LEONARDO G. OLIVEIRA GOMES

IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO POR MEIO DE MODELAGEM CONCEITUAL E MAPEAMENTO INFORMACIONAL

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura UFMG
Julho de 2013

LEONARDO G. OLIVEIRA GOMES

IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO POR MEIO DE MODELAGEM CONCEITUAL E MAPEAMENTO INFORMACIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Orientadora:
Professora Doutora Andréa Franco Pereira
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura UFMG
Julho de 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

G633i

Gomes, Leonardo Geraldo Oliveira.
A identificação de pontos de controle no desenvolvimento de produto por meio de modelagem conceitual e mapeamento informacional [manuscrito] / Leonardo Geraldo Oliveira Gomes. - 2013.
136f. : il.

Orientadora: Andréa Franco Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Desenho industrial - Teses. 2. Administração de produto. 3. Engenharia de produção. I. Pereira, Andréa Franco. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 745.2

LEONARDO GERALDO DE OLIVEIRA GOMES

"Identificação de pontos de controle no desenvolvimento de produto por meio de modelagem conceitual e mapeamento informacional"

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Adriana Ferreira de Faria (Universidade Federal de Viçosa)

Profa. Dra. Andréa Franco Pereira (EAUFMG - orientadora)

Prof. Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo (EAUFMG)

Belo Horizonte, 10 de junho de 2013

DEDICATÓRIA

À Maria Luiza Dias Viana, minha esposa e minha mais importante referência, à Artur, meu filho, minha maior alegria e melhor amigo, à Enir, minha mãe, por seu exemplo de humanidade e amor que sempre marcou e marca meus caminhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Andrea Franco Pereira, primeiramente pela inspiração e por despertar meu interesse para tão fascinante assunto e depois pela ajuda, confiança e muita paciência.

Agradeço ao Prof. Dr. Eduardo Cabaleiro pela ajuda, pela troca de experiência e principalmente pela confiança demonstrada.

Agradeço a tia Maria de Marilac, Tia Ula, Dudú, Miguel, Evandro, tia Tata, tia Anete e a todos os outros de minha família pelo eterno apoio, incentivo e ajuda.

Agradeço a vó Lulu e a todos de sua família pelo apoio e ajuda.

Agradeço aos professores e amigos Laura Cota, Marcelo Pinto e Márcio Miguel Pinto Junior pelo apoio, incentivo e por me mostrarem que a verdadeira amizade é mais forte que qualquer coisa.

A simplificação impõe disjuntar e reduzir. A complexidade ordena juntar e distinguir.

Jean Le Moigne

Para dar sentido a um sistema complicado podemos simplifica-lo até descobrir a sua inteligibilidade (explicação), mas para um dar sentido a um sistema complexo só podemos modelá-lo para construir sua inteligibilidade (compreensão).

Jean Le Moigne

É necessária uma massa crítica de agentes para se produzir registros confiáveis do estado global de um sistema. Somente pela observação de todo o sistema em ação é que o comportamento global se manifesta.

S. Johnson

RESUMO

Sob uma perspectiva interdisciplinar, o presente trabalho tem como objetivo propor adoção de práticas, da Ciências da Informação, de modelagem conceitual e mapeamento informacional para identificação de pontos de controle que possibilitem um melhor entendimento da complexidade envolvida no ciclo de vida de um produto. Este entendimento torna-se imprescindível quando, focados em uma produção e uso de menor impacto ambiental, somos obrigados a gerenciar sistemas produtivos cada vez mais integrados e multidisciplinares. A informação gerada e processada ao longo do ciclo torna-se o principal atributo comum e entender seu conteúdo propicia a identificação de pontos, onde tomadas de decisão relativas a processos de transformações de materiais, balanços energéticos e controle de emissões e uso, podem indicar práticas produtivas mais sustentáveis. A partir de revisão bibliográfica sobre sistemas produtivos e complexidade, metodologias de gerenciamento e dos procedimentos de modelagem conceitual foram geradas premissas e a partir delas, identificados pontos com potenciais de controle. Isto possibilitou a geração de mapas de conceitos, fluxogramas e diagramas que resultaram em metodologia de controle para a fase de desenvolvimento de produto. Tal metodologia foi aplicada no desenvolvimento de um produto industrial. Utilizando os conceitos, pontos e mapas indicados, os resultados obtidos possibilitaram a apresentação de um modelo que demonstrou a viabilidade do uso e a importância do mapeamento conceitual no gerenciamento do desenvolvimento de um produto. A prática possibilitou uma visão mais abrangente da complexidade envolvida em todo ciclo propiciando a antecipação de decisões e escolhas por processos e práticas que promovam a sustentabilidade. Soma-se a isso a possibilidade do aumento da eficiência nos projetos para os designers, arquitetos, engenheiros e outros atores envolvidos no desenvolvimento de produtos e ambientes construídos.

Palavras chave: sistemas, complexidade, gerenciamento, ciclo de vida, modelagem conceitual, desenvolvimento de produto.

ABSTRACT

This paper to propose adoption of practices of conceptual modeling and informational mapping with the objectives for identification of control points that that can improve a better understanding of the complexity involved in the life cycle of a product. This understanding becomes essential when, focused on low environmental impact to production and use of products, required to manage systems increasingly integrated and multidisciplinary. The information generated and processed through the cycle becomes as the primary common attribute. Understand its contents permits the identification of points where the decision-making processes as transformations of materials, energy balances and emissions control and use, may indicate the adoption of more sustainable production practices. From a literature review about production systems and their complexity, lifecycle management methodologies and conceptual modeling procedures, assumptions were generated and potential control points were identified, allowing the generation of concept maps, flowcharts and diagrams that resulted in control methodology for product development phase. Such methodology has been applied in the development of an industrial product. Were used concepts, maps and points indicated in the methodology and the results were present a model that demonstrates the possibility and importance of use of conceptual mapping to manage the development cycle of a product. This practice allows for a more comprehensive view of the complexity involved in the whole cycle allowed an anticipation of the decisions and choices about processes and practices that promote sustainability in developments more efficiently for designers, architects, engineers and other actors involved in product development and built environments.

Keywords: systems, complexity, management, life cycle, conceptual modeling, development, product.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	SISTEMAS, SISTEMAS PRODUTIVOS E COMPLEXIDADE	28
2.1	Os sistemas e suas teorias	28
2.2	O sistema produtivo	34
2.2.1	A complexidade do sistema produtivo	36
2.3	O gerenciamento do desenvolvimento de produto (GDP)	39
2.4	O gerenciamento da cadeia produtiva	46
3	A MODELAGEM CONCEITUAL E AS FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO: Um estudo exploratório do caso do Absorvedor Sonoro	50
3.1	A modelagem conceitual	50
3.2	Os objetos e a modelagem do mundo	51
3.2.1	A Modelagem Orientada a Objeto (MOO)	52
3.2.2	As ferramentas UML (*Unified Modeling Language*)	54
3.2.2.1	Diagrama UML de Caso de Uso	56
3.2.2.2	Diagrama UML de Atividade	57
3.3	A abstração dos conceitos da modelagem para gerenciamento do ciclo de vida de produto: o absorvedor sonoro	57
4	METODOLOGIA PROPOSTA	67
4.1	A elaboração das premissas	67
4.2	Os pontos de controle, as classes e os parâmetros.	71
5	A ANÁLISE DE REQUISITOS	82
5.1	A identificação e especificação de requisitos	82
5.2	Os requisitos básicos	83
5.2.1	Classe Informação	84
5.2.2	Classe Sistemas	86
5.2.3	Classe Objetos	88
5.2.4	Classe Atores	91
5.2.5	Classe Processos	93
5.2.6	Classe Eventos	94

6	O CONTEÚDO INFORMACIONAL E OS MAPAS DOS PONTOS DE CONTROLE	96
6.1	A listagem dos requisitos e o conteúdo informacional	96
6.2	Os diagramas para o mapeamento dos pontos de controle	101
6.2.1	O Modelo de Mapa para Sistema-Sistema	101
6.2.2	O Modelo de Mapa para Objetos-Transformações	105
7	ESTUDO DE CASO: DESENVOLVENDO UM PRODUTO	110
7.1	A descrição do produto	110
7.2	A modelação do sistema produtivo e a identificação dos pontos de controle	112
7.2.1	Os limites e a dimensão dos sistemas produtivos	112
7.2.2	Os relacionamentos Sistema-Sistema	115
7.2.3	A codificação e a estruturação do produto	116
7.2.4	Os relacionamentos Objetos-Transformações	118
7.3	Os pontos de controle no sistema produtivo	120
8	CONSIDERAÇÕES	125
9	REFERÊNCIAS	131

ÍNDICE DE FIGURAS

01	Diagrama das variáveis iniciais do modelo de análise	23
02	Fluxograma do modelo de análise	26
03	Perfuratriz desenvolvida de acordo com metodologia proposta	27
04	Diagrama de Caso de Uso UML	56
05	Diagrama de Atividades UML	57
06	O Absorvedor Sonoro	58
07	Modelagem eventos de relacionamento em um caso de uso UML	59
08	Modelagem dos fluxos produtivos do absorvedor sonoro	61
09	Representação das *Places* no *software* Umberto	62
10	Representação de estados das *Places* no *software* Umberto	63
11	Representação das *Transitions* no *software* Umberto	63
12	Representação das *Arrows* no *software* Umberto	63
13	Diagrama de um esquema produtivo no *software* Umberto	64
14	Diagrama de um esquema produtivo no *software* Umberto	64
15	Similaridades entre o diagrama de atividades UML e o modelo conceitual de sistema do *software* Umberto	66
16	Diagrama de relevância (nuvem de palavras)	69
17	Mapa de relacionamento dos tópicos	70
18	Detalhe indicação de proposições	71
19	Mapa conceito de parametrização dos locais de Atuação dos sistemas	76
20	Mapa de relacionamento dos tópicos	77
21	Mapa conteúdo dos arranjos dos parâmetros	78
22	Exemplo de Mapa Conceito das relações da classe Informação	79
23	Fluxograma do caminho de domínio das classes	80
24	Mapa conceito dos relacionamentos das classes de parâmetros	81
25	Representação do nível de requisitos	84
26	Mapeamentos dos requisitos do parâmetro Informação	85

27	Exemplo de Dimensão, Limite e Área de Intercessão nos Sistemas	87
28	Mapeamentos dos requisitos do parâmetro Sistemas	87
29	Mapeamentos dos requisitos do parâmetro Objeto	90
30	Mapeamentos dos requisitos do parâmetro Atores	92
31	Mapeamentos dos requisitos do parâmetro Processos	93
32	Mapeamentos dos requisitos do parâmetro Eventos	95
33	Representação de um Sistema Geral de APL	101
34	Mapas de complexidade mostrando diferentes resoluções de observação e modelamento para o sistema Mercado.	102
35	Mapa de complexidade após entrada de novo ator no sistema Mercado	103
36	Localizações de potenciais pontos de controle no mapa de complexidade do sistema Mercado	103
37	Representação da complexidade após o incremento de outro novo ator	104
38	Mapa e tabela identificação pontos de controle em um processo de compra de matéria-prima	104
39	Modelo de Mapa para identificações de pontos de controle do relacionamento Sistema-Sistema	105
40	Representação de um Sistema Produtivo e suas interações diretas	106
41	Diagrama de Estruturação em Níveis	107
42	Identificação dos pontos de controle	107
43	Representação genérica da transição Sistema conceitual – Sistema físico com o diagrama estruturação em níveis	108
44	Representação do modelo de estruturação em UML	109
45	Imagens da perfuratriz - posição de transporte e trabalho	112
46	Identificação dos limites e dimensão do sistema	113
47	Diagrama dos casos de uso para controle do fornecimento do aço nacional	114
48	Identificação dos relacionamentos dentro do sistema Construção de Protótipo	115

49	Estruturação da perfuratriz por grupos	117
50	Fluxograma para construção dos grupos da estruturação da perfuratriz	118
51	Representação do Grupo da Torre	118
52	Representação da estrutura do grupo Torre conforme diagrama Objetos-Transformações	120
53	Fluxograma para construção dos grupos	121
54	Representação da estrutura do grupo Torre conforme diagrama de seis níveis	122
55	Pontos de controle ao final do processamento no fluxograma da estruturação por grupos	123
56	Fluxograma para a construção do sub-conjunto PHM-TOR001-10	123
57	Diagramas representando o ciclo de vida de um produto	127
58	Indicação do ciclo de desenvolvimento do produto	127
59	Identificação da fase de Fabricação ou Construção	129

ÍNDICE DE QUADROS E DIAGRAMAS

01	Tópicos com potenciais de uso como referenciais de controle para as teorias de sistemas	33
02	Tópicos com potenciais de uso como referenciais de controle para complexidade dos sistemas produtivos	38
03	Comparativo das áreas de atuação das metodologias de gerenciamento de desenvolvimento de produtos	43
04	Tópicos com potenciais de uso como referenciais de controle para as metodologias de GPD	45
05	Tópicos com potenciais de uso como referenciais de controle para o ciclo de desenvolvimento de produto	49
06	Quadro resumo dos potenciais pontos identificados na revisão bibliográfica	73
07	Tabela indicativa dos locais de riscos	76
08	Quadro com abstração das classes de parâmetros	78
09	Levantamento dos requisitos para o parâmetro Informação	86
10	Levantamento dos requisitos para o parâmetro Sistemas	88
11	Levantamento dos requisitos para o parâmetro Objetos	91
12	Levantamento dos requisitos para o parâmetro Atores	92
13	Levantamento dos requisitos para o parâmetro Processos	94
14	Levantamento dos requisitos para o parâmetro Eventos	95
15	Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Informação	96
16	Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Sistemas	97
17	Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Objeto	97
18	Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Atores	98
19	Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Processos	98
20	Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Processos	99
21	Tabela técnica-comercial da perfuratriz	111
22	Definição do código para a perfuratriz completa	116
23	Estruturação em grupos	117
24	Estruturação em níveis para o Grupo Torre	119

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APL	Arranjos Produtivos Locais
BIM	*Building Information Modeler*
CAD	*Computer Aided Design*
CAE	*Computer Aided Engineering*
CAM	*Computer Aided Manufacturing*
CASE	*Computer-Aided Software Engineering*
CE	*Concurrent Engineering*
CNH GPD	*Case New Holland Global Product Development Group*
CPT	Curto Período de Transição
DFSS	*Design for Six Sigma*
DNP	*Development New Products*
EMRPD	*Engineering Methods for Robust Product*
ERP	*Enterprise Resource Planning*
GED	Gerenciamento Eletrônico de Documentos
GPD	Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos
ISO	*International Organization for Standardization*
LCA	*Life Cycle Analysis*
LP	Linha Produtiva
LPT	Longo Período de Transição
MOO	Modelagem Orientada ao Objeto
OMG	*Object Management Group*
OMT	*Object Modeling Technique*
OOSE	*Object Oriented Software Engineering*
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
P	Ponto ou *Place*
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PCO	Planejamento e Controle de Obra
PE	Ponto de Entrada ou *Entry Place*
PDM	*Product Data Management*
PDMA	*Product Development Management Association*
PMBOK	*Project Management Book of Knowledge*

PMI	*Project Management Institute*
PPM	*Project of Portifolio Management*
PRINCE	*Projects in Controlled Environments*
PS	Ponto de Saída ou Out Place
PtC	Ponto de Controle
Rf	Refugos, emissões
SP	Semi produto
TEF	referenciais Tempo (estocagem, acumulação), Espaço (transporte ou transmissão) e Forma (transformação).
TRM	Technology Roadmapping
T	Transições ou Transitions
Tf	Transporte ou Transfer
UML	Unified Modeler Language

1 INTRODUÇÃO

A motivação para a realização deste trabalho vem da somatória de alguns fatores relacionados com a experiência do autor em mais de 30 anos no desenvolvimento de produtos, especialmente veículos e instalações industriais, na utilização constante e cotidiana de sistemas de *softwares* de desenvolvimento de produtos e gerenciamento, da formação em sistemas de informações e do atual estudo dos aspectos multidisciplinares envolvidos na gestão do ciclo de vida de um produto.

Este estudo aparece pautado em revisão teórica bibliográfica nacional e internacional e também a artigos publicados e apresentados pelo autor em congressos (nacionais e internacionais) relacionados ao *Design*, produtos e informação, associados a experiência técnica, científica e acadêmica do autor. Eles trazem como fio condutor uma tentativa de entender melhor a complexidade envolvida nos sistemas produtivos e nas possibilidades do uso de formas de mapeamento e representação da informação circulante, de forma a otimizar o gerenciamento do seu ciclo.

Portanto, a complexidade do sistema produtivo e o entendimento do conteúdo da informação relacionada a ele são os principais elementos deste trabalho. Considera-se que este estudo ganha relevância ao se aproximar das atuais discussões e atitudes emergentes no tocante à sustentabilidade, principalmente nas áreas de *ecodesign*, de desenvolvimento de produtos eco-orientados e no gerenciamento dos ciclos de vida.

Nos últimos anos percebe-se uma crescente preocupação com a forma pela qual tratamos nosso planeta. Tem-se adquirido consciência de que a maior chance de sobrevivência de nossa sociedade está na auto-sustentação e então cotidianamente aprendem-se conceitos emergentes como desenvolvimento sustentável, impacto ambiental, eco-eficiência, entre outros. Como cidadãos, nos é repassada uma parte da responsabilidade do pretendido cuidado ecológico e temos nos adaptado a modos de vida de consumo consciente, classificação de nosso lixo, seleção de produtos com orientação sustentável, etc. Os governos buscam

estabelecer limites, difundir a visão das responsabilidades com as gerações futuras e controlar as ações e resultados díspares dos ideais sustentáveis recentemente traçados. Fica com a indústria a preocupação com o desenvolvimento de novas formas de se produzir e prestar serviços conscientemente ecológicos.

Focando no desenvolvimento de produtos, tem-se procurado formas de desenvolver, obter e utilizar produtos que causem o menor impacto ambiental. Contudo, sabe-se que desenvolver produtos é trabalhar explicitamente de forma interdisciplinar. O processo, ciclo ou cadeia deste desenvolvimento exige conhecimento, observação e participação de diferentes áreas de conhecimento. Também exige visão sistêmica de um conjunto de influências e processamentos para identificação de pontos ou partes que se tornam referenciais estratégicos de controle.

A proposta deste estudo fundamenta-se então, na busca pela forma de representar a complexidade envolvida nos sistemas associados ao desenvolvimento do produto, de maneira a possibilitar a otimização da observação e do controle ao longo do seu ciclo de vida. Procura-se o controle, o mais fino possível, da cadeia produtiva, objetivando maior organização, produtividade, conhecimento detalhado sobre o produto. E com isso, identificar possibilidades de gestão das quantidades de entrada de matéria-prima, saída de refugos e emissões ambientais. O alcance de maior eco-eficiência é inerente à abordagem da rastreabilidade apresentada, já que a eco-eficiência refere-se a uma filosofia de gerenciamento que busca implantar melhorias ambientais a partir do controle da produção, garantindo ao mesmo tempo ganhos econômicos.

Esta rastreabilidade é facilitada pela observação e controle dos produtos ou objetos[1] envolvidos em todas as etapas do ciclo, bem como suas características e comportamentos adquiridos, herdados ou modificados ao longo do tempo em função dos processos, transformações e ações sofridas, propiciando a identificação de pontos de controle necessários para se obter um gerenciamento sistêmico. Pontos de controle são localizações plenas de informação presentes nas linhas de transição de qualquer transformação sofrida no fluxo da cadeia de desenvolvimento

[1] O uso do termo OBJETO está relacionado com o paradigma de orientação a objeto, oriundo das ciências de informação e diretamente ligada à modelagem conceitual, que serão discutidas adiante.

e na cadeia produtiva. Neles se obtêm informações decisórias que alteram e indicam a direção seguinte do fluxo desta cadeia.

A identificação dos pontos de controle auxilia no mapeamento dos locais de contatos dos diversos atores e especializações envolvidos, sendo também considerados como pontos de tradução da interdisciplinaridade característica dos processos de desenvolvimento de produto.

Um mapeamento destes pontos propiciaria ações de otimização da comunicação e um registro de rastreabilidade da informação circulante inerente ao estado do produto num determinado momento ou evento de transformação no fluxo. Para a representação deste mapa, é necessário o respeito a toda complexidade envolvida nos sistemas e seus relacionamentos. A representação não pode sofrer reducionismos ou representações gráficas de baixa complexidade, comumente utilizados e sim apresentar diagramas completos, com possibilidades de incrementos que garantam a evolução e o crescimento da representação daquele sistema sempre que ele se modificar e/ou se relacionar com outros sistemas.

Uma possibilidade de tratar a representação do ciclo de vida de produto de maneira sistêmica, sem o perigo de uma redução a nível crítico da complexidade está no uso da modelagem conceitual. Oriunda das Ciências da Computação a modelagem conceitual é usada como representação de alto nível para o mundo real, sob o ponto de vista de um modelador (ou observador). Os modelos gerados são representativos dos conceitos e características observadas no ambiente e possibilitam total independência das particularidades da implementação. Isto propicia a modelação pura e simples de quaisquer sistemas de informação. Pretende-se então, a análise de uso e a introdução da ferramenta de modelagem conceitual orientada a objetos UML (*Unified Modeler Language*)[2].

