avaliar e selecionar o conceito do reservatório de água? 2. Como avaliar o aumento de temperatura da água causada pelo circuito até a saída no dispensador? 3. Como avaliar o impacto do aumento da temperatura da água durante o circuito até a saída no dispensador? 4. Como avaliar o impacto do consumo de água no desempenho do sistema em termos de temperatura? 5. Como avaliar o desempenho do novo conceito de dobradiça metálica? 6. Como avaliar o atendimento aos requisitos reais encontrados nas residências para produto dotado de um sistema dispensador de água? 7. Como avaliar o atendimento aos requisitos normativos vigentes para produto dotado de um sistema dispensador de água? 8. Como avaliar a qualidade funcional do novo produto com novo sistema de água na linha de produção? 	<p>Problemas do Tipo II (Não foram encontrados problemas do Tipo II)</p>

Quadro 28 – Classe de problemas de projeto em termos de novidade do conhecimento e de novidade do método (continuação)

	Conhecimento Novo	Conhecimento Anterior (Velho)
Método Conhecido (Velho)	<p>Problemas do Tipo III</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como avaliar a vida útil do acionador de água (<i>push button</i>)? 2. Como avaliar preliminarmente o atendimento aos requisitos de utilização do tanque? 3. Como avaliar a durabilidade das conexões entre os tubos e a nova dobradiça? 	<p>Problemas do Tipo IV</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como avaliar a conformidade global do produto?

4.3.3.3 Etapa 2.3 – Identificar todos os métodos utilizados para solucionar os problemas de projeto

Nesta etapa, os métodos utilizados para resolver todos os problemas de projeto enumerados na Etapa 2.2 são listados e agrupados conforme sua tipologia. Os problemas do Tipo I (Quadro 29) exigiram a formulação de novos métodos, que até então eram desconhecidos pela engenharia, enquanto as soluções para a classe do Tipo III (Quadro 30) foram obtidas a partir de pequenos ajustes nos métodos já utilizados na empresa. A classe de problemas do Tipo IV (Quadro 31) consiste na simples replicação de métodos consolidados.

Quadro 29 – Problemas de projeto do Tipo I e seu desdobramento em termos de métodos

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo I	Como avaliar e selecionar o conceito do reservatório de água?	<ul style="list-style-type: none"> – Novo método para desenvolver o conceito de tanque soprado – Novo método para avaliar o potencial de utilização do tanque soprado

(continua)

Quadro 29 – Problemas de projeto do Tipo I e seu desdobramento em termos de métodos (continuação)

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo I	Como avaliar o aumento de temperatura da água causado pelo circuito até a saída no dispensador?	– Novo método para a avaliação da temperatura e instalação dos termopares
	Como avaliar o impacto do aumento da temperatura da água durante o circuito até a saída no dispensador?	– Novo método de avaliação da temperatura de saída da água em função da temperatura ambiente (43°C, 32°C e 18°C) e pressão da rede
	Como avaliar o impacto do consumo de água no desempenho do sistema em termos de temperatura?	– Novo método para avaliar a temperatura da água do 1º ao 5º copo (200 ml) em função da temperatura ambiente e da pressão da rede – Novo método para avaliar a temperatura da água em uma jarra (1,0 e 1,5 litro) em função da temperatura ambiente e da pressão da rede
	Como avaliar o desempenho do novo conceito de dobradiça metálica?	– Novo método para avaliar a ocorrência de sudação na dobradiça em função da utilização do dispensador de água e em função da temperatura ambiente e da pressão da rede
	Como avaliar o atendimento aos requisitos reais encontrados nas residências para produto dotado de um sistema dispensador de água?	– Novo método para avaliar vazamentos à pressão mínima da rede – Novo método para avaliar o desempenho, em termos de vazão de saída, às baixas pressões da rede

(continua)

Quadro 29 – Problemas de projeto do Tipo I e seu desdobramento em termos de métodos (continuação)

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo I	Como avaliar o atendimento aos requisitos normativos vigentes para produto dotado de um sistema dispensador de água?	<ul style="list-style-type: none"> – Novo método, <i>Hydrostatic Burst Pressure</i>, para atender à NBR 14908 – Novo método, <i>Hydrostatic Hold Pressure</i>, para atender à NBR 14908 – Novo método, <i>Cycling Test</i>, para atender à NBR 14908
	Como verificar a qualidade funcional do novo produto com novo sistema de água na linha de produção?	<ul style="list-style-type: none"> – Novo método para verificar a estanqueidade do sistema de água – Novo método para verificar a vazão do sistema de água

Quadro 30 – Problemas de projeto do Tipo III e seu desdobramento em termos de métodos

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo III	Como avaliar preliminarmente o atendimento aos requisitos de utilização do tanque?	<ul style="list-style-type: none"> – Método existente com ajustes nos parâmetros do teste para avaliar a pressão de ruptura do tanque (somente nas fases iniciais do projeto) – Método existente com ajuste nos parâmetros do teste para avaliar o ponto frágil do sistema completo em termos de pressão (somente nas fases iniciais do projeto) – Método existente com ajuste nos parâmetros para avaliar a resistência à tração dos tubos aparentes conectados no sistema

(continua)

Quadro 30 – Problemas de projeto do Tipo III e seu desdobramento em termos de métodos (continuação)

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo III	Como avaliar a vida útil do acionador de água (<i>push button</i>)?	– Método existente com ajustes nos parâmetros do equipamento para avaliar a vida útil considerando maior duração do acionamento e a pressão exercida
	Como avaliar a durabilidade das conexões entre os tubos e a nova dobradiça?	– Método existente para avaliar o ciclo de vida de porta (abertura/fechamento) ajustado para avaliar as conexões da tubulação – Método existente ajustado para avaliar a durabilidade da nova dobradiça

Quadro 31 – Problemas de projeto do Tipo IV e seu desdobramento em termos de métodos

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo IV	Como avaliar a conformidade global do produto (métodos consolidados)?	– Aplicação de métodos consolidados para avaliar a adequação às normas e aos requisitos do cliente – Método consolidado para avaliar a taxa de abaixamento de temperatura – Método consolidado para determinar o consumo de energia – Método consolidado para avaliar a condensação externa – Método consolidado para avaliar a condensação interna – Método consolidado para avaliar as temperaturas de operação em regime às temperaturas ambiente de 10°C, 21,7 °C, 32 °C e 43 °C

(continua)

Quadro 31 – Problemas de projeto do Tipo IV e seu desdobramento em termos de métodos (continuação)

Classe de Problema	Problema de Projeto	Desdobramento em Métodos
Tipo IV	Como avaliar a conformidade global do produto (métodos consolidados)?	<ul style="list-style-type: none"> – Método consolidado para avaliar o atendimento aos requisitos de segurança internos – Método consolidado para avaliar o atendimento aos requisitos de segurança pela norma IEC 60335

4.3.3.4 Etapa 2.4 – Classificar a competência individual por tipo de aprendizagem

O objetivo desta etapa é classificar a competência dos indivíduos tendo como base a tipologia de problema vivenciado no projeto. Na Tabela 1 é contabilizado o número de vezes que cada indivíduo participou na formulação e/ou na operacionalização e teste de um método no Projeto Alfa. A contabilização da participação por indivíduo na resolução de cada problema de projeto foi realizada por meio da análise documental de relatórios de testes, registros de avaliação, mensagens de *e-mails* e atas de reunião. Observa-se que um mesmo indivíduo pode ter contribuído com níveis de competência distintos, conforme a complexidade do problema em análise pela equipe. A experiência da equipe varia entre 2 e 17 anos na organização.

Dos 11 indivíduos que tinham vivenciado mais problemas de projeto, apenas os indivíduos 4 e 8 participaram da resolução de problemas do Tipo IV (rotineiros). Nesse caso, o fator limitante foram a função e o setor de trabalho, que restringiram a atuação desses indivíduos no projeto. Todos os demais, relacionados aos problemas do Tipo I e do Tipo III, precisaram adquirir novos conhecimentos e/ou formular novos métodos. Portanto, são aqueles que adquiriram mais competência na execução desse projeto.