Este estudo pretende então, apresentar uma possível estruturação sob a perspectiva do mapeamento e rastreamento do fluxo de desenvolvimento de produto. Com o foco nos objetos (ou produtos) envolvidos, seus atributos e transformações, representados pelos pontos de controle, visa o gerenciamento sistêmico da cadeia de desenvolvimento. A informação assume papel fundamental

[2] Serão utilizados somente o conteúdo relacionado aos mapeamentos de informação, incluindo alguns diagramas e fluxogramas. As partes destinadas à programação de software não serão discutidas ou utilizadas neste estudo.

na análise, por tratar-se da representação formal dos vários estados que ela assume em um determinado momento ou evento.

Compreender o conteúdo informacional existente ao longo do fluxo e relacioná-los aos atributos dos pontos de controle identificados gera particularidades de gerenciamento que facilitam as tomadas de decisões para especificações, aquisições, processos e performances de uso e de reutilização. Isto feito de forma traduzida, sem ambiguidade e inteligível para as mais distintas especializações envolvidas nos eventos.

Para a construção de um modelo de análise para este estudo, algumas constatações foram evidenciadas e variáveis foram identificadas.

A necessidade de se produzir e utilizar produtos que causam baixo impacto ambiental remete a necessidade de um controle ainda maior sobre todo o ciclo de vida. A dependência e urgência no uso de sistemas e metodologias de controle tornam-se evidentes para todos os cenários de atuação. É justamente o uso massivo de tecnologia de informação como auxilio de desenvolvimento, controle e validação de produtos e serviços, um dos marcos de nosso atual tempo. Toda sociedade e indústria utilizam sistemas cada vez mais integrados, interligados e colaborativos envolvendo o gerenciamento de cadeias inteiras.

A tecnologia atribuída a estes processos passa por constante evolução técnica e conceitual. Paradigmas relativos a tratamento de dados, comunicação e inter-relacionamentos são propostos, testados e implementados.

Os sistemas digitais se atualizam e a cada dia conseguem reproduzir virtualmente os mais variados aspectos do nosso cotidiano e mundo, simulando ou repetindo nossas ações, disponibilizando resultados que otimizam nossos tempos de criação, de produção, de controle e de utilização dos produtos. Sistemas inteiros são modelados conceitualmente e transformados em softwares e suas utilizações são comprovadamente válidas e nitidamente aceitas como indispensáveis. Uma ideia inicial surgiu.

- Se os métodos de modelagem de sistemas (linguagens) reproduzem o mundo real, como a complexidade deste mundo real é representada?
- Poderia se utilizar esta representação como forma de traduzir esta complexidade para as distintas especializações envolvidas?

A resposta óbvia imediata existe materializada na forma dos mais diversos sistemas digitais utilizados: os sistemas de CAD, CAM, CAE, PDM, BIM, LCA, ERP[3] entre outros. Entretanto, a ideia teórica por trás do estudo proposto foi calcada na possibilidade do uso desta representação da complexidade em uma fase anterior ao uso do software. Nesta fase os desenvolvedores trabalham com modelagem conceitual.

Argumenta Quivy (2005, p. 55) que as qualidades de tradução de uma ideia teórica, de complementaridade e de operacionalidade possuem o fato de as distinguirmos nitidamente das simples definições, atribuindo-lhes o estatuto de conceitos.

> A elaboração de conceitos chama-se conceitualização e constitui uma das dimensões principais para construção de um modelo de análise. De fato, sem ela é impossível imaginar um trabalho de análise que não se torne vago, impreciso e arbitrário (QUIVY, 2005, p. 55).

Alguns parâmetros iniciais foram atribuídos ao que seria o conceito deste estudo.

- Análise da possibilidade de se utilizar a modelagem conceitual para representar a complexidade do ciclo de vida de produto. O uso seria proposto para as disciplinas envolvidas com desenvolvimento de produtos e ambiente construído, porém distintas daquelas da área da tecnologia de informação.
- Os limites da observação estabelecidos seriam: (a) a fase de conceituação do produto como limite inferior e (b) a fase de obtenção do produto como limite superior. Compreenderia então a fase de desenvolvimento do produto.
- Análise dos fenômenos ou eventos relacionados ao controle dos objetos (ou produtos) e relacionados à observação do sistema (sob a ótica do modelador), envolvidos em todas as etapas do ciclo. Também fazem parte desta fase a observação de todas as variações das características e comportamentos adquiridos, modificados ou herdados pelos objetos em função das transformações e ações sofridas.

---

[3] CAD – *computer aided design*, CAM – *computer aided manufacturing*, CAE – *computer aided engineering*, PDM – *product data management*, BIM – *building information modeler*, LCA – *life cycle analysis* e ERP – *enterprise resource planning* - são tipos de classes de sistemas de *softwares* utilizados no desenvolvimento e gerenciamento de produtos.

Argumenta Quivy (2005, p. 22), que o primeiro meio de por em prática uma pesquisa científica está numa boa formulação de uma pergunta de partida. Ela ajuda na ruptura com os preconceitos e as noções prévias e auxilia o investigador no entendimento do que realmente ele procura saber.

Assim sendo, formulou-se uma pergunta de partida que seria:

- **Qual o conteúdo da informação é necessário obter nos pontos de controle, visando alcançar maior organização, produtividade e conhecimento do produto em seu ciclo de vida, para que se tome as melhores decisões?**

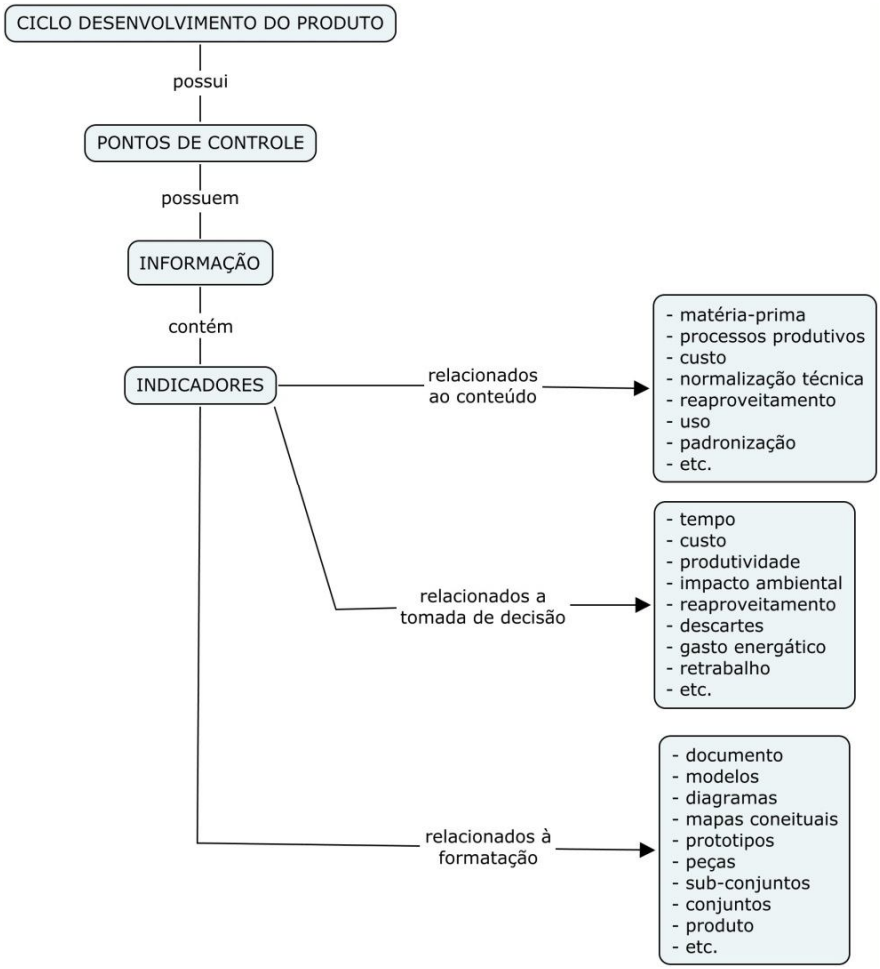
Define-se então, neste estudo, qual o tipo de informação contida em um ponto de controle pode auxiliar nas decisões interdisciplinares que resultam em ações de melhores resultados ao se desenvolver um produto (como por exemplo, o balanço de massa e energético, os processos produtivos, o uso, a manutenção, o reaproveitamento, etc.).

Obviamente, é necessária a identificação dos pontos de controle elementares e/ou imprescindíveis para o melhor controle. O foco na informação é evidente e também se torna necessário conhecer sob quais formas ela se materializa ao longo do ciclo. Por se tratar de um sistema complexo em função do envolvimento de diversos atores de especializações distintas, processos internos e externos, etc., seria necessário a identificação dos locais e dos eventos nos quais as informações são trocadas (traduzidas ou não). Um mapeamento destes locais e/ou eventos seria realizado utilizando modelagem conceitual.

Os mapas resultantes também representam a complexidade envolvida nos relacionamentos entre atores, processos, transformações, decisões, etc.

A figura 01 mostra as variáveis iniciais para a construção do modelo de pesquisa:

Figura 01 – Diagrama das variáveis iniciais do modelo de análise.



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* IHMC Cmaps.

Para se atingir quaisquer objetivos propostos acerca de uma metodologia de gerenciamento é importante um entendimento aprofundado de alguns conceitos e teorias de base, bem como seus relacionamentos. Para tal, uma revisão bibliográfica é realizada de forma a se construir uma linha condutora sobre os conceitos pertinentes, que incluem os fenômenos e eventos relacionados aos sistemas e a suas complexidades, sobre as metodologias de gerenciamento de desenvolvimento, projeto e ciclo de vida de produto, sobre informação e sobre modelagem conceitual e seus paradigmas.

Contudo, conceitos não dizem como estudar tais fenômenos. Para tal é necessária à definição de hipóteses.

> Um bom trabalho não pode ser considerado uma verdadeira investigação se não for estruturada em torno de uma ou várias hipóteses. A hipótese é alicerçada numa reflexão teórica e num conhecimento do fenômeno estudado e representa uma pressuposição sobre o comportamento dos objetos reais estudados (QUIVY, 2005, p. 59).

Estas hipóteses serão elaboradas e apresentadas sob a forma de premissas[4] cujas análises resultam em respostas provisórias e relativamente sumárias que guiam o trabalho de coleta e análise dos dados. Toda reflexão baseada no aporte teórico da revisão bibliográfica será estruturada sobre os seguintes assuntos:

- Análise das teorias e linhas de estudo sobre sistemas e complexidade de sistemas, nas quais são identificados tópicos convergentes à abordagem do estudo.
- Análise das metodologias e normalizações sobre gerenciamento de sistemas de desenvolvimento de produtos, da cadeia produtiva e do ciclo de vida de produto, nas quais são identificados tópicos convergentes à abordagem do estudo.
- Análise da adaptabilidade da modelagem conceitual e da ferramenta UML (*Unified Modeler Language*) para a modelação dos sistemas de ciclo de vida de produto e utilização de seus diagramas e fluxogramas com o objetivo de se mapear locais e eventos que definem pontos de controle.
- Análise de ferramentas de representação e mapeamento de sistemas, diagramas e fluxogramas focando uma ação intencional da construção gráfica pela composição de símbolos que tornem inteligíveis os fenômenos complexos do ciclo de vida.

Da revisão bibliográfica são retirados vários indicadores e variáveis. Na sequência do trabalho atribui-se a eles identificação e características de pontos de controle potenciais.

---

[4] Premissa: antecedente lógico de uma conclusão, conjunto de proposições que constituem os princípios fundamentais de um estudo. Cada uma das duas proposições de um silogismo (a maior e a menor), das quais se tira a conclusão. Ponto de que se parte para armar um raciocínio. (fonte: Dicionário Aurélio).

Como modelo de análise a seguinte sequência será adotada:

- Elaboração das premissas, baseadas na revisão bibliográfica para a definição de um "conceito" para a metodologia proposta. São propostos os pontos de controle e seus arranjos, os parâmetros e requisitos que atendam a uma possível modelagem conceitual.
- Introdução de conceitos complementares como dimensão e limite de sistema e resolução, relação sistema físico-objeto, observação e ator, codificação e nomenclatura, visando criação dos mapas conceituais modelos para a metodologia proposta.

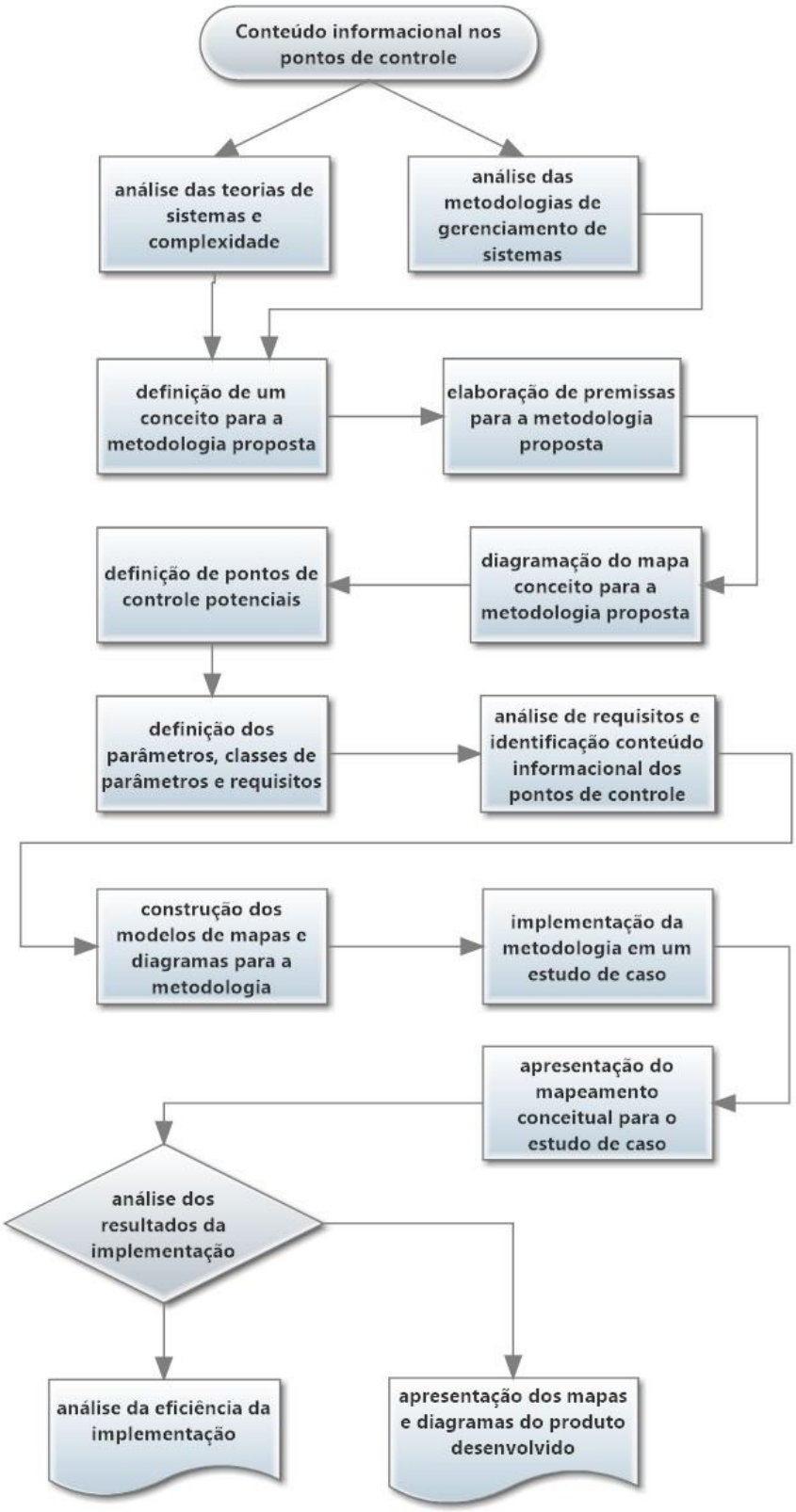
A coleta de dados é então substituída pela apresentação dos modelos conceituais desenvolvidos. Utilizando estes mapas modelos, nos quais as relações do ciclo são representadas e os pontos de controle são identificados com seus conteúdos informacionais definidos, o estudo apresenta uma experimentação de desenvolvimento de produto.

O aporte prático baseia-se então, na apresentação de um estudo de caso, no qual foi testada a implementação da metodologia proposta para o gerenciamento do ciclo de desenvolvimento. O produto em estudo foi uma perfuratriz hidráulica para execução de testes de sondagens no solo para fundações em construção civil.

Tal implementação é pertinente ao ciclo de desenvolvimento da perfuratriz. Contudo, em função da complexidade envolvida, somente serão apresentados o acompanhamento do desenvolvimento do componente identificado como Conjunto Soldado da Torre. Entretanto, toda estruturação de desenvolvimento, bem como os pontos de controle identificados e seus conteúdos informacionais relacionados serão apresentados.

A figura 02 mostra o fluxograma proposto para o modelo de análise:

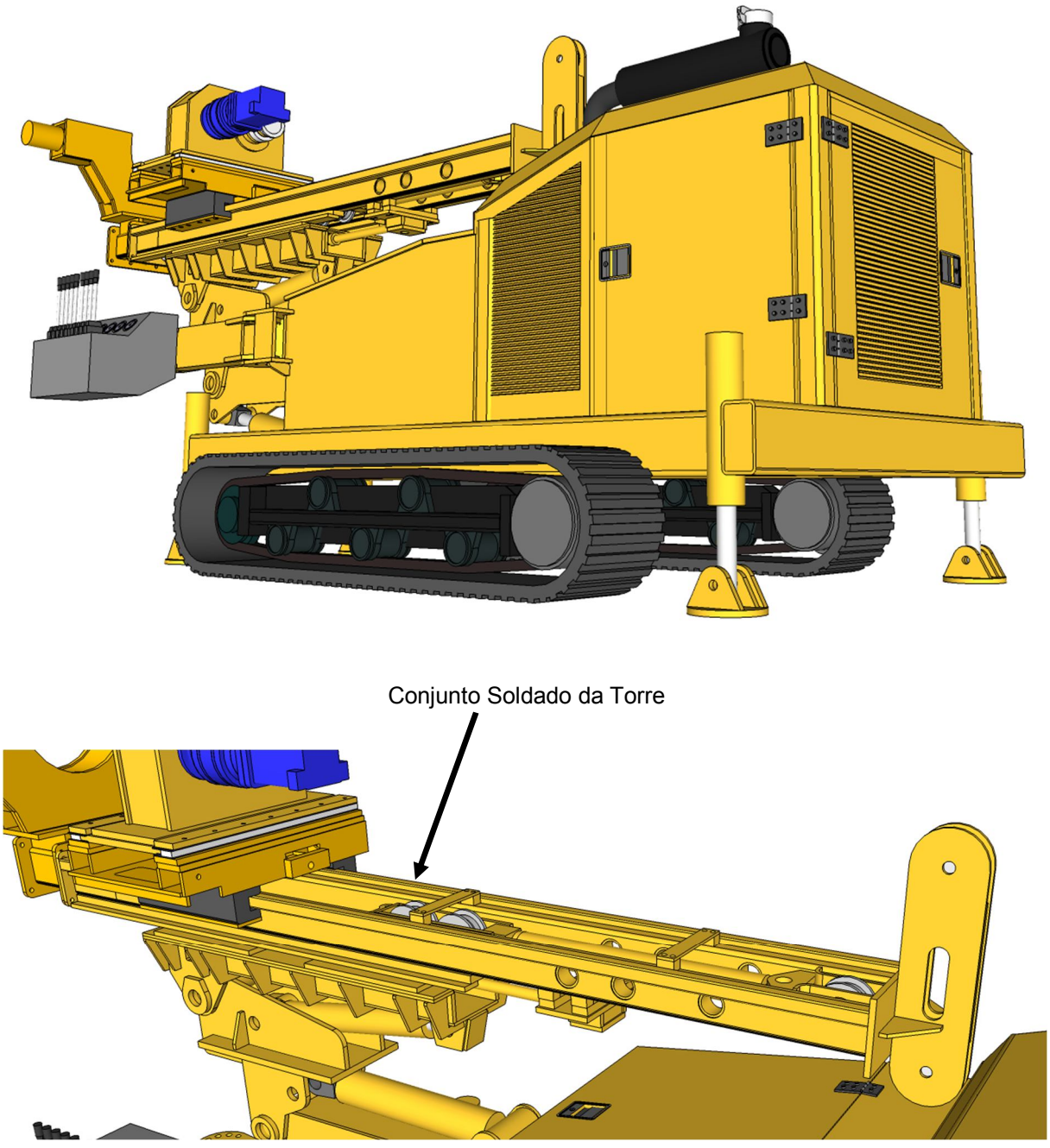
Figura 02 – Fluxograma do modelo de análise do estudo.



Fonte: modelado pelo autor com o *software* SmartDraw.

A figura abaixo mostra a perfuratriz desenvolvida com a aplicação da metodologia proposta, destacando o componente que será apresentado com mais detalhamento:

Figura 03 – Perfuratriz desenvolvida de acordo com metodologia proposta. Detalhe para o componente analisado.



Fonte: Desenvolvido pelo autor no *software* Sketchup.

2 SISTEMAS, SISTEMAS PRODUTIVOS E COMPLEXIDADE

2.1 Os sistemas e suas teorias

A definição de sistema vem por anos sendo um assunto controverso. Não se pretende neste estudo um aprofundamento demasiado sobre as várias linhas de pesquisas relacionadas ao tema ou mesmo uma comparação entre as escolas e linhas de pensamentos existentes. Contudo, não foi arbitrária a escolha para aquelas que foram abordadas nesta revisão bibliográfica. Tal escolha baseou-se exclusivamente naquelas que tinham mais proximidade ou relação com o sistema produtivo e a complexidade de seu ciclo. A abordagem teórica sobre tais linhas se dá com o objetivo da busca por conceitos relevantes a proposta para o modelamento, mapeamento e gerenciamento destes sistemas.

O consenso da definição de sistemas indica um conjunto de elementos interconectados, de modo a formar um todo organizado, concorrentes a um resultado, ou seja, possui um objetivo geral a ser atingido. É modo de organização, meios, processos, métodos e formas. A integração entre os componentes se dá por fluxo de matéria e energia, comandados e/ou controlados por fluxo de informações em função da comunicação.

Podemos classificar os sistemas em duas categorias básicas: os sistemas físicos e os sistemas conceituais. Plotkin (2003, p. 1) define que um sistema físico é composto de matéria e energia e pode ser observado ou experimentado. Já um sistema conceitual é composto de idéias ou teorias e só existe pela consciência, observação ou em virtude do sistema conceitual em si. Uma máquina, uma lagoa, um gato, são exemplos de sistemas físicos. Eles compreendem os sistemas considerados naturais e os sistemas “feitos pelo homem”. Quanto aos sistemas conceituais, um exemplo seria a planta de um edifício ou um diagrama de ligação elétrica. Os sistemas conceituais fornecem meios de comunicação e compreensão. A comunicação é um dos três principais sistemas conceituais (juntamente com a Ciência e a Matemática).

Plotkin (2003, p. 3) define que:

- todo sistema físico está contido e contém sistemas físicos;
- os sistemas físicos são compostos por sistemas físicos que são compostos por objetos (que por sua vez são compostos por sistemas físicos, ad infinitum);
- o Universo é o sistema físico que contém todos os outros sistemas físicos.

O corpo humano representa um bom exemplo, pois é composto de vários sistemas internos como sistema ósseo, sistema sanguíneo, sistema imunológico, etc. que também são constituídos de outros sistemas estruturais internos menores.

Quanto aos objetos físicos, descreve Quine (1982, p. 5) que eles são por nós conhecidos apenas como partes de uma sistemática conceitual estruturada, que quando tomadas em conjunto, incidem nas bordas da observação e definem a complexidade de um sistema.

A complexidade inerente a um sistema ocorre em função do número de atores envolvidos, interligações e resultados intermediários dos processos ocorridos, visto que, processos anteriores afetam processos ulteriores e modificam o cenário ou o ambiente onde tal sistema se situa. O grau desta complexidade varia de acordo com os limites definidos e com a resolução da observação adotada para uma possível representação do sistema em questão.

Se definirmos todas as ações e atores envolvidos no desenvolvimento e/ou “produção” de um produto como um Sistema de Produção, uma abordagem interessante trataria da seleção dos fenômenos e ou eventos ocorridos ao longo do tempo, que interessam a mais de uma disciplina, para se formular modelos gerais que os descreveriam. Após testá-los e se obter a validação deste modelo geral, poderia se estruturar uma hierarquia de níveis de complexidade aplicável às várias disciplinas.

Esta ideia da criação de um modelo geral validado por diferentes especializações representa um dos fundamentos da teoria defendida pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy. A Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy nasceu da constatação da existência de semelhanças estruturais entre modelos gerados por

disciplinas distintas. Sua aplicação teria como vantagem a possibilidade de criar modelos gerais transferíveis de domínio para domínio, sem, contudo tratar de uma concepção de sistema universal. Bertalanffy (2008, p. 78) cita que o objetivo seria a unificação de diversas disciplinas científicas que trabalhando sobre problemas e conceitos semelhantes chegam a um paralelismo geral do conhecimento, o que permite a utilização de modelos gerais, inteligíveis às disciplinas envolvidas. Na teoria geral dos sistemas a ênfase é dada à inter-relação e interdependência entre os objetos que formam um sistema que é visto como uma totalidade integrada.

Uma aplicação imediata desta teoria contou com pesquisas relacionadas à necessidade de se comandar dispositivos que controlassem outros dispositivos a partir de dados adquiridos. É por sua aproximação com os dispositivos de produção que a Teoria dos Sistemas Cibernéticos também interessa a este estudo. Esta teoria surgiu como possível teoria interdisciplinar dos estudos de Norbert Wierner em 1943, apesar de evidências mais antigas sobre estudos relacionados. A cibernética é a ciência do controle e da comunicação das máquinas (mecânicas, digitais ou biológicas) e se interessa por como elas processam e reagem à informação e às mudanças decorrentes disto. A teoria de sistema associada a teoria cibernética foi fundamentada na extrapolação de conceitos que eram eminentemente tecnológicos para os fenômenos psicológicos, sociais e biológicos. Apresenta uma abordagem interessante sobre alguns atributos de um sistema que são imediatamente aplicáveis à produção como o tempo, o *feedback*, o mecanismo de controle e o operador.

Pela cibernética, um mecanismo realimentado pela informação modifica os valores das variáveis do sistema e se aproxima do valor do parâmetro especificado como objetivo pelo operador. Isto caracteriza um sistema fechado, contudo também adaptativo, visto a possibilidade de se procurar por comportamentos estáveis e por zonas de estabilidade. Especificar valores de parâmetros com objetivo de estabilização do comportamento de um sistema está diretamente relacionada à produção.

Em busca desta estabilidade, temos com W. Ross Ashby em 1956, outra colaboração importante ao introduzir o conceito da variedade e sua influência na estabilização de um sistema. Ashby (1956, p. 145) cita que a quantificação do número de elementos diferentes de um conjunto (ou do número de estados de um

sistema) ajuda na regulação deste sistema. Outra contribuição de Ashby, também interessante ao estudo, vem do reconhecimento do papel do observador em relação a modelos sistêmicos, o que rejeita a idéia da complexidade exclusiva intrínseca a um objeto.

A base conceitual de Ashby propiciou a abordagem cibernética sobre as organizações, sendo os estudos de Stafford Beer de grande contribuição para a gestão e o controle destas. Sobre o que ocorre em uma organização, Beer (1979, p. 158) aponta que a dimensão de um problema é dada pela variedade. As formas da redução da variedade são a estrutura organizacional, o planejamento, as rotinas e os procedimentos. Ele também dá importância à classificação da informação disponível dentro das organizações e alerta que a retenção de informações previamente identificadas como relevantes oferece riscos em função das demoras (*delays*) de reação da organização.

Com Jean-Louis Le Moigne (1977, p. 98) e sua Teoria de Modelização de Sistemas, temos a definição de que um sistema geral é uma rede limitada de processadores elementares visando uma intervenção finalizante sobre a envolvente. A estrutura, o conjunto de elementos (atores, objetos, etc.) e as relações entre eles, bem como o conjunto das atividades que se desenvolvem num sentido evolutivo do tempo são referenciais (incluindo-se o histórico, os comportamentos e estados manifestados pelo sistema). Ele, também dá orientações aos conjuntos de objetivos das atividades deste mesmo sistema e das relações com sua envolvente que representa a garantia de um sistema aberto. Tem-se então, um princípio em que um objeto vai se estruturando como resultado do próprio funcionamento, num processo histórico, irreversível que conduz a uma nova estrutura.

O sistema torna-se uma entidade dinâmica, na qual o tempo é variável básica, sendo que o que se faz antes influencia o que se vai fazer agora, indicando a existência de uma linearidade intrínseca ao funcionamento. Os comportamentos de qualquer sistema só podem ser compreendidos em termos dos objetivos orientativos ao funcionamento proposto. É a identificação dos objetos, a possibilidade de mapeamento, a rastreabilidade (posição e tempo histórico) e o conhecimento dos objetivos que possibilitam a geração de modelos. Tais modelos serão concebidos em função do problema a ser resolvido e dos objetivos associados. É a

consideração da irreversibilidade do tempo, da intencionalidade dos sistemas e da visão integradora (com as trocas com o envolvente), que permitem uma visão sistêmica da complexidade envolvida.

O alemão Niklas Lhumann e sua abordagem social para os sistemas traz a comunicação como elemento principal de sua teoria. Segundo ele, um sistema é definido pela fronteira dele com o ambiente envolvente. Dentro do sistema está sua zona de menor complexidade e no seu entorno está a zona de maior complexidade. A comunicação opera entre estas zonas processando informações necessárias para manter a estabilidade do seu sistema de origem.

> Toda a comunicação no interior de um sistema opera pela seleção e processamento de uma quantidade limitada de informações disponíveis de fora. Sistema e meio se diferenciam no processar interno do sistema (AMARO, 2010, p. 9).

A teoria de Luhmann é centrada na diferença entre “sistema” e “ambiente”, conceitos estes que apesar de diferentes são correlatos. Segundo Amaro (2010, p. 8) a diferença sistema-ambiente trata-se de uma “diferença em operação”, na qual o processar do entorno é que define o tamanho do sistema, ou seja, distingue o sistema do ambiente. Da Teoria dos Sistemas Sociais de Luhmann interessam a este estudo os conceitos propostos para a importância da comunicação entre os sistemas e também para as definições de dimensões e limites a eles relacionados.

Esta primeira parte da revisão bibliográfica analisou os estudos de Jeff Plotkin, a estruturação sistêmica de W. Quine, a teoria geral de sistemas de Ludwig von Bertalanffy, a Teoria Cibernética de Norbert Wierner e suas evoluções proposta por W. Ross Ashby e Stafford Beer, a teoria de modelização de sistemas de Jean-Louis Le Moigne e a teoria dos sistemas sociais de Niklas Luhmann. Alguns conceitos pertencentes a elas foram selecionados para utilização como referenciais no controle do gerenciamento de um sistema. Foram relacionados tópicos como conceito, objeto, observação, tempo requerido para o processo, a informação, sua transmissão e realimentação, a comunicação, etc.

Uma abstração[5] foi realizada focada na identificação de possíveis contatos interdisciplinares, atores, eventos ou transformações, passíveis de formalizações como pontos de controle. O quadro 01 apresenta os resultados.

Quadro 01 – Tópicos com potenciais de uso como referenciais elementares de controle em relação às teorias de sistemas. (continua)

Tópico com potenciais para pontos de controle	Teoria de fundamentação	Autor da teoria	Relacionamento /característica	Atuação
Sistema Físico	Teoria sistemas físicos e conceituais	Plotkin	Constituinte do mundo humano	Nos sistemas
Sistema Conceitual	Teoria sistemas físicos e conceituais	Plotkin	Comunicação e compreensão	Nas transições dos sistemas físicos
Objeto	Estruturação Sistêmica	Quine	Constituintes dos sistemas físicos	Nos sistemas físicos e conceituais
Evento	Teoria geral	Bertalanffy	Processo no tempo	No sistema
	Sistemas cibernéticos	Ashby	Processo no tempo	No sistema
	Modelização de sistemas	Le Moigne	Ocorrência dos fenômenos	No sistema e seu entorno
			Ações de entrantes e efluentes	No sistema e seu entorno
Observação	Estruturação Sistêmica	Quine	Diferenciação entre sistema e ambiente	Nas transições dos sistemas físicos
	Sistemas sociais	Luhmann	Processo no tempo	No sistema e seu entorno
Tempo	Sistemas cibernéticos	Ashby	Tempo requerido pelo processo	No sistema
	Modelização de sistemas	Le Moigne	Variável base	No sistema e seu entorno
Informação	Sistemas cibernéticos	Ashby	Potencial de complexidade	No sistema e seu entorno
	Sistemas cibernéticos	Ashby	No espaço e no tempo	No sistema e seu entorno
	Sistemas sociais	Luhmann	Comunicação	No sistema e seu entorno
Transmissão da informação	Sistemas cibernéticos	Ashby / Beer	No espaço e no tempo	No sistema e seu entorno
	Sistemas sociais	Luhmann	Comunicação	No sistema e seu entorno
Comunicação	Teoria sistemas físicos e conceituais	Plotkin	Um dos principais sistemas conceituais	Nas transições dos sistemas físicos
	Sistemas sociais	Luhmann	Define a dimensão de um sistema	No sistema e entre ele o seu entorno

[5]Abstração: é a consideração das qualidades independentemente dos objetos a que pertencem, é processo pelo qual se isolam atributos de um objeto, considerando o que certos grupos de objetos tem em comum. Fonte: Dicionário Michaelis.

(conclusão)

Feedback	Sistemas cibernéticos	Ashby / Beer	Realimentação da informação	
	Sistemas sociais	Luhmann	Comunicação	No sistema e seu entorno
Ator / Operador	Teoria geral	Bertalanffy	Busca por parâmetros e estabilidade	Sistemas
	Sistemas cibernéticos	Ashby	Busca por parâmetros e estabilidade	Sistemas
	Modelização de sistemas	Le Moigne	Decisão, observação e modelagem	No sistema e seu entorno
Estabilidade	Sistemas cibernéticos	Ashby	Busca pela repetibilidade	Sistemas
Variedade	Sistemas cibernéticos	Ashby	Busca pela estabilização	Sistemas
Dimensão	Sistemas cibernéticos	Ashby / Beer	Comunicação e especialização	No sistema e seu entorno
	Sistemas sociais	Luhmann	Diferenciação entre sistema e ambiente	No sistema e seu entorno

Fonte: elaborado pelo autor.

Análises idênticas serão realizadas adiante para os demais tópicos da revisão bibliográfica considerando o mesmo objetivo da identificação de conceitos e tópicos com potencialidade para utilização como referenciais de controle no gerenciamento de um sistema.

2.2 O sistema produtivo

Uma definição pertinente para este estudo descreve um sistema produtivo como sendo:

> O encadeamento de atividades econômicas pelas quais passam e vão sendo transformados e transferidos os diversos insumos, incluindo desde as matérias-primas, máquinas e equipamentos, produtos intermediários até os finais, sua distribuição e comercialização. Resulta e implica em crescente divisão de trabalho, na qual cada agente ou conjunto de agentes especializa-se em etapas distintas do processo produtivo (LASTRES E CASSIOLATO, 2003, p. 17).

Alguns autores marcam a evolução da produção pelas mudanças do paradigma técnico-econômico.

> Ao longo da história, sucederam-se vários [paradigmas técnico-econômico], tais como: o da primeira revolução industrial (1770 a 1840), baseado na mecanização da produção e no dinamismo dos setores têxtil e seus equipamentos, fundição e energia hidráulica; o da produção em massa ou “fordismo” (1920 a 1970), cujos setores-chave foram o de automotivos, aeroespacial, bens duráveis e petroquímicos; e o atual (a partir de 1970), denominado de economia, era ou sociedade da informação, do conhecimento e do aprendizado, cujo segmento chave é o das tecnologias da informação e comunicação (LASTRES E CASSIOLATO, 2003, p. 18).

Nos últimos anos do Século XX e na primeira década do Século XXI presenciamos a evolução nas formas de produção influenciadas por diversos fatores. Os processos de globalização, a intensificação da interdependência econômica dos países, os processos eletromecânicos, a transição à eletrônica digital, a mudança comportamental do uso da informação, a horizontalização da produção, entre outras, marcam este período.

Sobre a horizontalização da produção Oliveira (1998, p. 4) comenta as mudanças sofridas pelo mercado quando os grandes grupos abriram suas linhas de produção à terceirização (outsourcing):

> [Existe] a passagem de uma era em que [empresas] [...] competiam pelo controle dos processos finais de montagem [e produção], buscando estender esse controle pelas cadeias verticais de comercialização do produto, para uma outra era, na qual a luta se dá em torno do estabelecimento e efetivo desenvolvimento de padrões de mercado para produtos. O poder sobre o mercado ganhou flexibilidade, podendo alojar-se em qualquer segmento da cadeia de valor, inclusive na arquitetura dos produtos, na produção de componentes ou no logicial. (OLIVEIRA, 1998, p. 4).

O contato destes diversos sistemas proprietários verticais de produção (sistemas com total controle de todos os seus processos), trabalhando em rede e em caráter de interdependência, gera o conceito de cadeia produtiva. Pela definição de Lastres e Cassiolato (2003, p. 16), uma cadeia produtiva pode ser de âmbito local, regional, nacional ou mundial. Podem ser identificadas a partir da análise de relações interindustriais expressas em matrizes insumo-produto. Com alguma diferenciação na forma do trabalho e influência geográfica temos os Arranjos Produtivos Locais (APL). Pela definição do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Governo do Brasil, um APL se caracteriza pela existência de um número significativo de pequenas, médias e/ou grandes empresas num território

e de indivíduos que atuam em torno de uma atividade produtiva predominante que compartilham formas percebidas de cooperação.

Pereira e Gomes (2006, p. 3) citam que um APL apresenta-se como um conceito abrangente que envolve os processos produtivos, a própria cadeia produtiva, a distribuição e comercialização de bens e serviços e também, suas interações com outros atores como governo, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa. Segundo Lastres e Cassiolato (2003, p. 16), ele pode conter uma cadeia produtiva estruturada localmente ou fazer parte de uma cadeia produtiva de maior abrangência espacial (por exemplo, de âmbito nacional ou mundial).

Todos os conceitos estão relacionados a sistemas complexos, com grande número de atores (diretos e intervenientes), processos, transformações e resultados que influenciam bilateralmente a evolução do ciclo produtivo. O resultado das transformações e processos em determinado momento afeta o fluxo adiante (e a tomada de decisão futura) e também o fluxo reverso (pelo *feedback* das informações, validando ou não, as decisões tomadas anteriormente).

2.2.1 A complexidade do sistema produtivo

O sistema produtivo precisa lidar com uma enorme rede de atores, instituições e organismos, todos se relacionando direta e/ou indiretamente. Trata-se de um relacionamento onde uma multiplicidade de fatores, ações, processos, decisões, cuidados e responsabilidades estão presentes. A informação que percorre a rede de relacionamentos exige legibilidade transversal e os resultados dos processos envolvidos podem aparecer distintos aos interesses primários de cada grupo. Tal relacionamento não conseguiria ser modelado senão como um sistema muito complexo. Trata-se na verdade, de vários sistemas complexos relacionando entre si, necessitando de contatos, de interligações e de traduções para as soluções próprias e auto reguladoras que cada sistema adota para existir.

Pereira e Gomes (2006, p. 4) citam que em um sistema complexo verifica-se uma série de partes internas (Linha Produtiva - LP) e externas (fornecedores,

mercado, transformadores de matéria-prima alternativa) que se sucedem de maneira mais ou menos linear e bem coordenada, porém, repleta de retroações. Para que um sistema seja ao mesmo tempo complexo e estável é necessário que ele associe, também de maneira bastante coordenada, um número limitado de interações a uma grande quantidade de elementos. Le Moigne (1994, p. 243) cita que a partir do conhecimento das interações e dos elementos objetiva-se conhecer o objeto a se desenvolver, interpretando-o a fim de antecipar o comportamento do fenômeno em situações variadas.

Tais interações, ora se representam por conexões abertas com relações em paralelo, em árvores, em sequência ou em série, ora se apresentam por conexões fechadas com relações de reciprocidade ou conflituosas – fontes de complexidade. Segundo Amaro (2008, p. 11), conceitos de complexidade, ordem, organização e informação qualificam um sistema e dão a medida da informação potencial nele contida:

> Complexidade é o fato de que existem mais possibilidades do que a capacidade de que todas venham a se realizar; as interações entre os elementos são possíveis se consideradas individualmente para cada elemento, mas as interações de todos com todos pode não ser suportável, pode congestionar o sistema. A seletividade impede o colapso das unidades complexas. [...]. Redução de complexidade significa que uma estrutura de relações entre elementos [de um sistema ou do entorno] se reconstrói em um número menor de relações em um sistema particular (AMARO, 2008, p. 11).

A interdisciplinaridade é, além de um fator de aumento de complexidade, outra característica do sistema produtivo e requer interligações de relações significantes como garantia de validade para todos os subsistemas envolvidos, que necessitam de tradução da informação que recebem e enviam. A quantidade e diversidade das informações processadas precisam ser disponibilizadas para toda a rede de envolvidos sem a menor possibilidade de ambiguidades.

Considerando mais uma característica da informação que circula pelo fluxo de um sistema produtivo, é importante perceber a existência de sua materialização sob as mais diversas formas de suportes (como desenhos técnicos, memórias de cálculos, listas de componentes, modelos tridimensionais reais e virtuais, etc.). Isto ocorre em função de eventos, pré-definidos ou não, que ocorrem nas linhas de ação e de retroação do fluxo de desenvolvimento ou produção em um

dado momento. Contudo, apesar da diversidade destes suportes, os conteúdos informacionais pertinentes a eles precisam necessariamente representar aquele produto (mesmo que naquele determinado evento ou numa posição definida no ciclo).

Também, é preciso considerar a existência de subsistemas dependentes de soluções técnicas diversas, de transformações logísticas de armazenamento, de deslocamento e de transporte. Toda esta complexidade necessita de representação para se tornar inteligível.

Nesta etapa da revisão bibliográfica foram analisados os conceitos relativos ao sistema produtivo, passando pelo paradigma técnico-econômico de acordo com Lastres e Cassiolato, pelos conceitos sobre cadeia produtiva e Arranjos Produtivos Locais e a complexidade destes sistemas, segundo Le Moigne. Mais alguns conceitos pertencentes a estes tópicos foram selecionados e relacionados seguindo a mesma orientação da análise anterior: procuram-se potenciais pontos de controle aptos ao gerenciamento de um sistema. O quadro abaixo apresenta os resultados:

Quadro 02 – Tópicos com potenciais de uso como referenciais elementares de controle em relação a complexidade dos sistemas produtivos.