Tabela 1 – Matriz de classificação da competência individual em função do tipo de problema de projeto e sua correspondência ao tipo do aprendizado individual ocorrida no projeto

	(1) Proativo indutor	(3) Rotina evolutiva	(4) Rotina de reforço
	Problemas do Tipo I	Problemas do Tipo III	Problemas do Tipo IV
Indivíduo 1	2	2	0
Indivíduo 2	11	5	7
Indivíduo 3	12	6	0
Indivíduo 4	0	0	2
Indivíduo 5	1	0	0
Indivíduo 6	5	0	0
Indivíduo 7	3	6	0
Indivíduo 8	0	0	2
Indivíduo 9	1	0	5
Indivíduo 10	2	0	0
Indivíduo 11	2	0	0

A partir do total de 14 novos métodos formulados no projeto e dos 13 métodos existentes aplicados durante o desenvolvimento, pôde-se classificar o tipo de aprendizagem ocorrida no projeto. Para isso, utilizou-se a matriz apresentada no Quadro 9 que possibilitou avaliar se houve a aprendizagem, ou não, além do tipo e da quantidade por projeto executado.

4.3.3.5 Etapa 2.5 – Totalizar os métodos novos e velhos no projeto

O objetivo desta etapa é totalizar o número de novos métodos formulados e o número de métodos existentes utilizados com sucesso no projeto por tipo de aprendizagem. A Tabela 2 detalha as quantidades por tipo de aprendizagem ocorrido no desenvolvimento do novo refrigerador.

Tabela 2– Matriz de classificação do tipo de aprendizagem ocorrida no Projeto Alfa Sistema Dispensador de Água Eletrônico

Aprendizagem no Projeto				
Projeto	(1) PDP proativo	(2) Melhoria contínua do PDP	(3) PDP evolutivo	(4) Repetição de procedimentos do PDP
Projeto Alfa	14	0	6	7

4.3.3.6 Etapa 2.6 – Classificar a competência individual por tipo de aprendizagem

O objetivo desta etapa é classificar a competência individual conforme a tipologia de problema de projeto, por indivíduo, de toda a equipe de desenvolvimento da organização. Repetindo a sistemática da Etapa 2.1 à Etapa 2.4 para todos os projetos executados na empresa, obtém-se uma indicação da competência de toda a equipe de desenvolvimento da organização quanto à exposição aos tipos de problema de projeto (Tabela 3).

Tabela 3 – Matriz de classificação da competência individual de todos os membros da equipe de desenvolvimento da organização

	(1) Proativo Indutor	(2) Remodelagem Comportamental	(3) Rotina Evolutiva	(4) Rotina de Reforço
	Problemas do Tipo I	Problemas do Tipo II	Problemas do Tipo III	Problemas do Tipo IV
Indivíduo 1				
Indivíduo 2				
Indivíduo 3				
...				
Indivíduo n				

Esta etapa não foi executada, pois extrapola o escopo da pesquisa.

4.3.3.7 Etapa 2.7 – Classificar os projetos executados pela organização por tipo de aprendizagem

Esta etapa objetiva classificar a contribuição de todos os projetos executados pela organização conforme o tipo de aprendizagem (Tabela 4). Para isso, repete-se a sistemática da Etapa 2.1 à Etapa 2.5 para todos os projetos desenvolvidos. Dessa forma, pode-se obter um retrato da posição da organização em termos de criação ou aquisição de novos conhecimentos e de formulação de novos métodos a partir dos tipos de projeto executados.

Tabela 4 – Matriz de classificação dos projetos quanto à contribuição em termos de aprendizagem

Aprendizagem no Projeto				
Projeto	(1) PDP proativo	(2) Melhoria contínua do PDP	(3) PDP evolutivo	(4) Repetição de procedimentos do PDP
Projeto Alfa	14	0	6	7
Projeto Beta				
Projeto Gama				
...				
Projeto Ômega				

Da mesma forma que a Etapa 2.6, esta etapa não foi executada pois extrapola o escopo da pesquisa.

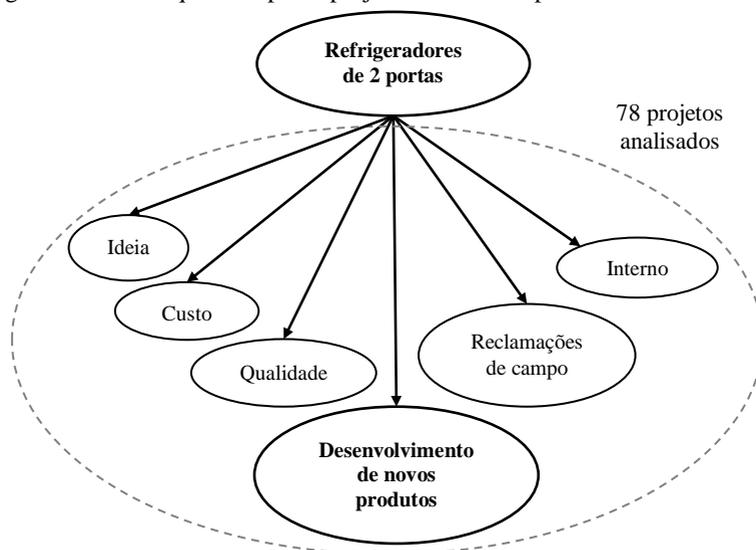
4.3.4 Macroetapa 3 – Desenvolvimento de novos produtos

O objetivo desta macroetapa é estabelecer uma sistemática para a gestão proativa do portfólio de projetos da organização.

Inicialmente, antes de avaliar o grau de balanceamento dos projetos executados na Etapa 3.1 (na seção 4.3.4.1), todos os 78 projetos pesquisados no intervalo de 5 anos foram categorizados (Figura 39) conforme a natureza e subdivididos nos seis grupos a seguir:

- a) desenvolvimento de novos produtos (DNP) – projetos que caracterizam um novo produto ou uma nova família. Contemplam modificações desde o âmbito estético até o desenvolvimento de uma nova plataforma;
- b) ideia – projetos que objetivam avaliar a viabilidade técnica de novos conceitos de produtos, sistemas ou componentes. São executados preliminarmente antes do desenvolvimento;
- c) custo – projetos que objetivam redução no custo do produto ou de uma família de produtos, sem que esteja caracterizado o desenvolvimento de um novo produto ou de uma nova família;
- d) reclamações de campo – projetos iniciados a partir de problemas identificados no campo. São projetos de ação corretiva;
- e) qualidade – projetos de melhoria de qualidade do produto ou de uma família de produtos sem caracterizar um novo produto ou família; e
- f) interno – projetos relacionados à melhoria de produtividade na manufatura, projetos que envolvam estratégia de suprimentos (como, por exemplo, a verticalização de componentes e o desenvolvimento de novos fornecedores) e projetos de padronização de componentes que envolvam uma família ou uma linha de produtos.

Figura 39 – Hierarquia do tipo de projeto selecionado para análise



A quantidade de projetos conforme a hierarquia da Figura 39 está estratificada na Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de projetos executados por categoria desenvolvidos no período relacionado aos refrigeradores de 2 portas

Categorias	Número de Projetos	Percentual (%)
Desenvolvimento de Novos Produtos	30	38,5
Ideia	3	3,8
Custo	19	24,4
Reclamação de Campo	12	15,4
Qualidade	5	6,4
Interno	9	11,5
Total	78	100%

A participação de projetos de DNP responde por aproximadamente 40% do total de 78 projetos executados. Dos 30 projetos de DNP, 8 são projetos em OEM (do inglês *Original Equipment Manufacturer*) fabricados no exterior (Tabela 6) e 22 são projetos desenvolvidos localmente, pela área de Tecnologia de Produtos de Refrigeração.

Os 22 projetos de DNP objetos de análise respondem por 90% a 95% de todos os projetos de refrigeradores de 2 portas executados localmente no período especificado. Os 22 projetos DNP são analisados na Etapa 3.1, a seguir.

Tabela 6 – Número de projetos desenvolvimentos internamente e por OEM

Desenvolvimento de Novos Produtos	Quantidade
Projetos desenvolvidos localmente	22
Projetos em OEM	8
Total	30

4.3.4.1 Etapa 3.1 – Avaliar o balanceamento dos projetos executados

O objetivo desta etapa é avaliar a contribuição à organização dos 22 projetos DNP desenvolvidos localmente quanto ao balanceamento em termos de tipo de aprendizagem. Para determinar se houve ou não a aprendizagem no projeto, foram utilizados os seguintes indicadores:

- a) número de novos princípios/conceitos aplicados no projeto (indicador de conhecimento);
- b) número de novos métodos/estratégias individuais criados individualmente, compartilhados no grupo de projeto e aplicados com sucesso no projeto (indicador de aprendizagem);
- c) número de novos métodos/estratégias trazidos para o grupo de projeto e aplicados com sucesso no projeto (indicador de aprendizagem); e

- d) número de novos métodos/estratégias criados no grupo de projeto e aplicados com sucesso no projeto (indicador de aprendizagem).

Esse procedimento foi aplicado para todos os 22 projetos executados pela organização. Com esse procedimento é possível avaliar o grau de balanceamento dos projetos (Tabela 7).

Tabela 7 – Classificação dos 22 projetos de desenvolvimentos de novos produtos de acordo com a contribuição quanto ao tipo de aprendizagem ocorrido no projeto

Projeto	País	Classe	Objetivo do Projeto	Aprendizagem Proativa	Aprendizagem Remodeladora	Projeto Evolutivo	Projeto Rotineiro	
1	Alfa	Brasil	<i>Mega</i>	<i>Market Share</i>	1	-	1	1
2	B	Chile	<i>Major</i>	Adequação ao cliente	-	-	-	1
3	C	Chile	<i>Minor</i>	Adequação ao cliente	-	-	-	1
4	D	Argentina	<i>Major</i>	Adequação ao cliente	-	-	-	1
5	E	Brasil	<i>Major</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
6	F	Brasil	<i>Minor</i>	Adequação ao cliente	-	-	-	1
7	G	Brasil	<i>Minor</i>	Aumentar a eficiência	-	-	-	1
8	H	Brasil	<i>Minor</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
9	I	Brasil	<i>Minor</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
10	J	Brasil	<i>Major</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
11	K	Europa	<i>Major</i>	Redução de custo	1	-	1	1
12	L	Europa	<i>Major</i>	Redução de custo	-	-	1	1
13	M	Europa	<i>Major</i>	Redução de custo	-	-	-	1
14	N	Brasil	<i>Minor</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
15	O	Brasil	<i>Minor</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
16	P	Brasil	<i>Mega</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1
17	Q	Europa	<i>Major</i>	<i>Market Share</i>	1	-	1	1
18	R	Europa	<i>Major</i>	<i>Market Share</i>	-	-	-	1

(continua)

Tabela 7 – Classificação dos 22 projetos de desenvolvimentos de novos produtos de acordo com a contribuição quanto ao tipo de aprendizagem ocorrido no projeto (continuação)

Projeto		País	Classe	Objetivo do Projeto	Aprendizagem Proativa	Aprendizagem Remodeladora	Projeto Evolutivo	Projeto Rotineiro
19	S	Brasil	Minor	Redução de custo	-	-	-	1
20	T	Brasil	Minor	Market Share	-	-	-	1
21	U	Brasil	Minor	Market Share	-	-	-	1
22	V	Europa	Major	Redução de custo	-	-	1	1
Total (projetos)					3	0	5	22

Em 17 dos 22 projetos, o que corresponde a 77,3%, ocorreu apenas a aplicação de métodos rotineiros, contemplando alteração de ordem estética. A Tabela 8 mostra a distribuição dos projetos por tipo de aprendizagem. Os resultados evidenciam que os projetos DNP geraram pouca aprendizagem no período analisado: apenas em 13,6% dos projetos ocorreu a aprendizagem. Em 22,7% dos casos os projetos incorporaram algum conhecimento novo, caracterizando-se como projetos evolutivos. O desenvolvimento de todos os 22 projetos fundamentou-se em métodos rotineiros.

Tabela 8 – Número de projetos e o percentual em relação ao tipo de aprendizagem

Tipo de Aprendizagem	Número de Projetos	Percentual (%)
Aprendizagem Proativa	3	13,6
Aprendizagem Remodeladora	0	0
Evolutivo	5	22,7
Rotina	22	100

A partir do retrato proporcionado pelos projetos do passado, pode-se ampliar o escopo da gestão do portfólio, de modo a executar uma nova função na operacionalização de uma estratégia de aprendizagem. Na seção a seguir são analisados dois novos conceitos de produto sob a perspectiva da aprendizagem.

4.3.4.2 Etapa 3.2 – Avaliar o grau de novidade do projeto para a organização e para o mercado

O objetivo desta etapa é avaliar o grau de novidade do projeto, do conceito ou do princípio de solução em relação ao grau de novidade para o mercado. Inicialmente, deve-se elaborar uma lista de projetos futuros do portfólio de projetos da organização.

Para esta pesquisa, foram selecionadas duas ideias de produto hipotéticas para avaliar o modelo conceitual proposto. O objetivo final (na Etapa 3.3) é analisar o potencial de gerar novas aprendizagens a partir de dois conceitos de produto:

- a) novo refrigerador de alta eficiência energética utilizando o isolamento com tecnologia a vácuo; e
- b) novo refrigerador com gabinete feito em plástico que permita a criação de um *design* mais criativo e original.

Os dois conceitos escolhidos não representam uma ruptura tecnológica à organização, de forma que abandone radicalmente sua base tecnológica. Dessa forma, parte-se do pressuposto de que ambos utilizem o princípio de refrigeração de compressão a vapor, um sistema composto de um compressor, dispositivo de expansão e trocador de calor interno e externo. Utilizando-se a estrutura da Tabela 4 como base, pode-se avaliar o grau de novidade dos novos conceitos em relação ao setor de atuação e outros setores. As informações relativas à novidade para a organização e para o setor de atuação estão consolidadas no Quadro 32.

Quadro 32 – Grau de novidade do conhecimento para a organização

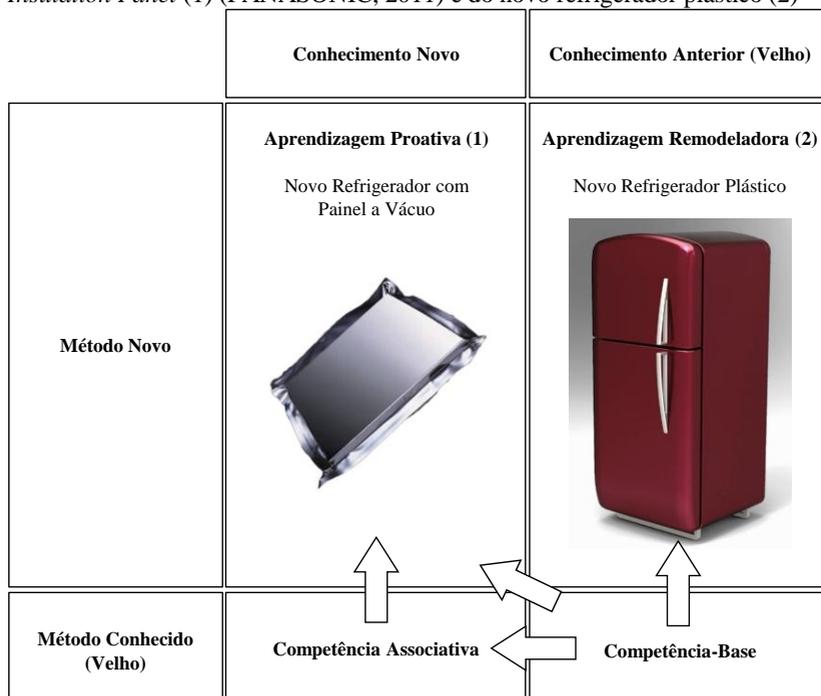
Parâmetro	Conceito nº 1 Novo Refrigerador de Alta Eficiência	Conceito nº 2 Novo Refrigerador Plástico de Alta Capacidade
Tipo de Projeto	– Aprendizagem proativa	– Aprendizagem remodeladora
Princípio de Solução	– Isolamento com tecnologia a vácuo	– Conformação de materiais plásticos
Qualificação do projeto	– Inovação evolutiva	– Novidade incremental
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> – O princípio de solução é novo para a empresa e também é desconhecido no setor de refrigeradores domésticos no Brasil – Refrigerador doméstico que utiliza este princípio de solução já é disponível em alguns países, por exemplo no Japão 	– O princípio de solução é dominado pela empresa e também pelos concorrentes