Tópico com potenciais para pontos de controle	Teoria / referência de fundamentação	Referência ou autor	Relacionamento	Atuação
Transformações	Sistemas de Produção	Lastres e Cassiolato	Transformações insumos	No sistema
	Sistemas de Produção	Lastres e Cassiolato	Etapas distintas e sequenciadas	No sistema
	Modelização de sistemas	Le Moigne	Alteração do fluxo de troca de matéria, energia e informação	No sistema
Interdependência	Cadeia produtiva	Lastres e Cassiolato / Oliveira	Rede atores externos e intervenientes relacionados	Nos sistemas envolvidos
	Cadeia produtiva	Lastres e Cassiolato	Grande números de atores	Nos sistemas envolvidos
Linha produtiva	Modelização de sistemas	Le Mogne	Partes internas	No sistema
Linha externa	Modelização de sistemas	Le Mogne	Partes externas: fornecedores, transformadores e incentivos	No sistema e seu entorno

Fonte: elaborado pelo autor.

2.3 O gerenciamento do desenvolvimento de produto (GDP)

É comum se associar o Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos (GDP) com o negócio de uma empresa. Para as empresas a relevância está em saber qual será a contribuição do GDP para o sucesso empresarial com lucratividade, para a participação de mercado e para a inovação.

A viabilidade do desenvolvimento de um produto ou a modernização de outro já em produção depende das possibilidades da sobrevivência de longa data de mercado para tais produtos e conseqüentemente para a empresa. Esta expectativa define várias metas para a gestão, tais como a necessidade de análise prévia de mercado, de comparação com produtos concorrentes, da otimização dos processos produtivos, etc. Outra abordagem sobre o uso de metodologias de GDP se dá pela expectativa da melhoria do nível organizacional das empresas.

Hoje são várias as metodologias e sistemas de gerenciamento de desenvolvimento de produto disponíveis no mercado. Elas apresentam convergência de conceitos no tocante aos processos, atores e comportamento empregados. São vários os pontos comuns entre elas que:

- definem que os processos são divididos em estágios com controles intermediários.
- determinam que os pontos de decisão são mecanismos de controle de qualidade e critérios para iniciar/continuar/abortar/suspender/reciclar fases, processos ou produtos.
- definem que os processos de pré-desenvolvimento são decisórios (avaliação de viabilidade)
- requerem equipes especializadas interfuncionais com líderes com alto nível de autoridade/especialização.
- requerem mudanças na cultura e no ambiente organizacional das empresas.
- prevêem o gerenciamento de riscos.
- definem que processos de novos produtos são processos de qualidade sistêmica.
- definem que existem processos concorrentes (processos paralelos de equilíbrio).

- prevêem que o processo é orientado ao mercado e focado no consumidor.

O gerenciamento dos processos divididos em estágios com controles intermediários remete à necessidade do trabalho focado no produto (ou objeto) e no controle de todas as transformações sofridas por ele ao longo do ciclo. Tais transformações estabelecem locais de inflexões no fluxo do ciclo de desenvolvimento que podem ser considerados como pontos de passagens (ou gates), que representam a principal característica comum das metodologias.

Cheng e Leonel Filho (2006, p. 2) definem que, “as etapas de desenvolvimento do produto vão desde a identificação de oportunidades até o lançamento do produto passando pela pesquisa de mercado, seleção de conceito, projeto de produto e processos e da pré-produção”. A meta é atingir índices de sucesso pré-definidos interdisciplinarmente. Segundo eles, obter sucesso significa saber integrar os diversos agentes, tanto externos como parcerias, fornecedores e clientes, quanto internos como as áreas funcionais desde o setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) até o setor de produção. Isto de forma a trabalharem cooperativamente, com conceitos, métodos e técnicas qualitativas e quantitativas.

Características comuns de controle, definições e comportamentos, podem ser identificadas na descrição dos conceitos e nas especificações de muitas das metodologias GDP. Algumas delas, representativas de utilização no mercado de desenvolvimento de produto, serão apresentadas.

A metodologia *Design for Six Sigma* - DFSS

A *Design for Six Sigma* foi desenvolvida pela empresa Motorola e é um conjunto de práticas para melhorar sistematicamente os processos ao eliminar defeitos. Também definido como estratégia gerencial para promover mudanças nas organizações. Possui cinco fases:

- *Define the problem*: definição do problema
- *Measure key aspects*: mensurar os aspectos do processo atual;
- *Analyse the data*: analisar os dados para investigar relações de causa e efeito;

- *Improve the process*: melhorar e otimizar o processo baseado na análise dos dados usando técnicas como desenho de experimentos ou prova de erros. Padronizar o trabalho para criar um novo estado de processo. Executar pilotos do processo para estabelecer capacidades;
- *Control*: controlar o futuro estado de processo para assegurar que desvios sejam corrigidos antes que se tornem defeitos.

A metodologia *Engineering Methods for Robust Product Design* - EMRPD

A *Engineering Methods for Robust Product Design* ou Engenharia para Desenvolvimento de Produtos Robustos, consiste de procedimentos utilizados para otimizar a produção de produtos à mais alta qualidade possível. Definem processos de engenharia de produtos que são insensíveis às fontes de variabilidade na produção e uso do cliente. Concentra-se em desenvolver produtos que atinjam a aditividade, propriedade que reduz as interações negativas, preocupando inclusive com a otimização de custo, a qualidade, o tempo (de produção e de uso) e o reaproveitamento.

A Engenharia Simultânea

A CE – *Concurrent Engineering* - é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte, onde são considerados todos os elementos do ciclo de vida, desde a concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes. É caracterizada pela cooperação e o consenso dos atores, emprego de recursos computacionais (CAD/CAE/CAM/PDM/BIM) e utilização de normalizações e metodologias de qualidade.

A metodologia *Technology Roadmapping* - TRM

A *Technology Roadmapping* foi concebida pela Motorola e pela Corning. Nasceu da busca por processos que agilizassem o lançamento de novos produtos, focados na antecipação das necessidades dos clientes.

> É um método flexível, cujo objetivo principal é auxiliar na GDP no nível estratégico, integrando mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo. A lógica de integração baseia-se no estabelecimento de relações explícitas de causa-efeito entre mercado/negócio (*know-why*), produto/serviço (*know-what*) e tecnologia/recurso (*know-how*), de maneira a construir um modelo conceitual temporal que norteie o planejamento estratégico de desenvolvimento (CHENG e LEONEL, 2006, p.. 9)

Segundo Cheng e Leonel (2006, p. 10), os principais benefícios são prover o desenvolvimento, comunicação e implementação das estratégias ao longo do tempo, de maneira a integrar as áreas de mercado, produto e tecnologia.

A metodologia *Stage Gate DNP (Development New Products)*

Foi desenvolvida nos anos 1980 focada no gerenciamento de desenvolvimento de novos produtos ou melhoria dos já existentes. Caracterizada pelo trabalho de equipe multidisciplinar (incluindo até os profissionais que fabricarão o produto). É baseada no conceito de que o processo de desenvolvimento de um produto deve ser um processo de qualidade sistemático, abrangendo todo o ciclo de desenvolvimento (da idéia ao lançamento). Tal sistema deve ser concebido e ter o foco na gestão do risco. A metodologia disponibiliza então, múltiplos estágios com controles rígidos na transição entre eles (os *gates*). Possui ainda uma estrutura múltipla de pontos de controle ao longo do ciclo. É comumente adotada para o auxílio de tomada de decisões estratégicas.

A metodologia *Product Development Management Association* - PDMA

A *Product Development Management Association*[6] é uma metodologia que também atua no nível estratégico de decisões, focada na mensuração de desempenho do desenvolvimento de produtos. Destaca a necessidade de se considerar pelo menos três dimensões de análise no processo de desenvolvimento, como a satisfação do cliente, o retorno financeiro para a empresa e a vantagem tecnológica.

[6] A PDMA é uma sociedade sem fins lucrativos que organiza e divulga informações sobre o desenvolvimento de novos produtos. Fonte: site oficial www.pdma.org .

A metodologia Gestão de Portifólio.

A *Project of Portifolio Management* – PPM, compartilha conceitos envolvidos na gestão financeira (carteira de investimento) com foco na sobrevivência do negócio da empresa no tempo. A metodologia auxilia na tomada de decisões estratégicas, escolha, priorização, autorização e gerenciamento do trabalho de desenvolvimento de produto. Contudo o foco não está no custo, mas sim no valor do negócio para a empresa. Cheng e Leonel (2006, p. 11) citam a gestão de portifólio visando o alinhamento das estratégias funcionais à do negócio e alinhamento da estratégia dos projetos de desenvolvimento com a estratégia funcional da Pesquisa & Desenvolvimento e Engenharia.

Pontos comuns entre as metodologias estão relacionados com a necessidade de envolvimento de diversas áreas funcionais, possibilitando que decisões de desenvolvimento sejam multifuncionais e interdisciplinares. O quadro 03 apresenta um comparativo das metodologias quanto a suas áreas de atuação:

Quadro 03 - Comparativo das áreas de atuação das metodologias de gerenciamento de desenvolvimento de produtos.

Áreas de atuação das metodologias de gerenciamento de desenvolvimento de produto - GDP					
	Ator	**Performance**	**Estratégia**	**Produto**	**Comunicação**
DFSS - *Design for Six Sigma*	**X**			**X**	**X**
TRM - *Technology Roadmappings*			**X**	**X**	
EMRP - *Engineering Methods for Robust Product*				**X**	
CE - *Concurrent Engineering*				**X**	**X**
Stage Gate DNP (Development New producy)	**X**			**X**	
PDMA - *Product Development Management Association*	**X**	**X**			**X**
Gestão de Portifólio PPM – *Project Portifolio Management*			**X**	**X**	

Fonte: elaborado pelo autor.

A decisão pelo uso de determinada metodologia depende também do tipo de produto a ser desenvolvido e da estratégia adotada pela empresa. A atuação dos métodos pode ser concorrente, embora alguns se apresentem mais adequados ao desenvolvimento de produto que necessitam da integração de um grande número de atores e de grandes volumes de informação. Alguns métodos trabalham de forma macroscópica na obtenção dos pontos de decisão sem, contudo perderem confiabilidade.

O gerenciamento também compartilha processos de gerenciamento de projeto[7] com abordagens na Gestão de Projetos em conformidade com o PMI - *Project Management Institute*[8], com PRINCE[9], entre outros. Contudo, é consenso entre essas metodologias de gestão de projetos o incentivo à adoção das *Best Practices* (Boas Práticas), que é identificação das melhores técnicas para realizar determinada tarefa. Segundo o CNH GPD *Team - Case New Holland Global Product Development Group* (2000, p. 25) a adoção de boas práticas:

- auxilia na categorização de atividades que são logicamente agrupadas;
- fornece um quadro de compreensão de um aprendizado, ensino e implantação de *stand-points* (pontos de decisão);

[7] Em setembro de 2012, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a norma ABNT NBR ISO 21500:2012 – Orientações sobre Gerenciamento de Projetos, idêntica à norma ISO 21500:2012, *Guidance on Project Management*. O principal objetivo foi criar uma plataforma referência para as organizações e facilitar a transferência de conhecimento, princípios, vocabulários e processos atualmente praticados. A norma é basicamente um guia para o gerenciamento de projetos. Ela complementa a norma ISO 10006:2003 - *Quality management systems – Guidelines for quality management in projects*, que orienta sobre a aplicação de gestão da qualidade para projetos. Esta norma não foi consultada para a realização deste estudo. Fonte: site oficial http://www.abnt.org.br.

[8] PMI ou *Project Management Institute* é uma instituição internacional que estabelece padrões, provê seminários, programas educacionais e certificação para profissionais de gerência de projetos. Fundada em 1969, o PMI é considerado como a principal referencia mundial na elaboração e divulgação de boas práticas de gestão de projetos. O PM-BOK – *Project Management – Book of Knowledge* é a publicação oficial. Fonte: site oficial www.pmi.org.

[9] O PRINCE2 é um método de gerenciamento de projeto baseado em boas práticas de projeto estruturadas em sete princípios: a) justificativa de permanência no mercado (*Continued Business Justification*), aprendizado pela experiência (*Learn from Experience*), definição de regras e responsabilidades (*Defined Roles and Responsibilities*), gerenciamento por estágios (*Manage by stages*), gerenciamento de risco (*Manage by exception*), foco no produto (*Focus on products*) e adaptação do projeto ao contexto (*Tailor to suit the project environment*). Fonte: site oficial http://www.prince-officialsite.com.

- oferece abrangência de controle, pois pode se relacionar com todo o processo de desenvolvimento de produto ou pode se concentrar em um aspecto particular;
- auxilia no gerenciamento do fluxo de planejamento, execução, verificação e avaliação do sucesso do negócio;
- distribui responsabilidades, pois todos os membros da equipe principal são responsáveis pela realização bem sucedida dos requisitos;
- fornece uma excelente estrutura para a realização de marcos de revisões.

Mas a base para o gerenciamento eficaz do ciclo de vida é o conhecimento profundo sobre o produto, atores, processos e relacionamentos envolvidos em seu desenvolvimento e/ou produção:

> O conhecimento do produto a ser fabricado incluindo a análise da eficiência dos processos de manufatura, a normalização aplicada ao detalhamento técnico, à identificação dos insumos e serviços a serem obtidos [...] permite a aplicação de metodologias e de tecnologia informatizada de gerenciamento de projeto (PEREIRA, 2006, p. 6).

Nesta etapa da revisão bibliográfica foram analisados os conceitos relativos à utilização de metodologias de gerenciamento de desenvolvimento de produtos e de gerenciamento de projetos. Alguns outros conceitos pertencentes a estes tópicos foram também selecionados e relacionados seguindo a mesma orientação das análises anteriores. O quadro 04 apresenta os resultados.

Quadro 04 – Tópicos com potenciais de uso como refrenciais elementares de controle em relação às metodologias de gerenciamento de desenvolvimento de produtos (continua).

Tópico com potenciais para pontos de controle	Metodologia de fundamentação	Relacionamento	Atuação
Processadores elementares	EMRPD, *Stage Gate*, DFSS, PDMA	Rede e intervenção sobre a envolvente	No sistema e seu entorno
Processadores de decisão	EMRPD, *Stage Gate*, DFSS, PDMA, TRM, Gestão de Portifólio, CE	Processadores de informação	No sistema e seu entorno
Tempo	PDMA, TRM, Gestão de Portifólio	Tempo para desenvolvimento	Entorno do sistema
	EMRPD, CE	Tempo para desenvolvimento	No sistema e seu entorno

(conclusão)

Histórico	EMRPD, Stage Gate, DFSS, PDMA, TRM, Gestão de Portifólio, Conceito Plataforma, CE	Cronologia dos estados, fenômenos e eventos registrados	No sistema e seu entorno
Objeto	EMRPD, Stage Gate, DFSS, PDMA, TRM, Gestão de Portifólio, Conceito Plataforma, CE	Identificação, mapeamento e rastreabilidade	No sistema e seu entorno
Transições	EMRPD, Stage Gate, DFSS, PDMA, TRM, Gestão de Portifólio, Conceito Plataforma, CE	Alternância de eventos	No sistema
		Alteração do fluxo	No sistema e seu entorno
		Locais de controle	No sistema e seu entorno

Fonte: elaborado pelo autor.

2.4 O gerenciamento da cadeia produtiva

O conceito de cadeia produtiva pertinente a este estudo define que se trata de uma rede de atividades com o objetivo de se produzir bens (ou serviços), formada por uma sucessão de atividades nas quais matérias-primas e insumos vão sendo transformados até obtenção de um produto e de sua colocação no mercado. Atores e instituições são integrados por diversos processos e transações que afetam as decisões e as validações das ações ao longo de seu desenvolvimento. O seu gerenciamento se mostra complexo em função da necessidade de integração por meio do entendimento elementar de seu funcionamento. Considerando como objetivo a modelagem deste sistema, temos com Le Moigne (1995, p. 293), a definição de que todo modelo, em seu contexto, pode ser representado como um processo que implica uma ação exercida por um objeto sobre seu meio (e também as ações recebidas por ele e exercidas por outros objetos presentes no contexto), existindo um processamento que leva a uma mudança. Ele é representado recebendo ações (os entrantes IN) e emitindo ações após processamento (os efluentes EX). As mudanças provocadas, que dizem respeito à matéria, à energia ou à informação, são identificadas pelos referenciais TEF - Tempo (estocagem, acumulação), Espaço (transporte ou transmissão), e Forma (transformação) – os processadores pTEF, ou processadores elementares.

Para se definir um sistema é preciso identificar ao menos dois processadores elementares em inter-relação, sobre os quais os entrantes de um possam influir sobre os efluentes do outro e vice-versa, formando uma retroação.

> As interações produzidas pelos processadores podem originar-se de conexões abertas (arborescentes) e fechadas (retrocedentes). As relações arborescentes se representam por relações em cascata, em paralelo, em cadeia aberta, ramificada, em árvore, em seqüência ou em série. As relações retrocedentes, ao contrário, constituem-se de relações enlaçadas, fechadas, recíprocas ou conflituosas, que são percebidas como fonte de complexidade (PEREIRA e GOMES, 2006, p. 4).

Identifica-se então, uma distinção entre um sistema complexo e um sistema complicado - no qual os numerosos processadores são conectados unicamente por relações arborescentes. Segundo Morin (2000, p. 47), a complicação relaciona-se mais aos inputs-outputs e à quantidade de inter-retroações e está numa noção mais quantitativa. É no nível operacional da cadeia que estas relações arborescentes mais se manifestam, principalmente em função dos processos da produção. Pereira e Gomes (2006, p. 04) descrevem que esta cadeia pode ser constituída pelos seguintes elementos conceituais:

- Linha Produtiva (LP): todos os processos envolvidos na manufatura de um semi-produto, classificada pela matéria-prima;
- Processo (p): sequência de operações, que envolve matéria-prima e serviços para obtenção de um semi-produto;
- Semi-produto (SPr): resultado das sequências de operações de produção em uma linha produtiva;
- Ponto de Controle (PtC): ponto de obtenção de informações sobre a evolução da interação;
- Refugo (Rf): emissões geradas durante o fluxo de materiais, podendo ser descartadas ou reaproveitadas.

Durante as inter-relações ocorrem fluxos de troca de matéria (materiais e objetos tangíveis), energia e informação (signos ou símbolos). A organização se constitui em torno de uma memória, ou seja, de informação e comunicação. É uma rede de processadores elementares operacionais conduzidos e coordenados por processadores de decisão que aprendem e decidem através da transferência de informações realizada pelos processadores de informação.

A informação é processada nos níveis operacional, informacional e decisório, sendo a transferência de informações o elemento chave de interação.

> Cabe ressaltar que a fase de concepção, design e desenvolvimento do produto, intervindo sobre os conceitos no fluxo de informação trocado no sistema, traz consigo a propriedade fundamental de decisão. Os processadores de decisão são os detentores dos projetos e finalidades do sistema, sendo capazes, também, de gerar informação sem necessariamente ter ligação com entrantes ou efluentes. (PEREIRA e GOMES, 2006, p. 6).

Considerando todo o ciclo de vida do produto, destacando a fase inicial que compreende o ciclo de desenvolvimento, as etapas de conceituação e de projeto possuem a característica de lidar com a transferência de informações de maneira convergente e divergente. A etapa convergente da transferência de informação caracteriza-se pelo processamento de grande quantidade de informação, que após processada, converge a uma informação essencial de decisão (da diversidade de decisão para a informação elementar). A etapa divergente caracteriza-se pela geração de informação traduzida (de forma multidisciplinar), necessariamente dirigida às linhas produtivas (da informação elementar para a diversidade de traduções técnicas de produção).

A fase de produção possui a característica de processar toda informação traduzida, materializá-la por seus processos para obtenção de semi-produtos e converge-los para a obtenção do produto final (PEREIRA e GOMES, 2006, p. 07). O principal conceito envolvido refere-se ao entendimento de que um determinado produto, em seu ciclo de vida, sofre um processo de transformação gerando diversas informações, que apesar de distintas, devem necessariamente representar aquele produto. Procura-se então, a identificação e quantificação de etapas do processo de transformação do produto e as interações realizadas ao longo da cadeia, bem como a identificação dos tipos de conteúdo informacional trocado nessas interações (PEREIRA e GOMES, 2006, p. 08). Desta forma, torna-se pertinente definir que o ciclo de desenvolvimento de produto e sua cadeia produtiva podem ser interpretados por intermédio do controle de suas interações e das informações processadas, de forma a favorecer o mapeamento e a identificação da tecnologia produtiva, das emissões ambientais e refugos gerados. Cada interação é, portanto, susceptível de conter um mecanismo de controle ou um ponto de controle (PEREIRA e GOMES, 2006, p. 08).

Nesta etapa da revisão bibliográfica foram analisados os conceitos relativos à cadeia produtiva e as características aplicadas ao ciclo de desenvolvimento para que propiciem uma modelagem destes sistemas. O quadro abaixo apresenta tópicos relacionados a estes conceitos:

Quadro 5 – Tópicos com potenciais de uso como referenciais elementares de controle em relação à cadeia produtiva e ciclo de desenvolvimento de produto.