4.3.4.3 Etapa 3.3 – Avaliar o potencial de aprendizagem de novos projetos

O objetivo desta etapa é avaliar o potencial de aprendizagem do portfólio de projetos. Em relação à avaliação dos dois conceitos hipotéticos selecionados, a organização não possui nenhuma experiência anterior, nem mesmo um estudo prévio da utilização do princípio de solução com tecnologia a vácuo do conceito nº 1. O novo conceito de refrigerador tem o potencial de gerar novas aprendizagens, com a aplicação de um novo princípio de solução, o que se denominou de projeto de aprendizagem proativa (Figura 40).

Quanto ao conceito nº 2, a organização possui longa experiência no projeto e fabricação de componentes plásticos, mas não em gabinetes de refrigeradores de grande porte, com capacidades superiores a 350 litros. Esse novo conceito de refrigerador plástico, aqui denominado de projeto de aprendizagem remodeladora, possui o potencial de gerar novas aprendizagens a partir de conhecimentos já dominados, com potencial de ser desenvolvido um novo método que permita gerar novos conceitos de refrigeradores no futuro.

Figura 40 – Classificação do potencial de aprendizagem da tecnologia *Vacuum Insulation Panel* (1) (PANASONIC, 2011) e do novo refrigerador plástico (2)



Ambos os conceitos fundamentam-se em competências de projeto que permitam desenvolver e fabricar a base do produto, que sustenta os dois princípios de solução. A competência-base e a competência associativa da organização possibilitam projetar um refrigerador tradicional, mas não há experiência anterior com os dois conceitos que permita prever todos os problemas e especificidades inerentes a um projeto de produtos.

Uma alternativa para o princípio de solução ao conceito nº 1 é o *Vacuum Insulation Panel* (VIP) fabricado, entre outros, pela Panasonic. Trata-se de uma placa despressurizada e selada hermeticamente por um filme metalizado que cria internamente um vácuo parcial. A menor espessura equivalente do VIP em relação ao isolamento de poliuretano permite projetar um refrigerador com maior relação entre o volume interno e o volume externo. A maior vantagem da aplicação do VIP é a minimização da perda de calor por condução, aumentando a eficiência

energética, o que pode reduzir significativamente o consumo de energia elétrica de um refrigerador doméstico. O isolamento de poliuretano expandido utilizado pela organização possui a condutividade térmica média de 0,024 W/mK, enquanto no VIP pode chegar a 0,004 W/mK, dependendo dos valores de pressão e do material interno da placa que podem ser feitas de sílica ou fibra de vidro.

A partir da competência-base e da competência associativa da equipe de projetos, pode-se fazer uma predição sobre todos os possíveis desafios para as próximas fases do projeto. Alguns dos desafios possíveis estão listados no Quadro 33.

Quadro 33 – Predição quanto aos desafios para as próximas etapas preliminares do projeto

Desafios Iniciais do Projeto	
Conceito nº 1 Novo Refrigerador de Alta Eficiência	Conceito nº 2 Novo Refrigerador Plástico de Alta Capacidade
<ul style="list-style-type: none"> – Otimização da eficiência energética em função das dimensões do VIP (largura, espessura e espessura do isolamento) – Otimização das dimensões do refrigerador considerando as opções de tamanho dos VIP – Limites teóricos e práticos de consumo de energia possível de ser atingida com a nova tecnologia – Alternativas de concepção do refrigerador (relação entre altura, largura e profundidade) em função das dimensões do VIP – Projeto estrutural do gabinete considerando o novo componente – Desempenho em ambiente de alta umidade relativa considerando a espessura média do isolamento com a nova tecnologia (espaços criados entre os VIP) 	<ul style="list-style-type: none"> – Alternativas de concepção do gabinete plástico (peça única, composta ou mista) – Projeto estrutural do gabinete plástico considerando as alternativas de concepção – Avaliação de alternativas de solução do gabinete plástico – Critérios de decisão para escolher a melhor alternativa de solução – Otimização do desempenho do produto considerando a eficiência energética (consumo de energia/volume interno) e capacidade do produto (volume interno/volume externo)

Todos os possíveis desafios para as próximas fases do projeto são listados e decompostos em problemas de projeto e, depois, agrupados e categorizados em quatro classes de problemas de projeto, definidas no Quadro 12, para identificar o potencial de aprendizagem

dos novos conceitos propostos. O Quadro 34 e o Quadro 35 apresentam os potenciais para a aprendizagem dos conceitos 1 e 2 respectivamente.

Quadro 34 – Potencial de aprendizagem e de evolução a partir do conceito 1 nas etapas iniciais do projeto

Novo Refrigerador de Alta Eficiência	
Aprendizagem Proativa Problemas do Tipo I	Aprendizagem Remodeladora Problemas do Tipo II
<p>Novo método para dimensionar a carga térmica do refrigerador com VIP</p> <ul style="list-style-type: none"> – Como realizar o espaçamento entre os VIP de modo a minimizar a penetração de calor? – Como considerar a espessura do isolamento entre os espaços criados entre os VIP? – Como realizar o balanço entre os requisitos de desempenho e os requisitos estruturais? <p>Novo método para o projeto estrutural do gabinete com VIP</p> <ul style="list-style-type: none"> – Como espaçar os VIP de modo a não modificar a rigidez estrutural original do gabinete? – O gabinete requer novos elementos de reforço para adequar-se à estrutura do gabinete? 	<p>-</p>
Evolutivo Problemas do Tipo III	Rotina Problemas do Tipo IV
<p>Método existente com ajustes para avaliar as possíveis ocorrências de sudação no gabinete</p> <ul style="list-style-type: none"> – Como avaliar a ocorrência de sudação no gabinete? 	<p>Método usual para avaliar a estrutura do produto</p> <ul style="list-style-type: none"> – O novo produto atende às especificações de norma/projeto?

Quadro 35 – Potencial de aprendizagem e de evolução a partir do conceito 2 nas etapas iniciais do projeto

Novo Refrigerador Plástico de Alta Capacidade	
Aprendizagem Proativa Problemas do Tipo I -	Aprendizagem Remodeladora Problemas do Tipo II Novo método para a concepção estrutural do gabinete <ul style="list-style-type: none"> - Como conceber o novo refrigerador sem modificar as características estruturais do gabinete original? - Quais são os limites para a criação de novas formas considerando-se os requisitos estruturais de hoje? - O novo gabinete requer novos princípios de solução para adequar-se aos requisitos estruturais?
Evolutivo Problemas do Tipo III Método existente com ajustes para avaliar as possíveis ocorrências de sudação no gabinete <ul style="list-style-type: none"> - Como avaliar a ocorrência de sudação no gabinete? 	Rotina Problemas do Tipo IV Método usual para avaliar a estrutura do produto <ul style="list-style-type: none"> - O novo produto atende às especificações de norma/projeto? Método usual para avaliar o consumo de energia <ul style="list-style-type: none"> - Qual é o consumo de energia do produto?

4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO

Em relação à estrutura sistêmica das dimensões envolvidas na aprendizagem em projetos (Figura 14), observou-se que o sistema de trabalho em nível de grupo de projeto é perturbado por eventos externos ao grupo e ao ambiente organizacional. Tais mudanças externas como, por exemplo, o lançamento de um refrigerador mais eficiente pela concorrência, interferem no funcionamento da organização, levando-a a alterar as prioridades internas na utilização de recursos, como a disponibilidade dos recursos de laboratório, pressionando o grupo de projeto a assumir riscos não previstos inicialmente. A pressão externa

exercida sobre o grupo de projeto recai sobre o projetista, interferindo em suas capacidades cognitivas na execução de uma tarefa e na tomada de decisão.

Quanto às Macroetapas 1 e 2, pôde-se observar que a contribuição ao aprendizado em nível organizacional poderia ter sido maior, em virtude de 14 novos métodos formulados durante a execução do Projeto Alfa (Quadro 29). Constatou-se que vários métodos importantes que estabeleceram a direção do projeto e que determinaram a concepção final do produto ficaram restritos aos membros do grupo de projeto. Tais métodos encontram-se implícitos nos relatórios de testes, e apenas a posse desses relatórios não proporciona a compreensão do método, limitando sua utilização por outros indivíduos. Dessa forma, para que outros possam acessar os novos conhecimentos e métodos desenvolvidos nesse projeto, será necessário criar mecanismos de socialização envolvendo os membros do grupo. Neste estudo observa-se claramente uma lacuna entre o número de novos métodos gerados no grupo de projeto e o efetivamente consolidado em nível organizacional.

Em virtude da quantidade de novos métodos criados e de novos conhecimentos adquiridos e da importância que tais métodos e conhecimentos representam na organização, mereceriam um tratamento mais apropriado no sistema formal do PDP da empresa. Uma consolidação dos métodos e conhecimentos no sistema organizacional tornaria o desenvolvimento de um produto similar ou evolutivo, no futuro, menos dependente dos mecanismos de socialização. A excessiva dependência dos mecanismos de socialização torna o processo de desenvolvimento mais vulnerável, conforme a progressão do tempo, pois o sistema cognitivo humano está sujeito a falhas.

Com referência à matriz de classificação da competência individual (Tabela 1), a diferença encontrada no número de exposições aos métodos e no tipo do método (novo ou velho) deve-se à função do indivíduo no grupo de projeto. As funções mais operacionais, relacionadas com a operacionalização do método, tendem a ter menor número de participações na formulação de um novo método e menor contato com métodos de outras áreas disciplinares. Alguns indivíduos, como os indivíduos 4 e 8, somente tiveram contato com problemas do Tipo IV, classe de problemas que apenas reforça o conhecimento e o método disponível. Nesse caso, não representaram incremento na competência individual devido ao tempo de experiência profissional de ambos na mesma função. As funções de liderança e coordenação, por sua vez, tendem a ter maior número de vivência não somente em

número de métodos, mas também na variedade de métodos envolvendo áreas de conhecimento diferentes.

Uma análise da matriz de classificação do tipo de aprendizagem ocorrida no projeto (Tabela 2) mostra que o número de novos métodos formulados (PDP proativo) supera o número de métodos antigos utilizados (PDP evolutivo) para resolver os novos problemas. A constatação de que o comportamento anterior não seria o suficiente para resolver a nova classe de problemas levou o grupo a mudar o comportamento, buscando novos conhecimentos e novos métodos que não estavam disponíveis na organização. Em nível de grupo de projeto, pode-se afirmar que houve aumento na competência que capacita os indivíduos desse grupo a:

- a) reformular os métodos desenvolvidos no projeto, criando novos comportamentos (aprendizagem por remodelamento);
- b) melhorar a concepção do produto desenvolvido, incorporando novos conhecimentos à mesma base (adaptação evolutiva); e
- c) resolver os problemas de projeto do novo produto que, eventualmente, se manifestem após o lançamento no mercado (reforço comportamental).

Deve-se observar que o aumento da competência de alguns indivíduos da equipe de projeto devido à maior vivência em problemas do Tipo I favorece a resolução de futuros problemas derivados do mesmo projeto relacionado ao Tipo II (item “a”), Tipo III (item “b”) e Tipo IV (item “c”), com maior eficiência em relação aos demais membros da organização. Em particular, para esses mesmos indivíduos, os problemas do Tipo IV tendem a ser resolvidos de forma mais rápida, pois já passaram pelos estágios iniciais de processamento cognitivo. Os indivíduos externos à equipe de projeto, em função dessa lacuna de aprendizagem, por não terem a vivência no desenvolvimento desse novo produto, necessitam de maior tempo para resolver, por exemplo, o problema exposto no item “c”.

No diagnóstico realizado na Macroetapa 3, constatou-se o baixo número de projetos NPD que geraram aprendizado, apenas 3 dos 22 projetos executados (Tabela 7), e também igualmente em baixo número os projetos que representaram uma evolução, somente em 2 dos 22 projetos executados no intervalo de 5 anos. Esses números podem ser um indicador do baixo nível de concorrência, com poucos competidores atuando no setor, um mercado estável que não demanda necessidade alta de aprender. A introdução de melhorias com projetos DNP incrementais

e executados em nível de rotina, demandando resolução de problemas de projeto do Tipo I, pode ser o suficiente para que a organização continue a atuar no setor.

Nenhum dos projetos DNP executados no mesmo período enquadraram-se na categoria de aprendizagem remodeladora. Uma explicação para essa ausência pode estar na baixa flexibilidade do processo de desenvolvimento de produtos da organização; seu comportamento está condicionado a executar de forma automatizada os processos existentes. O baixo número de projetos, tanto de aprendizagem quanto de evolução, pode ser uma das evidências da falta de flexibilidade dos processos organizacionais. A alta concentração dos projetos DNP classificados exclusivamente como projetos rotineiros, em 17 dos 22 projetos (Tabela 7), é outra evidência. A aprendizagem por remodelamento requer uma percepção da própria competência, sendo mais fácil seguir pelo caminho da aprendizagem proativa, pois um novo conhecimento é um agregado mais evidente, que permite desenvolver novos comportamentos.

5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho bem como as sugestões para futuros trabalhos.

5.1 CONCLUSÕES

A aprendizagem que ocorre no ambiente de projetos, durante o desenvolvimento de um novo produto, pôde ser caracterizada a partir das operações cognitivas realizadas pelo projetista na resolução de problemas de projeto. Essa identificação possibilitou a proposição de uma estrutura para caracterizar a aprendizagem em nível individual, o que forneceu as bases para expandir a estrutura em nível de grupo de projeto e em nível organizacional. Adicionalmente, esta pesquisa auxiliou a esclarecer o conceito de “aprendizagem”, ao contribuir com uma definição mais precisa no escopo do PDP. Dessa forma, este trabalho demonstrou que aprendizagem pode ser caracterizada quando se formula um novo método e quando esse método é aplicado com sucesso, sendo o patamar que estabelece o início de uma mudança comportamental. Assim, a pergunta de pesquisa formulada foi respondida adequadamente.

O primeiro objetivo específico, “determinar os principais parâmetros cognitivos dos projetistas relacionados à aprendizagem”, foi alcançado na seção 2.2, nos fundamentos cognitivos da aprendizagem, em que são apresentadas as principais teorias associadas ao processo, e reforçado na seção 3.2.1, por meio do constructo que detalha as operações cognitivas do projetista na busca de uma solução. O constructo auxiliou a esclarecer o processo que leva ao acúmulo de experiências no projeto a partir do nível individual e como elas podem conduzir até a aprendizagem em nível organizacional, mais especificamente a aprendizagem entre os projetos. O desenvolvimento da estrutura para a caracterização do tipo de aprendizagem foi possível mediante a identificação das dimensões envolvidas nesse processo e o detalhamento de como essas dimensões interagem para gerar aprendizagem. Dessa forma, o segundo objetivo específico, “caracterizar os tipos de aprendizagem que ocorrem em nível individual, de grupo de projeto e organizacional”, foi alcançado no detalhamento do modelo conceitual na seção 3.3.1 e consolidado na aplicação do modelo, na seção 4.3.2.3, em que a aprendizagem foi classificada nos três níveis.