Tópico com potenciais para pontos de controle	Teoria / referência de fundamentação	Autor da teoria / referência	Relacionamento	Atuação
Processadores elementares	Modelização de sistemas	Le Moigne	Rede e intervenção sobre a envolvente	No sistema e seu entorno
Processadores de decisão	Modelização de sistemas	Le Moigne	Processadores de informação	No sistema e seu entorno
Tempo	Modelização de sistemas	Le Moigne	Processador elementar (estocagem e acumulação)	No sistema e seu entorno
Espaço	Modelização de sistemas	Le Moigne	Processador elementar (transporte e transmissão)	No sistema e seu entorno
Forma	Modelização de sistemas	Le Moigne	Processador elementar (transformação)	No sistema e seu entorno
Transições	Modelização de sistemas	Le Moigne	Alternância de eventos	No sistema e seu entorno
	Modelização de sistemas	Le Moigne	Alteração do fluxo	No sistema e seu entorno
Inter-relação	Modelização de sistemas	Le Moigne	Entre um mínimo de dois processadores elementares	No sistema e/ou seu entorno
	Gerenciamento integrado	Pereira e Gomes	Conexões abertas (relação em cascata)	No sistema
	Gerenciamento integrado	Pereira e Gomes	Conexões fechadas (relação enlaçada e com *feedbakc*)	No sistema e seu entorno
	Gerenciamento integrado	Pereira e Gomes	Possibilidade de ser referencial de controle	No sistema e seu entorno
Histórico	Modelização de sistemas	Le Moigne	Cronologia dos estados, fenômenos e eventos registrados	No sistema e seu entorno
Objeto	Modelização de sistemas	Le Mogne	Identificação, mapeamento e rastreabilidade	No sistema e seu entorno

Fonte: elaborado pelo autor.

Todos os resultados das abstrações apresentadas nos quadros anteriores serão posteriormente analisados quanto à possibilidade de sua utilização como ponto de controle em um modelo de gerenciamento.

3 A MODELAGEM CONCEITUAL E AS FERRAMENTAS DE REPRESENTAÇÃO: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DO CASO DO ABSORVEDOR SONORO

3.1 – A modelagem conceitual

A modelagem conceitual é entendida como o ponto de partida para os processos de modelagem lógica de dados. Modelagem de dados é parte importante do desenho de um sistema de informação. É atividade de especificação das estruturas de dados e de seus relacionamentos e atende a três perspectivas: modelagem conceitual, modelagem lógica e modelagem física. A modelagem conceitual é usada como representação de alto nível para o mundo real sob o ponto de vista do modelador (ou observador). A modelagem lógica agrega alguns detalhes de implementação para o modelo conceitual e a modelagem física cuida da disposição física dos dados. A modelagem conceitual é a mais pertinente a este estudo. Interessa o modelo conceitual por ser a representação dos conceitos e características observadas no ambiente e por possibilitar total independência das particularidades de implementação, o que propicia a modelação pura e simples de quaisquer sistemas de informação (complexos ou não).

> Define-se como modelo conceitual aquele em que os objetos, suas características e relacionamentos têm a representação fiel ao ambiente observado, independente de limitações quaisquer impostas por tecnologias, técnicas de implementação ou dispositivos físicos. Nesse modelo, devemos representar os conceitos e características observados em um dado ambiente voltando-nos simplesmente ao aspecto conceitual (COUGO, 1997, p. 8).

Gomes (2011, p. 04) indica que este modelo é utilizado para o nível de conversação, entendimento, transmissão, validação de conceitos e mapeamento do ambiente. Utiliza ferramentas de modelagem (conceitos, terminologia, símbolos, grafismo e estratégias) óbvias, naturais e mais exatas possíveis, para facilitar a compreensão da simbologia e dos conceitos abstratos do mundo real. A modelagem conceitual é considerada ferramenta da fase de análise e conceituação e não da fase de execução. Esta independência se mostra interessante por garantir a possibilidade do incremento do modelo conceitual gerado, no qual se pode ampliar sem o risco de se perder a modelagem anterior, protegendo-o de evoluções

tecnológicas ou normativas. Ao se necessitar migrar para uma nova tecnologia, volta-se ao modelo conceito e redefini-se um novo modo de implementação:

> Podemos então, trabalhar em nossos modelos concentrados puramente nos aspectos conceituais obtendo mais e melhores detalhes sobre os objetos que nos interessam naquele momento, podendo acrescentar outros ao modelo original se isto se mostrar necessário (GOMES, 2011, p. 02)

Estas características muito interessam ao gerenciamento do ciclo de vida de um produto, visto a possibilidade de se criar um modelo conceito que pode ser utilizado por diversas metodologias ou mesmo ser implementado nas diferentes plataformas e bases de dados existentes.

3.2 Os objetos e a modelagem do mundo

Um objeto é reconhecido no mundo por suas características, funções e forma de se relacionar com atores ou com outros objetos. Os objetos do mundo real compartilham duas características: estado e comportamento. Os cães, por exemplo, possuem “estados” como nome, cor, raça, fome e “comportamentos” como latindo, buscando, abanando a cauda, etc. Além destas características, os objetos carregam atributos. São os atributos (e seus relacionamentos) que definem e classificam um objeto. Cita Melo (2005, p. 15) que quando observa-se objetos em um ambiente estamos na verdade os classificando por seus atributos. Distingui-se imediatamente uma cadeira de uma pessoa a partir da verificação de uma série de atributos já reconhecidos. Porém, uma árvore possui atributos que a definem e que são aplicáveis a quase totalidade das árvores. É através da análise dos atributos que pode-se enquadrar os objetos numa outra entidade chamada classe. Melo (2004, p. 17) define que uma classe agrega objetos que possuem atributos caracterizadores identificados pelas finalidades:

- Descritiva, que se aplica à representação dos atributos intrínsecos ao objeto;
- Nominativa, que se aplica à definição de nome ou rótulo de identificação;
- Referencial, que se aplica a associação ou ligação de um objeto com uma alocação.

Depois de se observar os objetos e mapeá-los dentro de um universo é necessário identificar como tais objetos se comportam com relações a outros objetos dentro daqueles limites. Percebe-se que cada objeto pode se relacionar com diversos outros objetos independentemente do seu tipo. Schmuller (2009, p. 39) define que pode-se então encontrar dois grupos básicos de relacionamento:

- O grupo de relacionamento entre objetos de diferentes tipos, que é o mais frequentemente observado e que gera relacionamentos mais facilmente identificáveis e caracterizáveis, como por exemplo, um objeto madeira com o objeto cadeira que gera um relacionamento identificado como “matéria-prima” ou,
- O grupo de relacionamento entre objetos de tipos iguais, como por exemplo, madeiras de uma mesma espécie de árvore, mas com variações de cor.

Este foco no objeto e na sua identificação dentro de um limite observável de mundo tem na Modelagem Orientada a Objeto os conceitos adicionais que incrementam a modelagem conceitual.

3.2.1 - A Modelagem Orientada a Objeto (MOO)

A Modelagem Orientada a Objeto é um paradigma de desenvolvimento de sistemas de informação, que possui fortes bases conceituais e se apresenta como um dos melhores e mais natural método de abstração de conceitos do mundo real. Por sua qualidade na geração semântica de modelos conceituais é base de trabalho no campo da inteligência artificial e da linguística. A análise e modelagens orientadas a objetos têm como meta identificar o melhor conjunto de objetos para descrever um sistema, cujo funcionamento se dá através do relacionamento e troca de mensagens entre os objetos.

A MOO acrescenta conceitos adicionais aos da modelagem conceitual que otimizam a modelação de sistemas complexos, possibilitando gerar uniformização dos modelos resultantes, podendo ser utilizados desde a fase de análise até fase de execução e implementação. Melo (2004, p. 32) explica estes conceitos adicionais:

- Métodos - definem as habilidades dos objetos. Por exemplo, um pardal é um objeto pertencente à classe Aves e possui a habilidade Voar que é implementada no modelo pelo método Bater Asas.
- Herança – permite que uma classe possa se estender a outra classe, aproveitando seus comportamentos (métodos) e quase todos os atributos. Por exemplo, o eucalipto utilizado na fabricação de uma mesa (objeto pertencente a classe Móveis) leva suas características acerca do tipo de rejeito gerado, quando utilizado na fabricação de uma cadeira. A cadeira é um objeto que pertence a uma variação da classe Móveis (para sentar).
- Encapsulamento - consiste na separação de aspectos internos e externos de um objeto. Por exemplo, você não precisa conhecer os detalhes dos circuitos internos de um telefone celular para utilizá-lo.
- Abstração - é a habilidade de se concentrar nos aspectos essenciais de um contexto qualquer, ignorando características menos importantes ou acidentais. Em modelagem orientada a objetos, uma classe é uma abstração de entidades existentes no domínio de um sistema.

Uma programação baseada na orientação a objetos, basicamente implementa um conjunto de classes que definem os objetos de um sistema, determinando seu comportamento (métodos) e seus estados (atributos), bem como os relacionamentos possíveis. Este embasamento teórico torna a modelagem conceitual baseada no paradigma da orientação a objeto, uma modelagem mais rica em semântica.

Um bom exemplo de desenvolvimento de novos sistemas digitais baseados neste paradigma são os *softwares* da classe BIM (*Building Information Modeler*). Tal ferramenta de auxílio ao desenvolvimento de produtos nasceu quase como uma exigência das áreas de arquitetura e engenharia envolvidas com obras, montagens e construções.

Os sistemas de BIM[10] basicamente associam em uma única plataforma ferramentas de modelagem de sólido, associada a bancos de dados e trabalho com modelos pré-definidos de produtos.

3.2.2 As ferramentas da UML (*Unified Modeling Language*)

Os primeiros métodos de orientação a objetos surgiram como um novo e revolucionário paradigma para desenvolvimento de sistemas. Contudo, surgiram sem uma padronização. Silva (2001, p. 09) cita que eles focavam ações de modelamento diferentes: o Método Booch focava no desenho dos objetos, o método OMT (*Object Modeling Technique*) na modelagem semântica, o método OOSE (*Object Oriented Soltware Engineering*) focava na análise dos requerimentos utilizando casos de uso e o método de Coad/Yourdon[11] nos relacionamentos por meio dos conceitos de agregação, generalização, especialização, associações, conexões e mensagens. A UML é o resultado da unificação destes métodos[12], tornando-se uma linguagem padronizada para a modelagem de sistemas de software orientados a objetos. Por ser desenvolvida como linguagem de alto nível, opera em uma camada acima da implementação. Isto quer dizer que pode ser trabalhada de forma conceitual (somente modelo) ou em base direcionada (para

---

[10] A ferramenta BIM possui a característica multidimensional incremental de gerenciamento. Parte da representação por um modelo sólido de um objeto (dimensões 3D), somada aos relacionamentos possíveis com outros objetos e outras dimensões de controle (nD - inúmeras dimensões). Estas outras dimensões ampliam as capacidades e a resolução do controle no desenvolvimento do produto:

- Atribui-se a dimensão Tempo (DT) para um gerenciamento 4D, tornando possível o gerenciamento de atividades de desenvolvimento e obras com análise de tempo, cronogramas e calendários integrados.
- Atribui-se a dimensão Custo (DC) para um gerenciamento 5D, tornando possível o gerenciamento de atividades de desenvolvimento e obras com custo e avaliações financeiras integrados.
- Atribui-se a dimensão Operação (DO) para um gerenciamento 6D, tornando possível o gerenciamento de atividades de desenvolvimento e obras com estimativas de uso, manutenção, etc.

A estrutura original e habitual dos ambientes de trabalho CAD 2D (*Computer Aided Design*) ainda está presente e é utilizada como base de elaboração convencional para geração de documentação (detalhamento técnico, especificações, etc.).

[11] Peter Coad e Ed Tourdon dividiram a análise orientada a objetos em classes e objetos. Dentro deste contexto, os objetos são relacionados por meio dos conceitos de associação (relacionamento entre duas classes que permite que um objeto faça com que outro objeto realize uma ação em seu lugar), agregação (uma associação binária), generalização/especialização (baseada na reunião de propriedades particulares entendidas como correlatas), conexões e mensagens (solicitações de processamentos) (Silva, 2004; Melo, 2004).

[12] A fusão veio em 1994 (da Hewlett-Packard com D. Coleman) e foi chamado de método de segunda geração. Hoje se encontra na versão 2.0 (Silva, 2004).

integração com banco de dados e ferramentas CASE[13]). Hoje o desenvolvimento da UML está a cargo da OMG - *Object Management Group*[14] e existem algumas ofertas de softwares *opensource* (software livre) de UML disponível na internet.

A UML é uma linguagem de modelagem não proprietária (não gera arquivos próprios de uso exclusivo) e não é uma metodologia de desenvolvimento de sistemas, mas sim ferramenta de modelagem e de auxilio na visualização do desenho de um sistema baseados em diagramas padronizados. Sua notação gráfica também especifica significados, isto é, semântica. É uma notação independente de processos e é baseada na compilação das "melhores práticas" de engenharia de software na modelagem de sistemas grandes e complexos.

Seus diagramas prevêem quase toda possibilidade de ações, processos, arranjos, interações, entradas, saídas, tarefas, etc. Estes diagramas contêm os elementos gráficos dispostos para ilustrar determinada parte ou aspecto do sistema. Eriksson (2004, p.20) explica que a UML utiliza doze tipos de diagramas e que vários tipos podem ser usados conjuntamente. Um diagrama faz parte de uma especificação e quando gerado é atribuído a ele a representação de um ponto de vista dependendo do conteúdo e/ou intenção, sintaxe, significado ou interação do modelo. A diversidade de diagramas permite representar um sistema qualquer, sob várias óticas, perspectivas e especializações garantindo uma abstração quase perfeita do mundo real. Um modelo de um sistema "desenhado" por UML descreve como será aquele sistema, mas não diz como ele será implementado.

Silva (2001, p. 10) e Eriksson (2004, p. 20) listam os diagramas:

- Diagrama de Casos de Uso;
- Diagrama de Atividades;
- Diagrama de Interação (com Diagrama de Sequência e de Colaboração);

---

[13] Ferramentas CASE (do inglês *Computer-Aided Software Engineering*) é uma classificação que abrange todas as ferramentas baseadas em computadores que auxiliam atividades de engenharia de software, desde análise de requisitos e modelagem até programação e testes. Podem ser consideradas como ferramentas automatizadas que tem como objetivo auxiliar o desenvolvedor de sistemas em uma ou várias etapas do ciclo de desenvolvimento de software.

[14] A OMG - *Object Management Group* é uma organização sem fins lucrativos, composta por 11 grandes empresas do setor de desenvolvimento de *software* e por uma comunidade aberta de programadores e especialistas. Fonte: www.omg.org

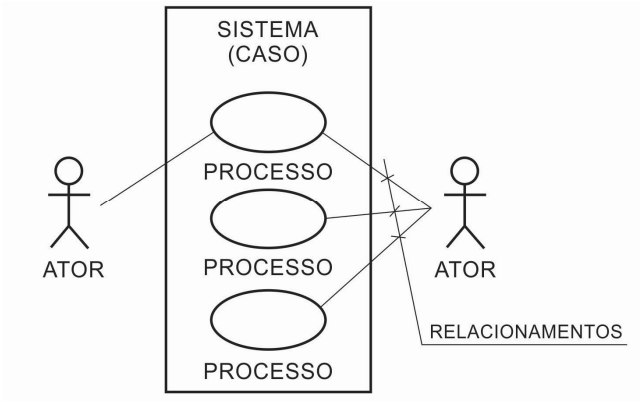
- Diagrama de Objetos;
- Diagrama de Classe;
- Diagrama de Estados;
- Diagrama de Sequência;
- Diagrama de Gráficos de Estados.

Para a proposta da modelagem deste estudo, focada na obtenção de pontos de controle para o gerenciamento do ciclo de vida do produto, interessam os Diagramas de Caso de Uso e os Diagramas de Atividades.

3.2.2.1 Diagrama de casos de uso:

É um modelo de diagrama que mostra a descrição de uma funcionalidade e o comportamento do sistema como o usuário percebe e está diretamente relacionado aos atores. Ele representa um número de atores internos e externos e seus relacionamentos para cada uso específico do sistema.

Figura 04 – Diagrama de Caso de Uso.



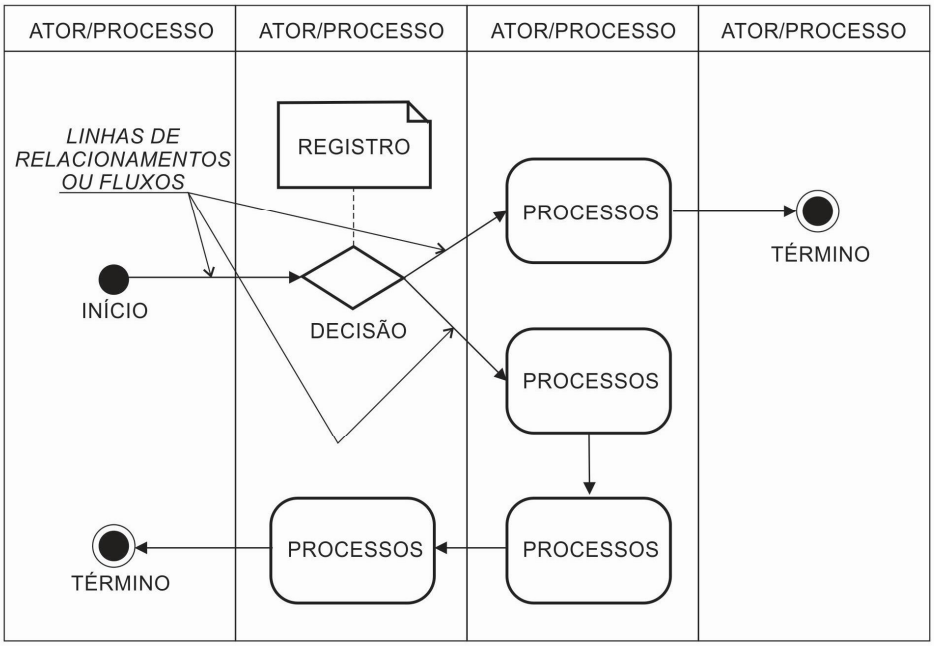
Fonte: OMG traduzido pelo autor

O diagrama de caso de uso é uma unidade discreta da interação entre um usuário (humano ou máquina) e o sistema, descrevendo sequências de eventos para um ator que usa o sistema para completar um processo (COCKBURN, 2005, p. 31; ERIKSSON, 2004, p.19 e OMG, 2011, p. 76). A importância da especialização de ator é evidente.

3.2.2.2 Diagramas de Atividades

É um modelo de diagrama que representa o fluxo de ações e atividades realizadas em um *workflow* geral de processos, podendo também especificar mensagens e transformações de objetos. Ele representa os fluxos conduzidos por processamentos, possibilitando o controle da transição de uma atividade para outra (WILSON FILHO, 2000, p. 65; ERIKSSON, 2004, p. 26 e OMG, 2011, p.84). Os diagramas de atividade não são importantes somente para a modelagem de aspectos dinâmicos de um sistema, mas também por disponibilizar condições para a construção de sistemas executáveis por meio de ferramentas de engenharia de software.

Figura 05 – Diagrama de Atividade.



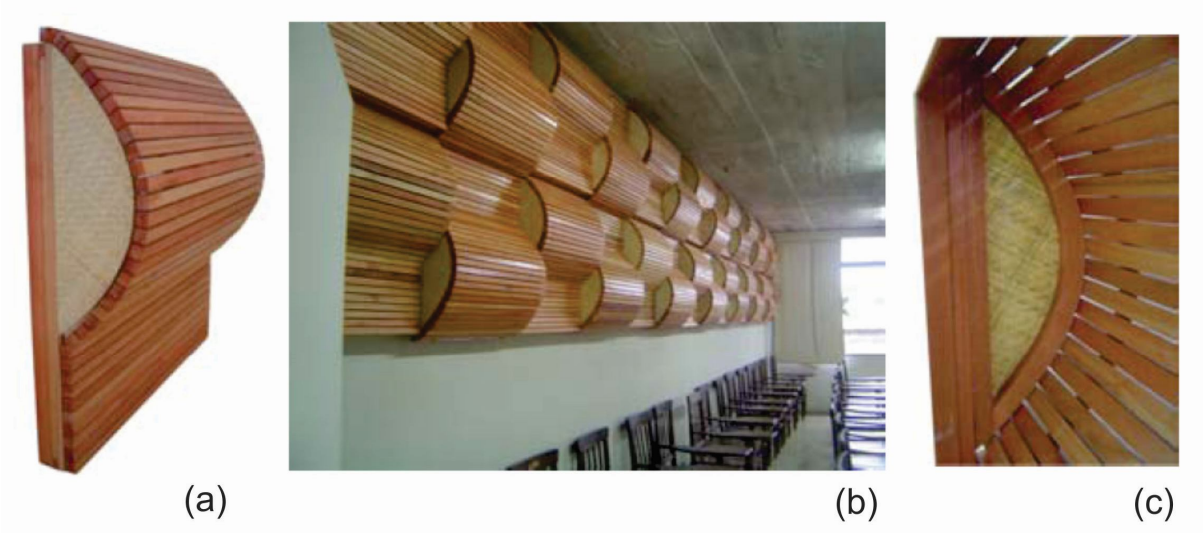
Fonte: OMG traduzido pelo autor

3.3 A abstração dos conceitos da modelagem conceitual para gerenciamento do ciclo de vida de um produto: o absorvedor sonoro

O absorvedor sonoro que será apresentado é um componente arquitetônico para controle acústico desenvolvido pelo Projeto de Pesquisa ECOPOLO – Sustentabilidade para o pólo moveleiro do Vale do Jequitinhonha:

Diversificação e valorização do uso de madeira de eucalipto através do design de componentes arquitetônicos e da certificação de produtos madeireiros, cujos objetivos são fornecer meios para que o incipiente polo moveleiro possa efetivar uma produção sustentável (PEREIRA, SOUZA e PÊGO, 2008, p. 02).