Nesse contexto, o terceiro objetivo específico, “identificar os indicadores de ocorrência de aprendizagem no processo de desenvolvimento de produtos”, foi alcançado na seção 3.3.1, ao definirem-se os indicadores de nível de conhecimento e os indicadores de alteração em nível comportamental em termos de formulação de método. Esse objetivo específico foi consolidado na aplicação do modelo, nas seções 4.3.2.1 e 4.3.2.3.

Este trabalho também evidenciou as relações entre competência e aprendizagem. Competência e aprendizagem são dois conceitos interdependentes, pois ambos dependem do sistema cognitivo para produzir resultado. A aprendizagem gera maior competência ao indivíduo, ao incorporar novos comportamentos em sua estrutura cognitiva, e oferece maiores possibilidades de criar novos conceitos. Da mesma forma, a competência gera maior capacidade de aprendizagem, ao mobilizar as aprendizagens anteriores na estrutura cognitiva, e aumenta as possibilidades de reorganizar e de gerar novas aprendizagens.

Aumentar a competência implica uma exposição gradativa da equipe de desenvolvimento a novos desafios em termos de aquisição/criação de novos conhecimentos e à formulação de novos métodos que modifiquem seu modo de agir. Nesse sentido, os fundamentos da aprendizagem apresentados neste trabalho sustentam a nova abordagem em termos de tipologia de problemas de projeto e de matriz de classificação da competência. Dessa forma, a estrutura para classificação da competência possibilita planejar o desenvolvimento da competência dos indivíduos que compõem a equipe de PDP da organização em função das lacunas identificadas na matriz de classificação. Ao mesmo tempo, a identificação dos tipos de problemas de projeto, que possui correlação com o grau de dificuldade cognitiva estabelecido pela novidade em termos de conhecimento-método, possibilita direcionar o tipo de problema para desenvolver as competências individuais dos projetistas.

Os projetos que apresentam maior diversidade tecnológica, que requeiram um novo conhecimento à organização, são os que oferecem maiores oportunidades à equipe de aprender com sua execução. Dessa forma, um projeto que contemple um novo sistema oferece maiores possibilidades de desenvolver a competência dos membros da equipe, preparando-os para a inovação. A matriz de classificação do tipo de aprendizagem dos projetos executados, coletados em nível de grupo de projeto, permite que se avalie o grau de balanceamento dos tipos de projetos executados pela organização. Uma concentração excessiva em projetos que possuem problemas do Tipo IV, que apenas reforçam um

comportamento de rotina, pode indicar uma tendência estratégica no sentido de uma acomodação.

O quarto e o último objetivo específico, “estabelecer relações entre a aprendizagem, competência e desenvolvimento de novos produtos”, foi alcançado no início do Capítulo 3, mediante a apresentação do modelo conceitual, na seção 3.1, consolidado na aplicação das etapas do modelo, nas seções 4.3.2, 4.3.3 e 4.3.4. O modelo conceitual de gestão proativa do portfólio auxiliou a esclarecer como a aprendizagem relaciona-se com o desenvolvimento da competência e como a gestão de projetos pode contribuir para gerar a aprendizagem no DNP. O trabalho mostrou que o desenvolvimento de novos produtos depende de uma competência que é construída por meio da aprendizagem, e os projetos selecionados desempenham a função de agente para gerar novas aprendizagens. Nesse sentido, a gestão do portfólio pode executar uma função proativa na seleção e manutenção dos projetos que geram a aprendizagem.

Além disso, o estudo mostrou as dificuldades de fazer-se uma predição mais precisa em termos de aprendizagem para as fases mais avançadas do projeto. A complexidade na percepção das dependências entre o novo princípio de solução com outros sistemas e a dinâmica das alterações ao longo do processo torna difícil de prever precisamente quais conhecimentos serão necessários nas fases seguintes, o que limita o horizonte de predição do potencial de aprendizagem. Nos projetos de aprendizagem, a dinâmica e as incertezas do projeto podem requerer o uso de novos conhecimentos, o que pode levar a formularem-se novos métodos, desencadeando novas aprendizagens.

A principal contribuição teórica deste trabalho, o constructo das operações cognitivas do projetista, possibilitou a identificação dos tipos de aprendizagem no processo de desenvolvimento de produto. Desse modo, o constructo mostrou como as tarefas executadas no âmbito do projeto, em nível de resolução de problemas de projeto, podem gerar a aprendizagem em nível organizacional. Em termos organizacionais, com a identificação dos tipos de aprendizagem, ao mesmo tempo em que se torna possível realizar um diagnóstico da organização e da equipe de projeto quanto à capacidade de gerar novas aprendizagens, é possível também realizar o planejamento da competência de toda a equipe com o objetivo de tornar-se uma organização cada vez mais inovadora.

Por fim, esta pesquisa contribuiu para diminuir a lacuna de conhecimento, para o melhor entendimento sobre o como ocorre a aprendizagem e, também, quanto a uma definição mais precisa desse termo no contexto de desenvolvimento de produto: a aprendizagem

ocorre quando se formula um novo método e esse método é aplicado com sucesso na resolução de um problema de projeto. A pesquisa aprofundada, realizada no ambiente real de projetos, permitiu esclarecer um processo que se inicia a partir da percepção de um novo desafio de projeto, a ocorrência de aprendizagem individual, a transição para o grupo de projeto e, no final, a formalização em nível organizacional.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As contribuições teóricas realizadas pela pesquisa permitiram identificar novas possibilidades relacionadas à aprendizagem em projetos.

A estrutura para caracterizar a aprendizagem e o constructo das operações cognitivas em nível individual abrem novas perspectivas para pesquisas relacionadas à utilização da metodologia de Raciocínio Baseado em Casos em projetos como: (a) uma ferramenta auxiliar para a transferência de conhecimento procedural na resolução de problemas entre os projetos; e (b) determinar sua eficiência para gerar novas aprendizagens.

A segunda sugestão é quanto a pesquisarem-se os erros cognitivos associados à tipologia de problemas de projeto que ocorrem durante o desenvolvimento de novos produtos. A identificação dos erros cognitivos mais frequentes que ocorrem durante o projeto, correlacionados ao tipo de aprendizagem, poderá auxiliar na construção de novos sistemas de trabalho mais robustos e mais produtivos.

6 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. I.; SILVINO, A. M. D.; SARMET, M. M. Ergonomia, cognição e trabalho informatizado. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 21, n. 2, p. 163-171, Mai/Ago. 2005.

ADAMS, M. E.; DAY, G. S.; DOUGHERTY, D. Enhancing new product development performance: an organizational learning perspective. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 15, p. 403-422, 1998.

ANBARI, F. T.; CARAYANNIS, E. G.; VOETSCH, R. J. Post-project reviews as a key project management competence. **Technovation**, v. 28, p. 633-643, 2008.

ARGOTE, L.; McEVILY, B.; REAGANS, R. Managing knowledge in organizations: an integrative framework and review of emerging themes. **Management Science**, v. 49, n. 4, 2003.

ARGOTE, L.; MIRON-SPEKTOR, E. Organizational learning: from experience to knowledge. **Organization Science**, v. 22, n. 5, p. 1123-1137, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14908**: Aparelho para melhoria da qualidade da água para uso doméstico: aparelho por pressão. Rio de Janeiro, 2004.

ANDERSON, J. R. **The architecture of cognition**. New York: Psychology Press, 1996. 345 p.

ANDERSON, J. R. **Psicologia cognitiva**: e suas implicações experimentais. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 320 p.

ANDERSON, J. R. **Aprendizagem e memória**: uma abordagem integrada. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 327 p.

ARGYRIS, C. **On organizational learning**. Malden, MA: Blackwell Publishing, 1999. 464 p.

- ARGYRIS, C.; SCHÖN, D. A. **Organizational learning II: theory, method, and practice**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1996. 305 p.
- AYAS, K. Professional project management: a shift towards learning and a knowledge creating structure. **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 3, p. 131-136, June 1996.
- AYAS, K. Integrating corporate learning with project management. **International Journal Production Economics**, v. 51, p. 59-67, Aug. 1997.
- BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008. 601 p.
- BADDELEY, A. **Human memory: theory and practice**. East Sussex: Psychology Press, 1997. 423 p.
- BADDELEY, A. **Working memory, thought, and action**. New York: Oxford University Press, 2007. 412 p.
- BRESMAN, P. H. M. **Learning strategies and performance in organizational teams**. 103 f. Tese (Doctor of Philosophy) – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1721.1/28830>>. Acesso em: 2 jun. 2008.
- BSTIELER, L.; HEMMERT, M. Increasing Learning and time efficiency in interorganizational new product development teams. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 27, p. 485-499, 2010.
- CAÑAS, J.; WAERNS, Y. **Ergonomía cognitiva: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información**. Madrid: Panamericana, 2001. 251 p.
- CARAYANNIS, E. G. Fostering synergies between information technology and managerial and organizational cognition: the role of knowledge management. **Technovation**, v. 19, p. 219-231, 1999.
- CARNONARA, N.; SCOZZI, B. Cognitive maps to analyze new product development processes: a case study. **Technovation**, v. 26, p. 1233-1243, 2006.

CASPER, S.; WHITLEY, R. Managing competences in entrepreneurial technology firms: a comparative institutional analysis of Germany, Sweden and the UK. **Research Policy**, v. 33, p. 89-106, 2004.

CHEN, S. Task partitioning in new product development teams: a knowledge and learning perspective. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 22, p. 291-314, 2005.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1991. 350 p.

COOPER, L. P. Converting project team experience to organizational learning: a case study. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 40., Waikoloa. **Proceedings...** Waikoloa, 2007.

COOPER, R. G. **Winning at new products: accelerating the process from idea to launch**. Massachusetts: Perseus Books, 2001. 416 p.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. New product portfolio management: practices and performance. **Journal of Product Innovation Management**, v. 16, p. 333-351, 1999.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHMIDT, E. J. **Portfolio management for new products**. Cambridge: Basic Books, 2001. 382 p.

DARSES, F.; DÉTIENNE, F.; VISSER, W. As atividades de concepção e sua assistência. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 155-173. 640 p.

DARSES, F.; FALZON, P.; MUNDUTEGUY, C. Paradigmas e modelos para a análise cognitiva das atividades finalizadas. In: FALZON, P. (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 155-173. 640 p.

DAVIES, A.; BRADY, T. Organisational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions. **Research Policy**, v. 29, p. 931-953, 2000.

DEWEY, J. **Experience & education**. New York, NY: Touchstone, 1938. 92 p.

DUARTE, D.; SNYDER, N. From experience: facilitating global organizational learning in product development at Whirlpool Corporation. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 14, n. 1, p. 48-55, Jan. 1997.

EASTERBY-SMITH, M.; ARAUJO, L. Aprendizagem organizacional: oportunidades e debates. In: EASTERBY-SMITH, M.; BURGOYNE, J.; ARAUJO, L. (Ed.). **Aprendizagem organizacional e organização de aprendizagem: desenvolvimento na teoria e na prática**. São Paulo: Atlas, 2001. p. 15-38 301 p.

EDER, W. E.; HOSNEDL, S. **Design engineering: a manual for enhanced creativity**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2007. 632 p.

EDER, W. E.; HOSNEDL, S. **Introduction to design engineering: systematic creativity and management**. London, UK: CRC Press, 2010. 432 p.

EDMONDSON, A. C.; NEMBHARD, I. M. Product development and learning in project teams: the challenges are the benefits. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 26, p. 123-138, 2009.

ENDSLEY, M. R. et al. Cognitive engineering and decision making: an overview and future course. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, v. 1, n. 1, p. 1-21, Spring 2007.

ENDSLEY, M. R. Theoretical underpinnings of situation awareness: a critical review. In: ENDSLEY, M. R.; GARLAND, D. J. (Ed.). **Situation awareness: analysis and measurement**. Mahwah, NJ: CRC Press, 2000. 408 p.

ERDEN, Z.; VON KROGH, G.; NONAKA, I. The quality of group tacit knowledge. **Journal of Strategic Information Systems**, v. 17, p. 4-18, 2008.

FALZON, P. Natureza, objetivo e conhecimentos da ergonomia: elementos de uma análise cognitiva da prática. In: _____. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 3-19. 640 p.

FIOL, C. M.; LYLES, M. A. Organizational learning. **Academy of Management Review**, v. 10, n. 4, p. 803-813, 1985.

GARVIN, D. A. Construindo a organização que aprende. In: _____. **Gestão do conhecimento**. Harvard Business Review, Rio de Janeiro: Campus, 2001. 205 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991. 159 p.

GOFFIN, K.; KONERS, U. Tacit knowledge, lessons learnt, and new product development. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 28, p. 300-318, 2011.

GOFFIN, K. et al. Managing lessons learned and tacit knowledge in new product development. **Research Technology Management**, v. 53, n. 4, p. 39-51, 2010.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Dynamic manufacturing: creating the learning organization**. New York: The Free Press, 1988. 429 p.

HENTONEN, K. Exploring social networks on the team level: a review of the empirical literature. **Journal of Engineering Technology Management**, v. 27, p. 74-109, 2010.

HIRUNYAWIPADA, T.; BEYERLEIN, M.; BLANKSON, C. Cross-functional integration as a knowledge transformation mechanism: implications for new product development. **Industrial Marketing Management**, v. 39, p. 650-660, 2010.

HOBDAY, M. The project-based organization: an ideal form for managing complex products and systems? **Research Policy**, v. 29, p. 871-893, 2000.

HUBER, G. P. Organizational learning: the contributing process and the literature. **Organization Science**, v. 2, n. 1, p. 88-115, 1991.

HUBKA, V.; EDER, W. E. **Design science: introduction to the needs, scope and organization of organization of engineering design knowledge**. London: Springer Verlag, 1996. 251 p.

HULL, C. E.; COVIN, J. G. Learning capability, technological parity, and innovation mode use. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 27, p. 97-114, 2009.

IBERT, O. Projects and firms as discordant complements: organizational learning in the Munich software ecology. **Research Policy**, v. 33, p. 1529-1546, 2004.

INTERNATIONAL STANDARD. **IEC 60335-1**: Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements. 2006.

JENSEN, M. B. et al. Forms of knowledge and modes of innovation. **Research Policy**, v. 36, p. 680-693, 2007.

KIM, D. H. **A framework and methodology for linking individual and organizational learning: applications in TQM and product development**. 421 f. Tese (Doctor of Philosophy) – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1993a. Disponível em: <<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/12657>>. Acesso em: 12 set. 2008.

KIM, D. H. The link between individual and organizational learning. **Sloan Management Review**, v. 34, n. 1, p. 37-50, 1993b.

KLEINSMANN, M.; VALKENBURG, R. Learning from collaborative new product development projects. **Journal of Workplace Learning**, v. 17, n. 3, 2005.

KNUDSEN, M. P. The relative importance of interfirm relationships and knowledge transfer for new product development success. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 24, p. 117-138, 2007.

KOLB, D. A. A gestão e o processo de aprendizagem. In: STARKEY, K. **Como as organizações aprendem**: relato do sucesso das grandes empresas. São Paulo: Futura, 1997. p. 321-341. 484 p.

KONERS, U.; GOFFIN, K. Learning from postproject reviews: a cross-case analysis. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 24, n. 3, p. 242-258, 2007.