Figura 06 – Absorvedor sonoro: a) unidade; b) detalhe interno da construção; c) instalação em uma sala da Escola de Arquitetura - UFMG.



Fonte: Pereira, Souza e Pêgo, 2008.

Pereira, Souza e Pêgo (2008, p. 06, 08 e 09) citam que são vários os desafios para o desenvolvimento do projeto, sendo necessárias adequações mínimas para implantação de:

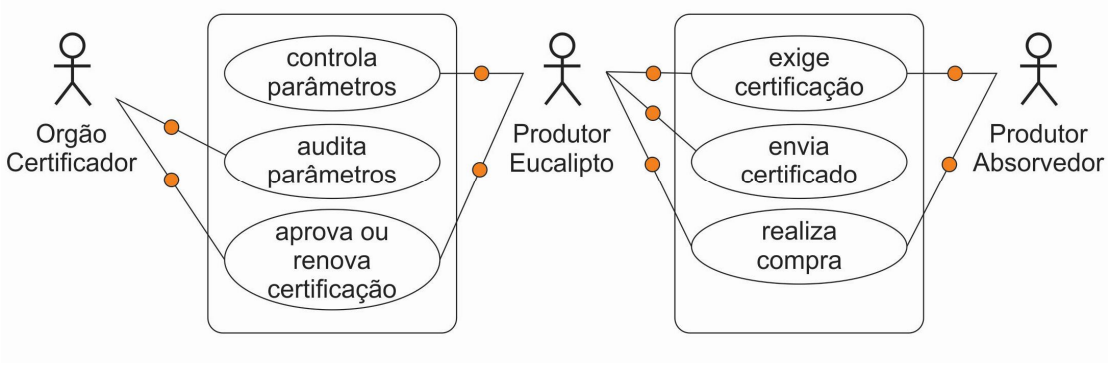
- Conceitos eco-orientados para o produto;
- Conhecimentos sobre conforto ambiental;
- Critérios para atender às demandas de mercado;
- Critérios para incrementar a competitividade das empresas produtoras pelo comprometimento ambiental;
- Critérios de melhoria dos produtos pela adoção de metodologias de design;
- Critérios de implantação de processos de certificação;
- Critérios para conscientização da necessidade do controle da qualidade na estrutura produtiva atual; e,
- Critérios de “projeto sustentável” (considerações sobre conforto) para edificações.

Neste último tópico está a responsabilidade pela escolha do desenvolvimento de um produto eco-orientado e voltado ao conforto acústico dos edifícios. Os relacionamentos entre os tópicos apresentam complexidade sistêmica, uma vez que trabalham com informações de caráter decisório em todas as fases de desenvolvimento do produto. São diversos sistemas e respectivos atores gerando relacionamentos que influenciam no sucesso da implantação. Alguns atores são identificados abaixo:

- o produtor do absorvedor sonoro;
- o *designer*;
- o cliente;
- o fornecedor de madeira certificada;
- o governo;
- os órgãos normalizadores; e
- os órgãos certificadores ambientais.

Para a demonstração da modelagem, a figura 07 apresenta um diagrama de caso de uso UML com a representação dos relacionamentos entre atores de três sistemas envolvidos em um dos processos do projeto. São eventos que devem ser controlados, por se tratar da validação de uma compra de madeira certificada, um dos critérios críticos de decisão. Observar que o negócio será válido somente se todos os controles forem positivos:

Figura 07 – Modelagem dos eventos de relacionamento entre um grupo de atores para a validação do processo de negócio



Fonte: modelado pelo autor.

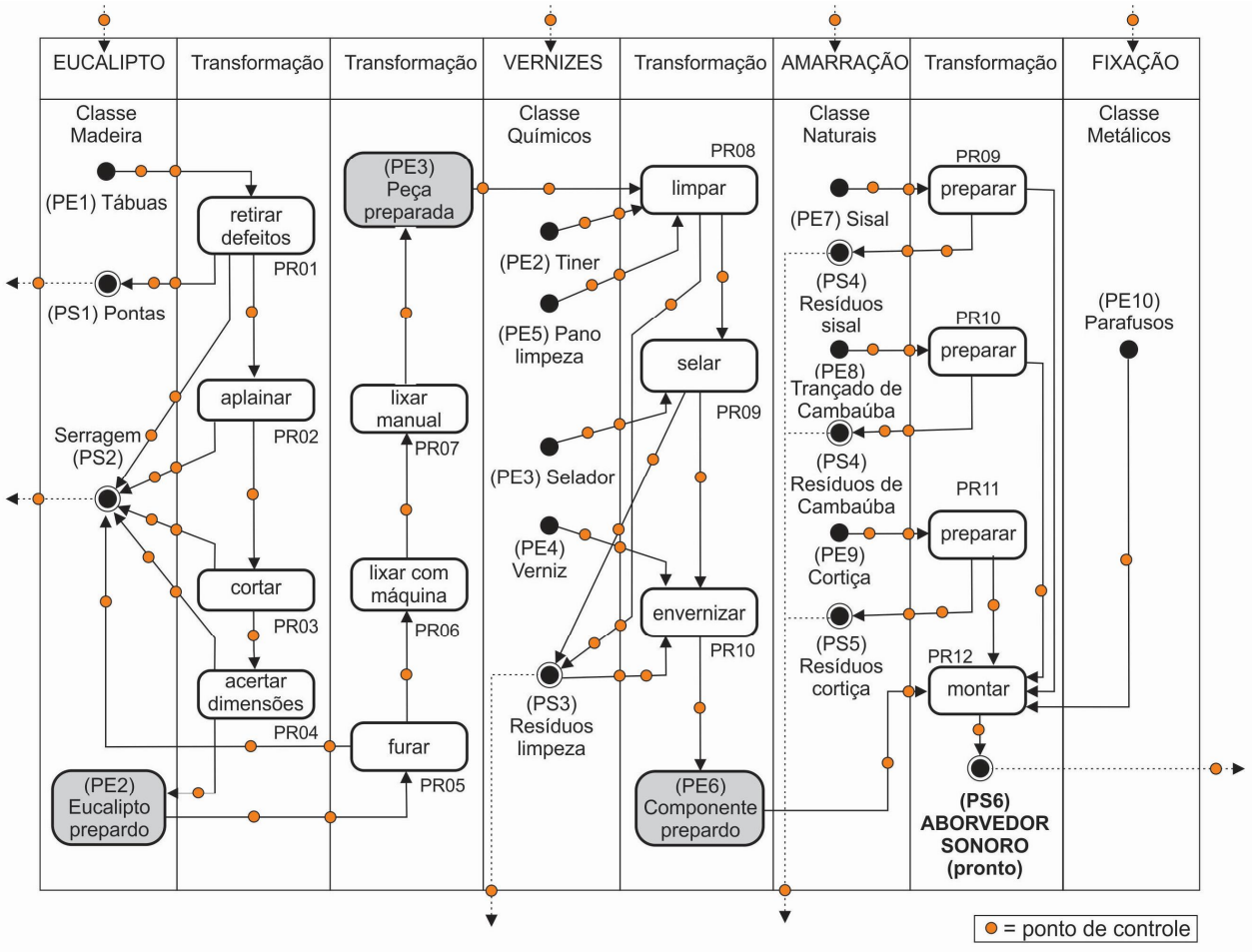
Para a demonstração dos fluxos de atividades e processos, a figura 08 apresenta um diagrama de atividades UML com a representação dos processos produtivos do atenuador sonoro. Entretanto é necessária uma definição prévia mais detalhada do produto. Isto para propiciar uma representação de controle dos processos com uma resolução maior de modelagem, a que favorece a gestão.

Pereira, Souza e Pêgo (2008, p. 06) definem que o absorvedor sonoro é constituído de módulo caixa com geometria que possibilita a formação de um colchão de ar que permite a absorção do som proporcionando um ambiente agradável. A parte curva apresenta absorção total de 24 UMA (unidades de métricas de absorção). Cabe à parte reta uma absorção de 7 UMA. O material utilizado foi madeira de eucalipto certificada, formando as laterais e os ressonadores que são montados frontalmente, com espaços entre os mesmos, responsáveis pela entrada do som. Arruelas de cortiça são previstas para evitar que os ressonadores vibrem com as ondas sonoras e criam espaços entre os mesmos, responsáveis pela entrada do som. São utilizados para a montagem, corda de sisal para amarração, trançado de fibras de cambaúba (um tipo de bambú) e parafusos metálicos para a fixação. A partir de cálculos sobre a quantidade de absorção sonora necessária para o conforto acústico de um dado ambiente é possível especificar a quantidade de absorvedores sonoros que devem ser aplicados.

Observar no diagrama representado na figura 08 que a modelagem representa os entrantes, efluentes, suas linhas de fluxo de relacionamento produtivo, estados iniciais, intermediários (box cinza) e finais, etc.

As classes de objetos/produtos estão representadas nas colunas nominativas (em maiúsculas) e os processos elementares nas colunas “Transformação”. Pode-se abstrair um ponto de controle elementar para cada linha de fluxo e para cada evento de transformação (a transição entre as colunas).

Figura 08 - Modelagem dos fluxos produtivos para absorvedor sonoro. Representado em um diagrama de Atividade – UML



Fonte: modelado pelo autor.

É um modelo básico para produção do absorvedor no qual toda a complexidade é representada sem reducionismo.

Uma aplicação direta deste tipo de modelagem (quando não direcionada aos desenvolvedores de sistema e programação de softwares) são as interfaces com o usuário dos novos softwares de cálculo de balanço de massa e de energia dos sistemas de análise do ciclo de vida.

A análise do ciclo de vida ou ACV é um método de avaliação que considera os aspectos ambientais em todas as diferentes fases que compõem a vida de um produto. A Norma NBR ISO 14040 - Gestão ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida, apresenta sua descrição e definição e oferece ferramentas para tomadas de decisão bem como avaliação sobre as formas adotadas para se obter os produtos orientados ao menor impacto ambiental.

> ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (...), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. (NBR 14040:2001, p.02)

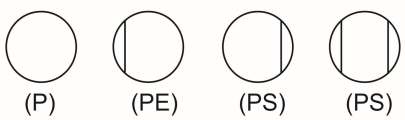
As normas avaliam o impacto da utilização–liberação de materiais e gastos energéticos, visando identificação da possibilidade de implementação de melhorias ambientais, além de aproveitar os parâmetros obtidos e objetivados para o desenvolvimento de novos modelos de gestão.

O mercado dispõe atualmente de alguns softwares para cálculo do impacto ambiental do ciclo de vida de um produto. Um exemplo pertinente a este estudo está no *software* Umberto[15].

Ele é definido pelo fabricante como um software de análise de fluxo de materiais e cálculo de inventários na análise de ciclo vida, baseado em banco de dados relacionais, ou seja, constituído de tabelas com grande volume de dados possibilitando relacionamento entre elas. Por tratar os fluxos, possibilita um mapeamento entre os atores (partes atuantes), componentes do sistema, evidenciando suas relações (rede de trabalho) e mudanças de estados (físicos, lógicos e logísticos). Também possibilita a criação de cenários a partir de um modelo original gerado para um determinado sistema. Na área de modelagem, o Umberto trabalha basicamente com três objetos e com as variações deles e permitindo uma modelagem independente do grau de complexidade envolvida:

- Os *PLACES* ou Pontos (P) representam os materiais (objetos) envolvidos. Suas variações indicam inter-relações (relacionamento) com processos de estados (Pontos de Entrada (PE), os Pontos de Saída (PS)) e de transformação (como estágios intermediários).

Figura 09 – Representação *Places* ou Pontos.

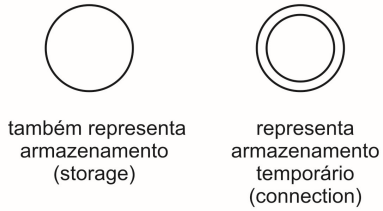


Fonte: elaborado pelo autor baseado em manuais do software Umberto

[15] O *software* Umberto é produzido na Alemanha pela Ifu Hamburg GmbH - http://www.umberto.de/en.

- Situações especiais (variações dos objetos) são representadas:

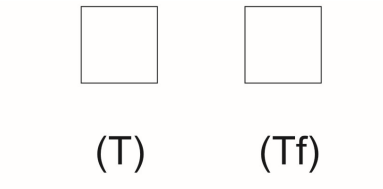
Figura 10 – Representação das variações dos estados *Places* ou Pontos



Fonte: elaborado pelo autor baseado em manuais do software Umberto.

- Os *TRANSITIONS* ou Transições (T) são objetos de eventos (processos de conversão dos materiais). Ocorrem entre os fluxos dos Entrantes e dos Efluentes e se relacionam a processos de transformação (T – transição). Transformações logísticas (sem mudanças de estado físico) são definidas como *TRANSPORT* ou Transformação (Tf).

Figura 11 – Representação das *Transitions* ou Transformações



Fonte: elaborado autor baseado em manuais do software Umberto.

- As *ARROWS* ou Ligações são objetos de funções que representam fluxos de materiais em conversão.

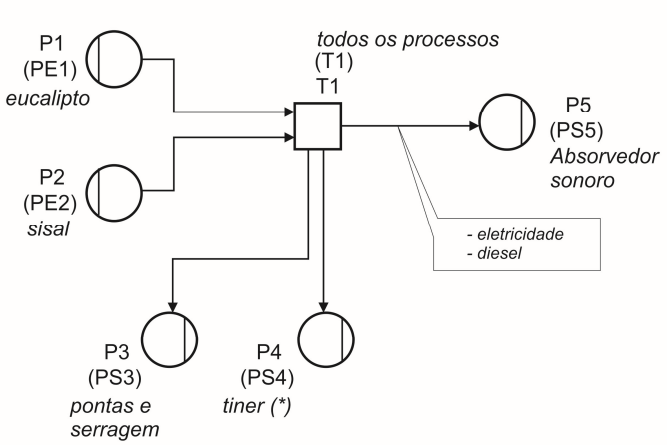
Figura 12 – Representação das *Arrow* ou Ligação

Fonte: elaborado pelo autor baseado em manuais do software Umberto.

Ligações à esquerda da Transição (T) provêm requerimentos de produção (*INPUTS* ou Entrantes) e à direita representam materiais produzidos (*OUTPUTS* ou Efluentes), ambos processos de transformação e/ou armazenamento.

Um exemplo de modelagem conceitual o sistema de fabricação do atenuador seria:

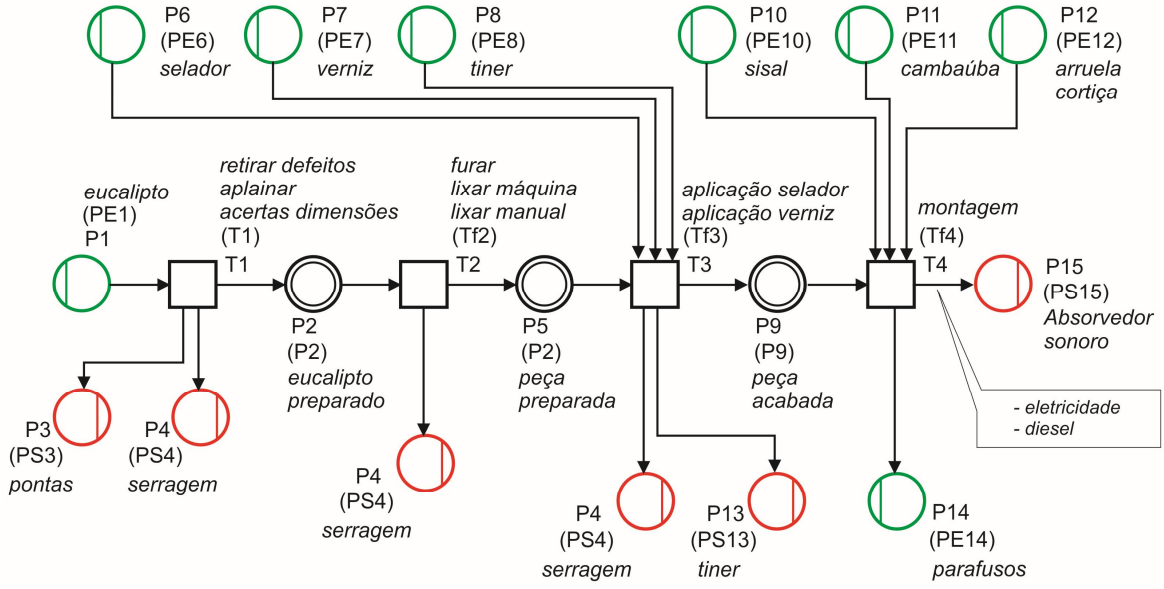
Figura 13 – Modelagem de representação em “baixa resolução” do sistema produtivo do absorvedor



Fonte: modelado pelo autor no *software* Umberto.

Um aumento da resolução de modelagem (acréscimo de informação) geraria um diagrama como abaixo:

Figura 14 – Modelagem de representação em “alta resolução” e complexização do sistema produtivo do absorvedor



Fonte: modelado pelo autor no software Umberto.

As Ligações contêm os gastos energéticos em seus fluxos, tanto nos processos de entrantes quanto nos efluentes. Cada objeto representado possui uma série de atributos que permitem os cálculos dos balanços. Após os cálculos os resultados são apresentados sob a forma de um fluxograma.

A figura 14 representa uma modelagem com um aumento da resolução (acrescentando mais “informação”, “detalhes” e atributos dos atores do sistema). Contudo, as duas figuras tratam de um mesmo sistema de produção com o mesmo efluente no final do ciclo é o mesmo (P5=P15).

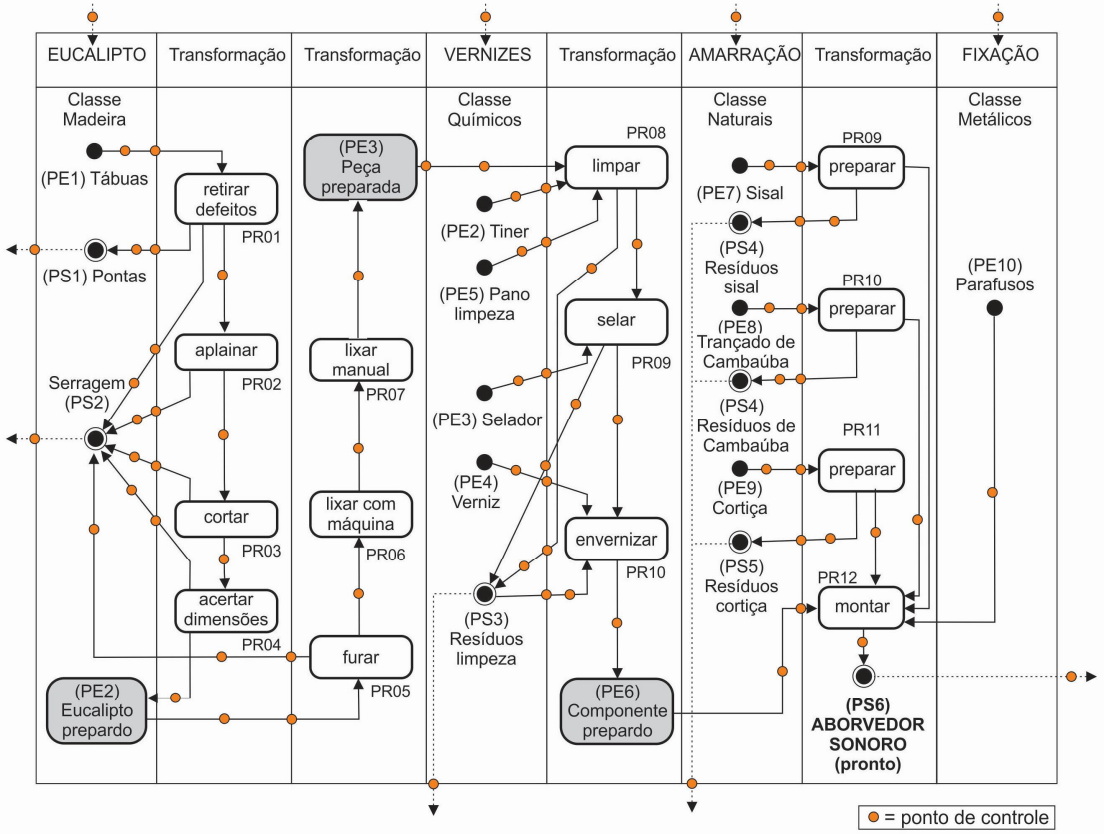
Com o acréscimo de “informação” ao modelo se pode “visualizar” melhor a complexidade envolvida no objeto T1 (que continha “Todos os processos”). As variações nas quantidades de atores, processos e resultados vem da escolha da mudança da resolução de observação, que está diretamente relacionada com o tamanho dos "grãos" da observação. Para uma mesma "janela de observação" com poucos grãos (grandes), tem-se baixa resolução e redução da complexidade modelada enquanto que trabalhando com maior quantidade de “grãos” têm-se uma resolução mais alta e uma "complexização" do modelo observado. Esta “complexização” pode ser entendida por meio de Le Moigne (1995, p. 132) que cita que a inteligibilidade do complicado se faz pela simplificação, mas a do complexo se faz pela modelação. Ele afirma que para dar sentido a um sistema complicado podemos simplifica-lo até descobrir a sua inteligibilidade (explicação), mas para um dar sentido a um sistema complexo só podemos modelá-lo para construir sua inteligibilidade (compreensão).

Como modelo conceitual, ainda não se realizou nenhuma decisão, cálculo, balanço ou medição. Contudo o mapeamento aponta todos os pontos onde a complexidade precisa ser analisada e gerenciada.

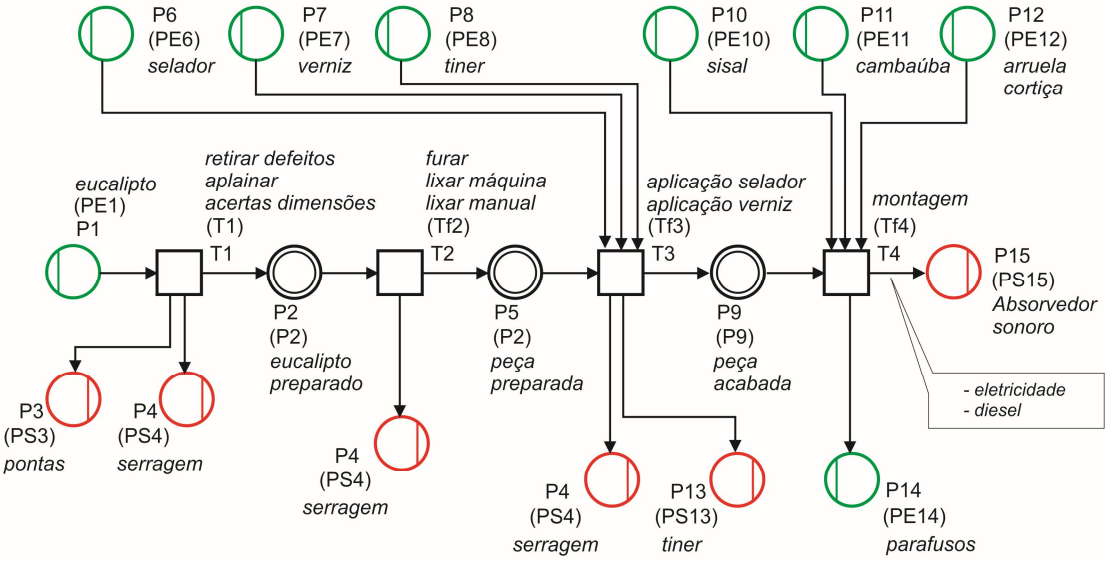
Comparando os modelos gerados pelo diagrama de atividade UML e o diagrama conceito modelado no *software* Umberto, identificamos similaridades para as linhas de fluxo, para os entrantes, efluentes, estados e transições, sendo totalmente compatíveis as representações de complexidade em ambos os diagramas. Esta característica se mostra pertinente aos objetivos deste estudo, pois, por exemplo, no tocante à análise do ciclo de vida, pode-se antecipar os modelos conceituais dos sistemas para a fase de desenvolvimento do produto (a ACV é processo ulterior à produção). Isto que representa ganhos significativos para o entendimento da complexidade envolvida na produção e também propicia a possibilidade da simulação para identificação do impacto ambiental.

Figura 15 – Similaridades entre o diagrama de atividades UML e o modelo conceitual de sistema do *software* Umberto representando o sistema produtivo do absorvedor sonoro.

Diagrama de Atividade UML, modelado no software Astah UML



Fluxograma de transformação modelado no software Umberto



Fonte: modelados pelo autor.

4 METODOLOGIA PROPOSTA

4.1 A elaboração das premissas

As premissas foram elaboradas baseadas na revisão bibliográfica e na modelagem exploratória, visando obter conteúdo suficiente para a construção de mapas conceituais, de forma dedutiva, que seriam a base para a metodologia proposta.

São listadas abaixo:

- O ciclo de vida de produto pode ser definido como sendo o conhecimento dos processos, dos atores e dos eventos encadeados, em uma temporalidade, definidos pelas transições dos sistemas conceituais para físicos (e vice versa) e marcados por materializações de informação, sendo estas passíveis de rastreamento.
- O principal conceito envolvido refere-se ao entendimento de que um produto em seu ciclo de vida sofre um processo de transformação gerando diversas informações, que apesar de distintas, devem necessariamente representar aquele produto.
- O ciclo de vida do produto pode ser interpretado por intermédio do controle de suas interações e das informações processadas, de forma a favorecer o mapeamento e a identificação da tecnologia produtiva (materiais e processos), do uso, dos cuidados ambientais (impactos, emissões, refugos gerados, reutilização, etc.).
- Os pontos de controle podem ser utilizados para o controle das interações. Eles também são as representações dos estágios das partes e/ou produtos de um ciclo, materializando ora seus sistemas conceituais (como modelos, documentos, plantas ou arquivos), ora seus sistemas físicos (como protótipos, componentes, produtos ou equipamentos).
- O mundo real é composto por sistemas físicos que são compostos de objetos (que por sua vez são compostos de sistemas, ad infinitum). É necessário identificar os limites e as dimensões dessas transições para o entendimento da complexidade. Os limites desta definição dependem da observação.

- A observação é um fator importante na modelagem de um sistema complexo e depende do observador e da resolução adotada por ele para "observar" um objeto ou sistema e entender o momento da transição entre eles.
- A análise e modelagens orientadas a objetos têm como meta identificar o melhor conjunto de objetos para descrever um sistema, cujo funcionamento se dá através dos relacionamentos e trocas de mensagens entre os objetos.
  A codificação é atributo primordial de um objeto para sua identificação, transitoriedade e rastreabilidade ao longo do ciclo de vida, independente da resolução adotada para a representação.
- A característica escalar, ou seja, a possibilidade de receber incrementos sem comprometer a representação no modelo conceitual possibilita a evolução do tamanho das janelas de representação. Isto permite o acréscimo de informação de observação (aumento da “resolução”) gerando uma "complexização" do modelo observado.

Uma *wordcloud* (nuvem de relevância por palavras) foi criada com os conceitos propostos pelas premissas, como forma de identificar pontos de relevância. Ela é baseada no princípio das *tags clouds* que calculam o grau de relevância de um termo pela contagem da incidência de seus índices (*tags*).

Conforme define Feinberg (2009, p. 37) as nuvens de palavras geram relevância contando-se o número de palavras que aparecem em um conteúdo. A representação do grau de relevância se dá igualmente pelo tamanho das letras. Quanto maior a letra maior o grau de relevância.

A análise de relevância constou da somatória de todos os textos descritivos das premissas, listados anteriormente. Foi analisado na página do software *Wordle* (www.wordle.net) e gerou a nuvem representada na figura 16:

Figura 16 – Diagrama de relevância dos conceitos das premissas

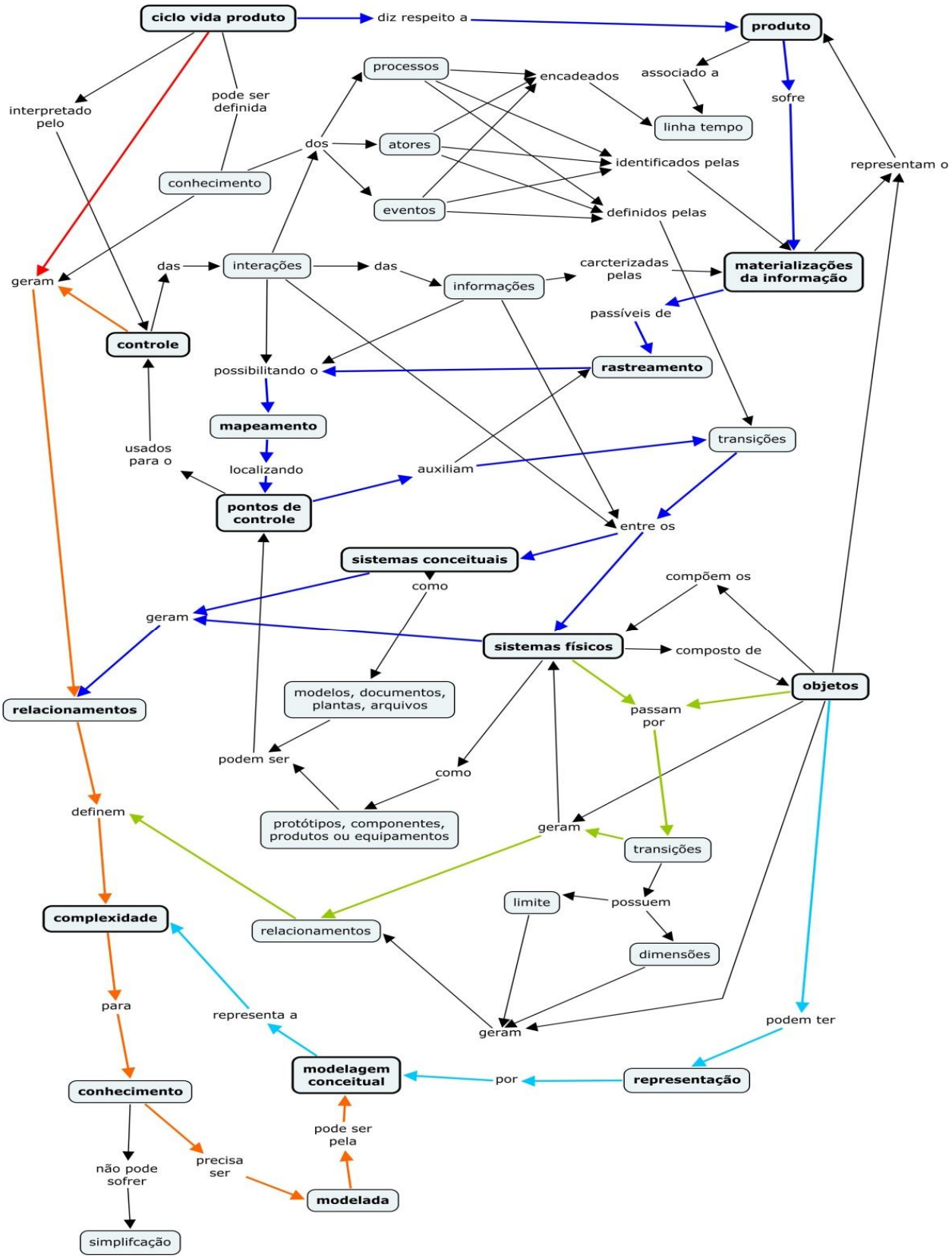
Fonte: elaborado pelo autor com *Wordle*.

Os pontos de relevâncias identificados são apresentados a seguir:

- Ciclo de vida
- Produto
- Informação
- Controle
- Pontos de controle
- Sistemas
- [Sistema] físico
- [Sistema] conceitual
- Relacionamento
- Representação
- Objetos
- Modelagem conceitual

A figura abaixo mostra o mapa do conceito de relacionamento entre os pontos relevantes abordados pelas premissas. As proposições entre os conceitos servem como orientação para a definição do conteúdo informacional básico que deve conter os possíveis pontos de controle.

Figura 17 – Mapa do conceito do relacionamento dos pontos relevantes das premissas

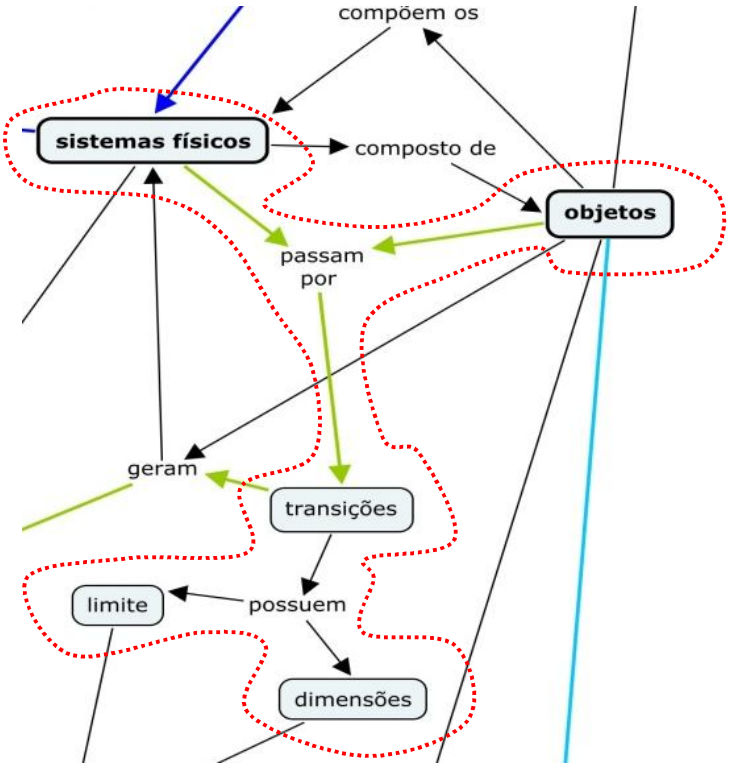


Fonte: elaborado pelo autor com o *software* IHMC-CMAPS.

As rotas em diferentes cores indicam diferentes possibilidades de abordagem (que necessariamente dependem da interpretação / observação de um

especialista). Como exemplo, a figura 18 apresenta um caminho de proposição que indica a necessidade da definição dos limites e das dimensões dos sistemas físicos caso se queira gerenciar sua transição para objeto:

Figura 18 – Indicação de proposições para Sistema Físico e Objeto



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* IHMC-CMAPS

Contudo, primeiramente é necessária a identificação dos possíveis pontos de controles.

4.2 Os pontos de controle, as classes e os parâmetros.

Pontos de controle são localizações ao longo do ciclo de desenvolvimento e produção nos quais se obtém informações decisórias que alteram e indicam a direção seguinte do fluxo da cadeia. O processo normal de um desenvolvimento envolve a solução de problemas de concepção ou produção, por um ator ou grupo deles, baseados em referências ou parâmetros que são partes integrantes de todos os processos organizacionais conhecidos, como as normas, as políticas, os procedimentos, as diretrizes, as instruções, os critérios, os modelos, os requisitos, etc.

Os pontos de controles atuam na identificação do momento de se decidir sobre continuar, retornar ou abortar um desenvolvimento ou produção. É quando são avaliados os critérios (pré-definidos ou não) que devem ser atendidos antes que as entregas (resultados dos processos) derivadas das etapas anteriores sejam processadas e dêem continuidade ao fluxo.

Em outra abordagem, os pontos de controle também estão presentes nas transições entre os sistemas conceituais e os sistemas físicos, com a característica fundamental da materialização da informação que se dá sob suportes como:

- os documentos, modelos, plantas, arquivos digitais, etc. (na materialização da informação nos processos dos sistemas conceituais);
- os protótipos, componentes, sub-conjuntos, conjuntos, produtos, equipamentos, etc. (na materialização da informação nos processos dos sistemas físicos).

São inúmeras as possibilidades de definir um ponto de controle em processo qualquer, contudo é necessária a adoção de parâmetros para orientação da definição destes pontos de controle.

Pela definição formal parâmetro é todo elemento cuja variação de valor altera a solução de um problema sem alterar-lhe a natureza. Ele pode definir como uma variável de um sistema deve se comportar e ser passada para uma rotina ou sub-rotina. Atribui-se valores aos parâmetros para se alterar ou validar comportamentos. É também processo que envolve a identificação de um conjunto completo de coordenadas efetivas ou graus de liberdade de um sistema, processo ou modelo.

Meadows (1995, p. 05) cita que, genericamente, parâmetros são os números de um sistema e vice-e-versa. Ela diz que em um sistema complexo os parâmetros são especialmente importantes no controle de curto prazo e para o ator que está em contato direto com o fluxo deste sistema. Contudo alerta:

> Mas eles [os parâmetros] raramente mudam um comportamento. Se um sistema é cronicamente estagnado, os parâmetros não tem força para mudá-lo e raramente serão o pontapé inicial para fazê-lo. Se um sistema é descontroladamente variável, os parâmetros não

> costumam estabilizá-lo. [...]. No entanto, há exceções críticas. Números [parâmetros] tornam-se pontos de alavancagem, quando colocados como intervalos. Taxas de juro ou taxas de natalidade controlam os ganhos em torno de loops de *feedback* positivo. Os objetivos do sistema são parâmetros que podem fazer grandes diferenças [...] (MEADOWS, 1995, p. 09).

A Parametrização é nome dado aos processos de definição de parâmetros e é necessária para uma especificação completa ou relevante de um modelo ou objeto.

A parametrização permite que novos modelos conceituais de sistema possam ser testados e validados antes de sua implementação. Permite também que sistemas físicos existentes possam ser otimizados por comportamentos orientados à correção ou estabilização. É pertinente a este estudo definir alguns parâmetros básicos como auxilio no mapeamento dos possíveis pontos de controle. A revisão bibliográfica propiciou a identificação de tópicos que podem ser estruturados e utilizados como parâmetros.

O quadro 06 apresenta um resumo dos tópicos apresentados nos quadros 01 (pag. 33), 02 (pag. 38), 03 (pag.43), 04 (pag. 45) e 05 (pag. 49) na revisão bibliográfica.

Quadro 06 – Resumo dos potenciais pontos identificados na revisão bibliográfica (continua).

Tópico com potenciais para pontos de controle	**Relacionamento e características**	**Atuação**
Sistema físico	Constituinte do mundo real	Sistemas
	Compostos por objetos	Transição sistema e objeto
Sistema conceitual	Comunicação e compreensão	Transições dos sistemas
Objeto	Constituintes dos sistemas físicos	Transição sistemas físicos e sistemas conceituais
	Identificação, mapeamento e rastreabilidade	Sistemas e entorno
	Atributos e relacionamento	Nos objetos de um sistema

(continua)

Observação	Diferenciação entre sistema e ambiente	Transições dos sistemas
	Processo no tempo	Sistemas
Estabilidade	Busca pela repetibilidade	Sistemas
Variedade	Busca pela estabilização	Sistemas
Dimensão	Comunicação e especialização	Sistemas e entorno
	Diferenciação entre sistema e ambiente	Sistemas e entorno
Informação	Potencial de complexidade	Sistemas e entorno
	No tempo e no espaço	Sistemas e entorno
	Comunicação	Sistemas e entorno
Transmissão da informação	No tempo e no espaço	Sistemas e entorno
	Comunicação	Sistemas e entorno
Feedback	Realimentação da informação	Sistemas e entorno
	Comunicação	Sistemas e entorno
Comunicação	Um dos principais sistemas conceituais	Transições dos sistemas
	Define a dimensão de um sistema	Sistemas e entorno
Tempo	Tempo requerido pelo processo	Sistemas
	Variável base	Sistemas e entorno
	Tempo para desenvolvimento	Sistemas
		Entorno do sistema
	Processador elementar (estoque e acumulação)	Sistemas e entorno
Evento	Processo no tempo	Sistemas
		Entorno do sistema
	Ocorrência dos fenômenos	Sistemas e entorno
	Ações de entrantes e efluentes	Sistemas e entorno
Histórico	Cronologia dos estados, fenômenos e eventos registrados.	Sistemas e entorno
Espaço	Processador elementar (transporte e transmissão.	Sistemas e entorno
Forma	Processador elementar (transformação).	Sistemas e entorno
Transformação	Transformações de insumos	Sistemas
	Transformações energia	Sistemas
	Etapas distintas e diferenciadas	Sistemas
	Alterações do fluxo de troca de matéria, energia e informação.	Sistemas e entorno
Transições	Alternância de eventos	Sistemas e entorno
	Alternância do fluxo	Sistemas e entorno
	Locais de controle	Sistemas e entorno
Interdependência	Rede de atores externos e intervenientes relacionados	Sistemas e entorno
	Grande número de atores	Sistemas e entorno

(continua)

(conclusão)

Inter-relação	Entre um mínimo de dois processadores elementares	Sistema
	Entre um mínimo de dois processadores elementares	Entorno do sistema
	Conexões abertas (relação em cascata)	Sistemas
	Conexões fechadas, relação entrelaçada e com *feedback*	Sistema
	Possibilidade de ser referencial de controle	Sistemas e entorno
Ator / Operador	Ator busca parâmetros e requisitos	Sistemas e entorno
	Operador busca por estabilização	Sistema
Linha produtiva	Partes internas	Sistemas e entorno
Linha externa	Partes externas (fornecedores, transformadores e incentivos)	Entorno do sistema
Processadores elementares	Rede e intervenção sobre a envolvente	Sistemas e entorno
Processadores de decisão	Processadores de informação	Sistemas e entorno
	Busca parâmetros e requisitos	Sistemas e entorno
	Busca por estabilização	Sistema

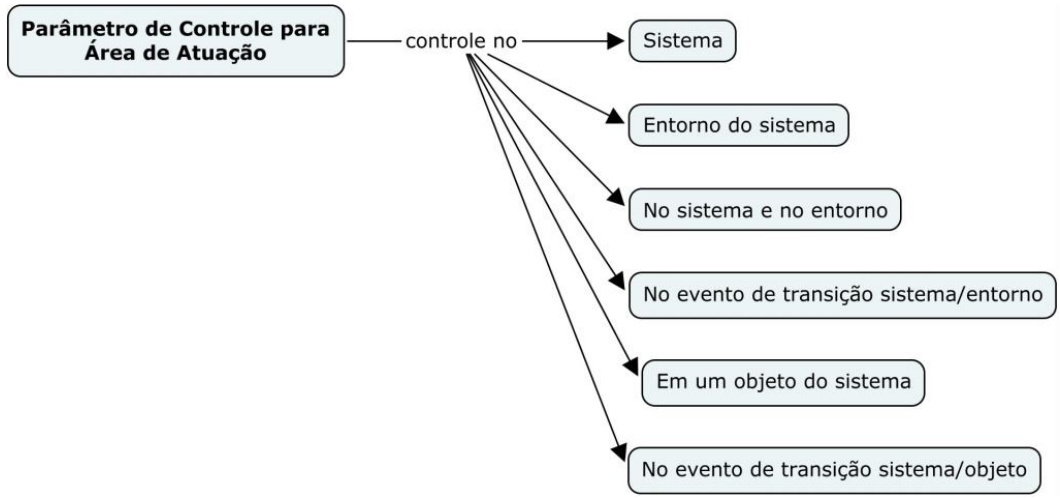
Fonte: elaborado pelo autor

Com a modelagem conceitual dos tópicos do quadro é possível identificar alguns parâmetros básicos. Por exemplo, para o critério Atuação, (3ª coluna à direita) identificam-se seis parâmetros básicos de controle:

- Atuação no próprio sistema em análise
- Atuação fora do sistema em análise (no entorno ou ambiente)
- Atuação no sistema em análise e no entorno
- Atuação no evento de transição entre o sistema e seu entorno.
- Atuação em um objeto do sistema
- Atuação no evento de transição entre sistema físico e objeto

Estes são potenciais locais de controle. No mínimo um ponto de controle deverá ser definido em cada caso de relacionamento, evento ou transição.