- LENFLE, S.; BALDWIN, C. Y. From manufacturing to design: an essay on the work of Kim B. Clark. **Working Paper 07-057**, Harvard Business School. Disponível em: <<http://www.people.hbs.edu/cbaldwin/>>. Acesso em: 20 jul. 2007.
- LEHRER, K.; CORNMAN, J. W.; PAPPAS, G. S. **Philosophical problems and arguments**: an introduction. New York: Macmillan Publishing, 1983. p. 42-44. Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/crenca.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2007.
- LEPLAT, J.; MONTMOLLIN, M. D. As relações de vizinhança da ergonomia com outras disciplinas. In: FALZON, P. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. p. 33-44. 640 p.
- LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**. São Paulo: Editora 34, 1993. 205 p.
- LEVITT, B.; MARCH, J. G. Organizational learning. **Annual Review of Sociology**, v. 14, p. 319-340, 1988.
- LOIOLA, E.; BASTOS, A. V. B. A produção acadêmica sobre aprendizagem organizacional no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 7, n. 3, p. 181-201, 2003.
- MARCONDES, D. **Iniciação à historia da filosofia**: dos pré-socráticos a Wittgenstein. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001. 298 p.
- MARMARAS, N.; PAVARD, B. Problem-driven approach to the design of information technology systems supporting complex cognitive task. **Cognition, Technology & Work**, v. 1, p. 222-236, 1999.
- MICHAEL, S. C.; PALANDJIAN, T. P. Organizational learning and new product introductions. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 21, p. 268-276, 2004.
- MINTZBERG, H. **Criando organizações eficazes**: estruturas em cinco configurações. São Paulo: Atlas, 2003.
- MULHOLLAND, P.; IVERGARD, T.; KIRK, S. Introduction: contemporary perspectives on learning for work. **Applied Ergonomics**, v. 36, n. 2, p. 125-126, Mar. 2005.

NADLER, D. A.; GERSTEIN, M. S. Projetos de sistemas de trabalho de alto desempenho: como organizar pessoal, trabalho, tecnologia e informação. In: NADLER, D. A. et al. (Org.). **Arquitetura organizacional: a chave para a mudança empresarial**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 95-114. 265 p.

NEVIS, E. C.; DIBELLA, A. J.; GOULD, J. M. Understanding organizations as learning systems. **Sloan Management Review**, v. 36, n. 2, p. 88-99, 1996.

NONAKA, I. The knowledge-creating company. **Harvard Business Review**, v. 6, p. 96-104, 1991.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 358 p.

NONAKA, I. et al. Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. **Long Range Planning**, v. 33, n. 5, p. 5-34, 2000.

PANASONIC. **Vacuum insulation panel**. Disponível em: <<https://panasonic.ca/english/vacuumpanels/vip.asp>>. Acesso em: 20 out. 2011.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 412 p.

POLLACK, J. The changing paradigms of project management. **International Journal of Project Management**, v. 25, p. 266-274, 2008.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2002. 296 p.

PRANGE, C. Aprendizagem organizacional: desesperadamente em busca de teorias? In: EASTERBY-SMITH, M.; BURGOYNE, J.; ARAUJO, L. (Org.). **Aprendizagem organizacional e organização de aprendizagem: desenvolvimento na teoria e na prática**. São Paulo: Atlas, 2001. p. 41-63. 301 p.

- PRENCIPE, A.; TELL, F. Inter-project learning: processes and outcomes on knowledge codification in project-based firms. **Research Policy**, v. 30, p. 1373-1394, 2001.
- PRETZ, J. E.; NAPLES, A. J.; STERNBERG, R. J. Recognizing, defining, and representing problems. In: DAVIDSON, J. E.; STERNBERG, R. J. (Ed.) **The psychology of problem solving**. New York: Cambridge University Press, 2003. 406 p.
- QUINTANA-GARCÍA, C.; BENAVIDES-VELASCO, C. A. Innovative competence, exploration and exploitation: the influence of technological diversification. **Research Policy**, v. 37, p. 492-507, 2008.
- REASON, J. **Human error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 316 p.
- REAGANS, R.; ARGOTE, L.; BROOKS, D. Individual experience and experience working together: predicting learning rates from knowing who knows what and knowing how to work together. **Management Science**, v. 51, n. 6, p. 869-881, 2005.
- REPOVS, G.; BADDELEY, A. The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. **Neuroscience**, v. 139, p. 5-21, 2006.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2005. 542 p.
- RUAS, R.; ANTONELLO, C. S. Repensando os referenciais analíticos em aprendizagem organizacional: uma alternativa para análise multidimensional. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 7, n. 3, p. 203-212, 2003.
- RUY, M.; ALLIPRANDINI, D. H. Organizational learning in the context of product development management. **Product: Management & Development**, v. 3, n. 2, 2005.
- SCHMIDT, J. B.; SARANGEE, K. R.; MONTOYA, M. M. Exploring new product development project review practices. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 26, p. 520-535, 2009.

SILVA, S. L.; ROZENFELD, H. Modelo de avaliação da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento do produto: aplicação em um estudo de caso. **Revista Produção**, v. 13, n. 2, p. 6-19, 2003.

SILVINO, A. M. D.; ABRAHÃO, J. I. Navegabilidade e inclusão digital: usabilidade e competência. **RAE-Eletrônica**, v. 2, n. 2, 2003. Disponível em <<http://www.rae.com.br/electronica/index.cfm?FuseAction=Artigo&ID=1808&Secao=CIENCIA&Volume=2&Numero=2&Ano=2003>>. Acesso em: 12 jun. 2007.

SCHINDLER, M.; EPPLER, M. J. Harvesting project knowledge: a review of project learning methods and success factors. **International Journal of Project Management**, v. 21, n. 3, p. 219-228, 2003.

SENGE, P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. Rio de Janeiro: Best Seller, 2008.

SHAW, R. B.; PERKINS, D. N. T. Ensinar as organizações a aprender: o poder dos fracassos produtivos. In: NADLER, D. A.; GERSTEIN, M. S.; SHAW, R. B. (Org.). **Arquitetura organizacional: a chave para a mudança empresarial**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 157-172. 265 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, Laboratório de Ensino a Distância, 2001.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 494 p.

TATIKONDA, M. V.; MONTROYA-WEISS, M. M. Integrating operations and marketing perspectives of product innovation: the influence of organizational process factors and capabilities on development performance. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 151-172, 2001.

THOMKE, S.; FUJIMOTO, T. The effect of “front-loading” problem-solving on product development performance. **The Journal of Product Innovation Management**, v. 17, p. 128-142, 2000.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. New York: McGraw Hill/Irwin, 2007. 368 p.

VACCARO, A.; VELOSO, F.; BRUSONIC, S. The impact of virtual technologies on knowledge-based processes: an empirical study. **Research Policy**, v. 38, p. 1278-1287, 2009.

VEMURI, S. **Personal long-term memory aids**. 132 f. Tese (PhD in Media Arts and Sciences) – Program in Media Arts and Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2005. Disponível em: <<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/30242>>. Acesso em: 27 fev. 2009.

VISSER, W. Use of episodic knowledge and information in design problem solving. **Design Studies**, v. 16, p. 171-187, 1995.

VISSER, W. **The cognitive artifacts of designing**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. 264 p.

VON HIPPEL, E.; TYRE, M. J. How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment. **Research Policy**, v. 24, p. 1-12, 1995.

WEILL-FASSINA, A. L'Analyse des aspects cognitifs du travail. In: DADOY, M. et al. (Org.). **Les analyses du travail**. Enjeux et formes. Paris: Cereq, 1990, p. 193-198. Tradução para o português de Mário César Ferreira.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development**: quantum leaps in speed, efficiency and quality. New York: The Free Press, 1992. 370 p.

WILLIAMS, T. Identifying the hard lessons from projects: easily. **International Journal of Project Management**, v. 22, p. 273-279, 2004.

WILLIAMS, T. How do organizations learn lessons from projects: and do they? **Transactions on Engineering Management**, v. 55, n. 2, p. 24-266, 2008.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.