Figura 19 – Mapa conceito da parametrização do controle dos locais de atuação dos sistemas



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* IHMC-Cmaps.

Uma análise percentual direta indica que as localizações com maior probabilidade de risco de falha de gerenciamento estão nos eventos que ocorrem dentro do sistema e dentro dos sistemas de seu entorno diretamente relacionados.

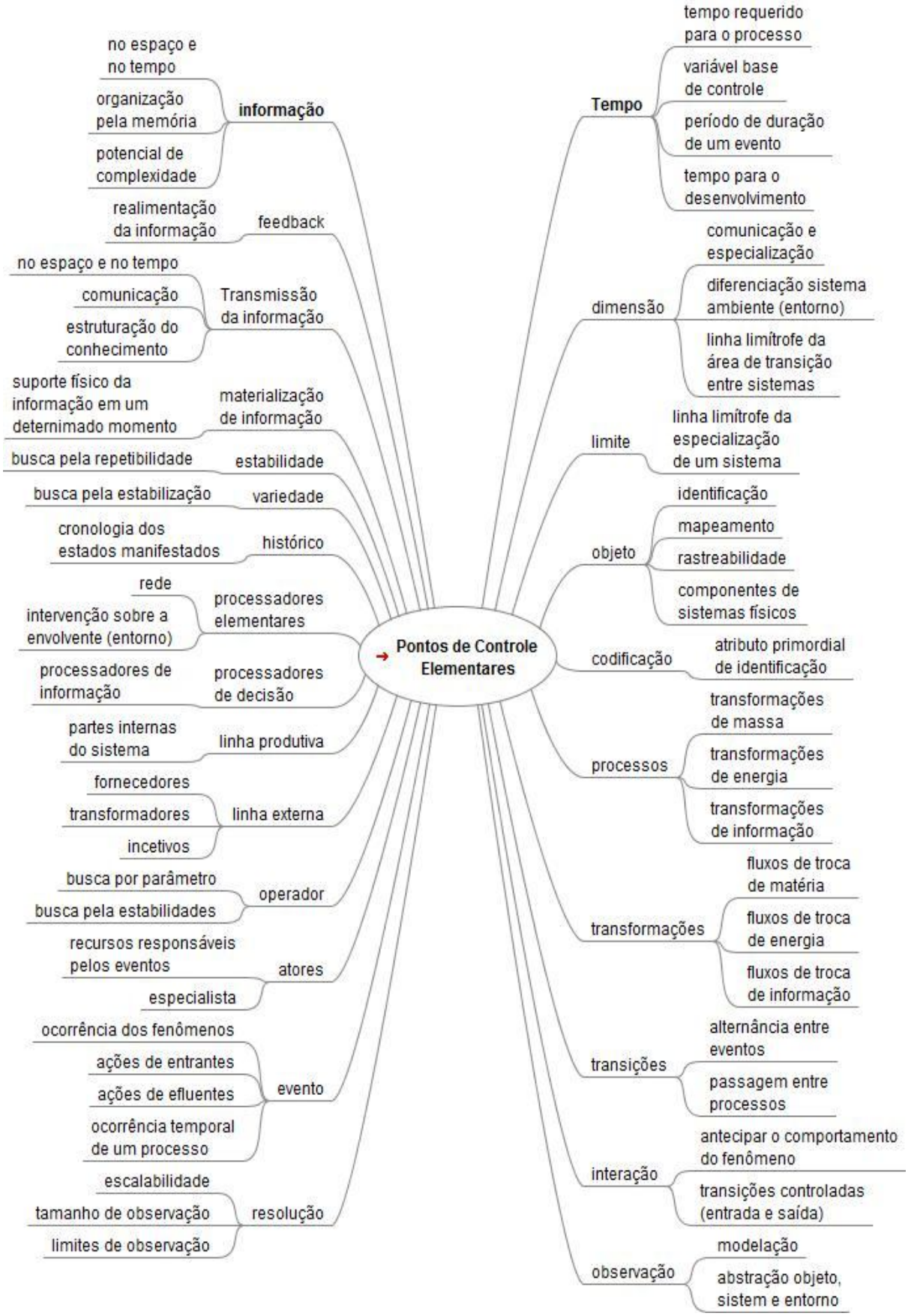
Quadro 07 – Tabela indicativa de locais de risco de gerenciamento para o parâmetro Atuação

Locais de atuação dos Pontos de Controle	Quantidade de Ocorrência	Percentual
No próprio sistema	15	27%
Na transição entre sistemas e entorno	4	7%
No sistema e no entorno do sistema	31	56%
No entorno do sistema	3	5%
Na transição sistema e objeto	1	2%
Nos objetos de um sistema	1	2%

Fonte: elaborado pelo autor. Fonte: cálculo percentual sobre e relevância das localizações de atuação dos pontos de controle no Quadro 06, ps. 73, 74 e 75s

Num outro exemplo de abstração para modelagem, um gerenciamento que envolva um fornecedor externo (ver no quadro: Linha Externa) tem como parâmetro básico o controle da atuação daquele fornecedor em eventos fora do sistema e na transição sistema/entorno. Quando se tem uma grande quantidade de parâmetros, como no caso dos tópicos existentes no quadro, realiza-se uma análise para identificar os relacionamentos entre eles com o objetivo de se criar classes (ou arranjos) de parâmetros. Inicialmente, um mapeamento dos tópicos é realizado visando identificar possíveis parâmetros nas interligações dos conceitos.

Figura 20 – Mapa de relacionamento dos tópicos



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* Freemind.

Segundo Silva (2001, p. 7) uma classe é a abstração de um conjunto de objetos que possuem um mesmo tipo de características e comportamento. É possível abstrair seis classes ou arranjos principais orientados pelos comportamentos e características dos tópicos, conforme representado no quadro 08.

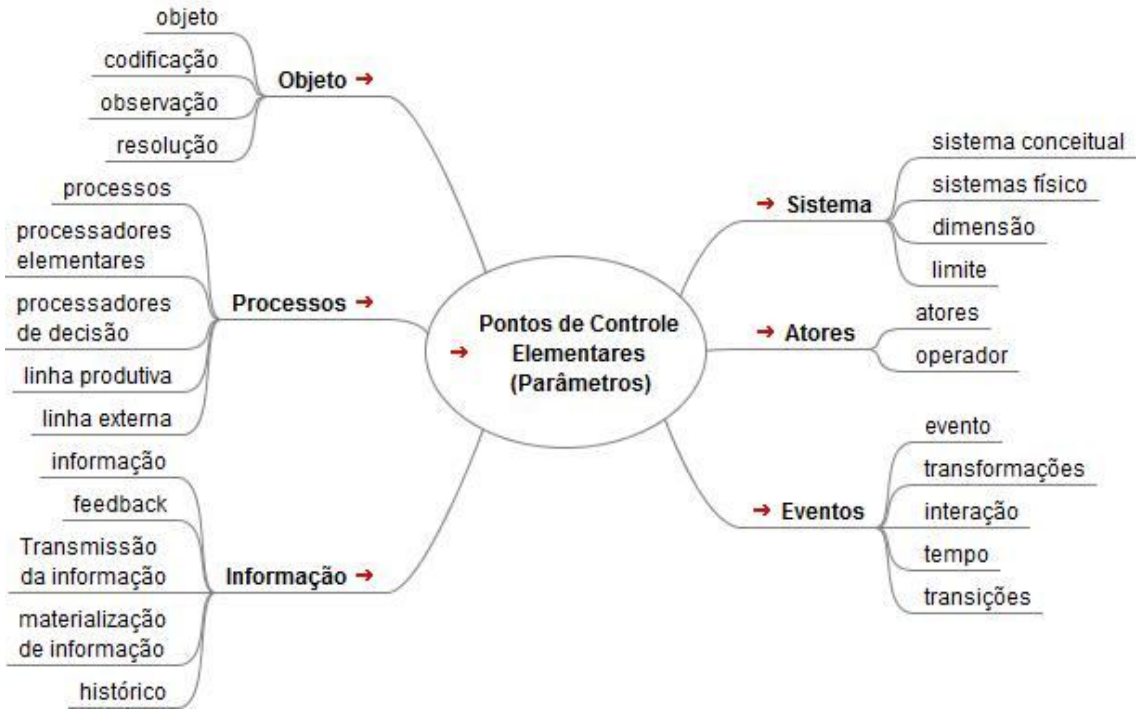
Quadro 08 – Quadro com abstração das classes de parâmetros.

Classe	Parâmetros
Sistema	Dimensão e limite.
Objeto	Objeto, codificação, observação e resolução.
Processos	Processos, processadores elementares, processadores de decisão, linha produtiva e linha externa.
Atores	Ator e operador.
Eventos	Evento, transformações, interações, tempo e transições.
Informação	Informação, transmissão, materialização, *feedback* e histórico

Fonte: elaborado pelo autor

A figura abaixo mostra as seis classes de parâmetros definidas e seus respectivos conteúdos:

Figura 21 – Mapa do conteúdo dos arranjos de parâmetros

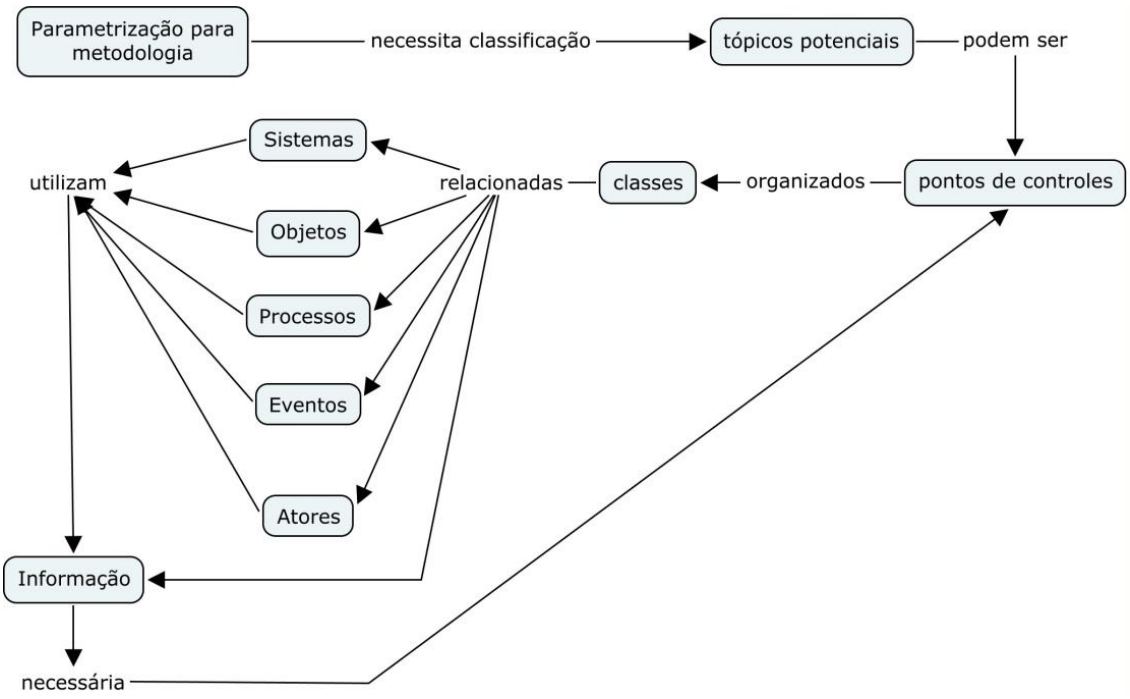


Fonte: elaborado pelo autor com o *software* Freemind.

Novas abstrações devem ser feitas para cada um dos parâmetros e tópicos contidos nas classes. É esta extensão da análise dos relacionamentos que garante a compreensão da complexidade envolvida.

Podemos, como exemplo, analisar a classe Informação, como mais um dos passos para identificar os possíveis pontos de controle e seus conteúdos informacionais. A necessidade do *feedback* da informação, característica de complexidade, é imediatamente percebida no mapa do conceito

Figura 22 – Mapa conceito das relações da classe Informação



Fonte: elaborado pelo autor com *software* IHMC-Cmaps.

Ações para o gerenciamento do controle dos eventos de comunicação dos sistemas devem ser propostos.

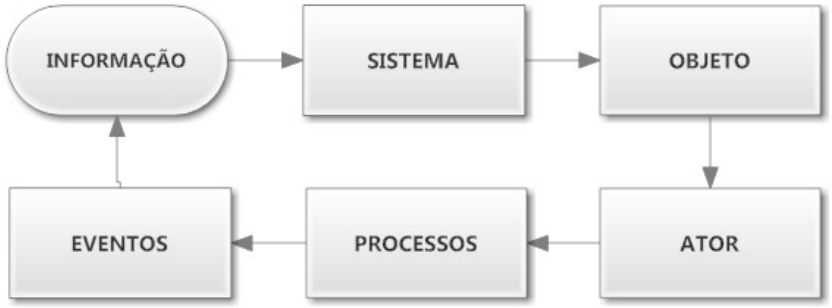
Um sistema produtivo é complexo e Meadows (2008, p. 16) afirma que é perigoso generalizar sobre eles. Contudo, Kauffman (1995, p. 15) argumenta que se existe um grande número de relações, restrições conflitantes e variáveis interligadas em um sistema, existirá também um número de caminhos ou domínios que não se sobrepõem.

Segundo Stirling (2005, p. 08) o conhecimento destes caminhos, dos seus domínios e das ações locais dos atores (que seguem interagindo apenas com os vizinhos mais próximos) pode manter o sistema em um estado de aptidão máxima para sua evolução:

> Cada agente nos modelos de sistema de Kauffman tem acesso apenas à informação na vizinhança local. A realidade é provavelmente mais complicada do que isso, como no mínimo, muitos sistemas complexos sendo vistos como pequenas redes do mundo. Ao mesmo tempo, cada ator pode atuar em uma determinada meta evolutiva da qual pode até não ter conhecimento do sistema total (STIRLING, 2005, p.09).

A identificação de uma vizinhança para atuação dos atores de forma a garantir uma estabilidade e a possibilidade da evolução de um sistema pode ser feita a partir da proposição de uma seqüência ou ordem de atuação das classes, de acordo com a ilustração da figura 23.

Figura 23 – Fluxograma para as classes de parâmetros abstraídas por caminho e domínio

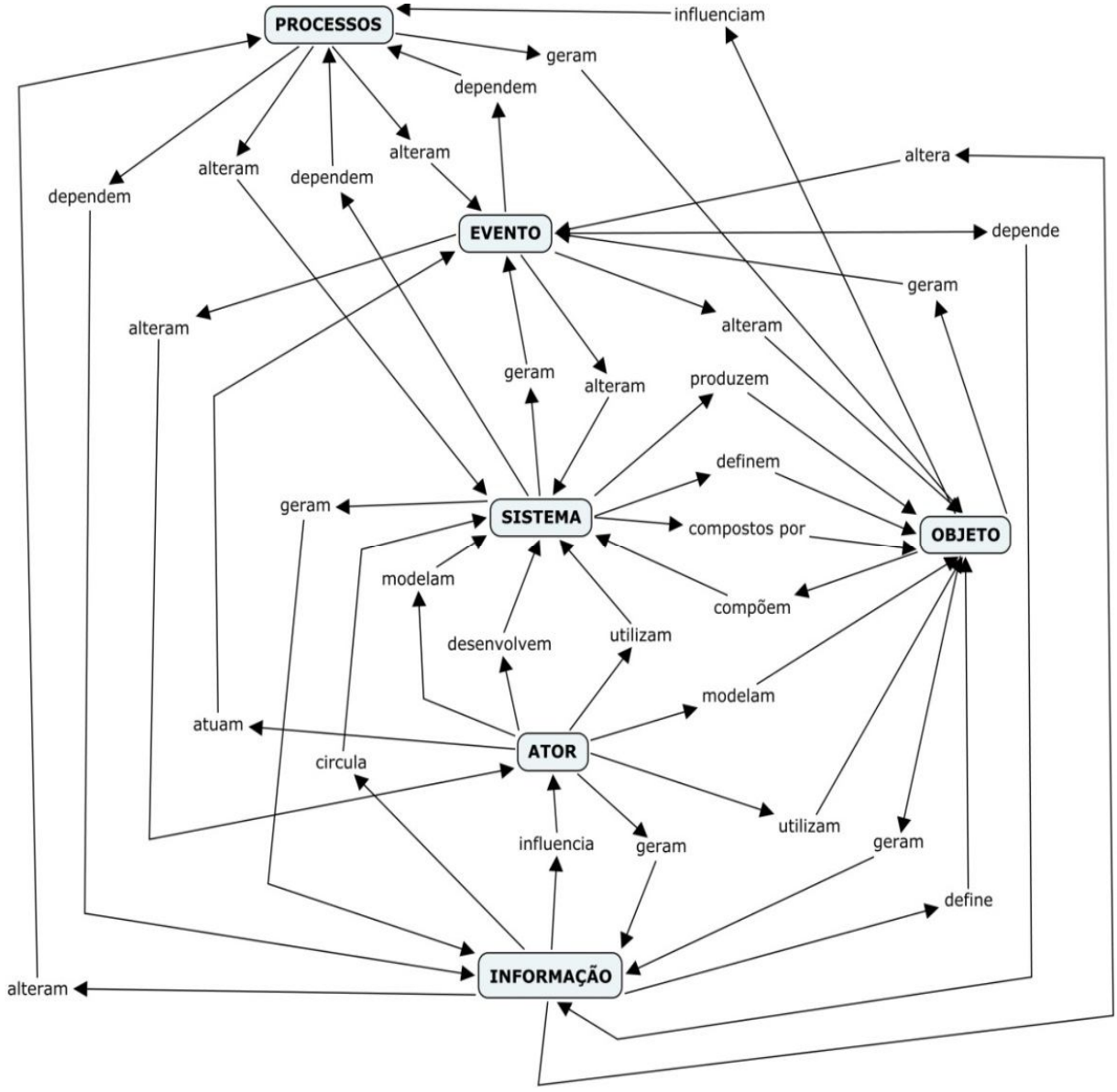


Fonte: elaborado pelo autor com *software* SmartDraw.

Ao se definir uma vizinhança é possível também abstrair o seu fluxo. Para este estudo, pode-se iniciar a modelagem dos fluxos pelo controle da classe Informação, em função da informação estar presente em todos os sistemas, objetos, atores, processos e eventos. O fluxo de relacionamento da informação com as outras classes não é unidimensional nem unidirecional. Não é um processamento sequencial, mas com transações entre os arranjos, cujos resultados podem alterar o sentido do fluxo. Exige ainda a realimentação das informações processadas.

Vizinhança e fluxo definem relacionamentos básicos para as classes. Outros relacionamentos devem ser propostos. A figura 24 mostra outras proposições para o relacionamento entre as seis classes identificadas.

Figura 24 – Mapa Conceito para relacionamentos básicos entre as classes dos parâmetros



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* IHMC-CMAPS

Entretanto, para se processarem, todos os relacionamentos propostos precisam de mais informações. Estas informações adicionais são representadas pelos requisitos e acrescenta um nível a mais de informação aos parâmetros.

5 A ANÁLISE DE REQUISITOS

5.1 A identificação e especificação de requisitos

A identificação de um requisito propicia uma visão crítica quanto ao seu parâmetro relacionado aumentando o controle sobre sua validade, consistência, conformidade às normas, rastreabilidade, redundância e ambiguidade. Analisar e identificar requisitos são procedimentos padrões para desenvolvedores de sistemas. A modelagem e construção de um *software* têm como primeira fase de desenvolvimento a análise de requisitos. Sua característica é o contato do modelador com as diversas especializações envolvidas e com os pormenores de uso de base científica, técnica, prática, experimental ou mesmo de valoração. Paula Filho (2000, p. 61) define que o conjunto de técnicas empregadas para levantar, detalhar, documentar e validar os requisitos de um produto forma a Engenharia de Requisitos. Contudo, não é objetivo do estudo o aprofundamento no conhecimento desta especialização, mas por se tratar de metodologia de comprovada eficiência, contendo procedimentos padronizados que podem ser utilizados como boas práticas, temos na especificação de requisitos, ferramenta de potencial utilização. Paula Filho (2000, p. 62) também argumenta que o objetivo é disponibilizar ao modelador, condições básicas para a definição do grau de controle necessário ao sistema.

Os requisitos são especificados por suas características relacionadas:

- À natureza do requisito, na qual se foca a funcionalidade, as interfaces internas e externas, o desempenho, a manutenibilidade, a confiabilidade, etc.
- À elaboração do requisito, na qual se foca a interdisciplinaridade, a aplicação do sistema, o número de especialistas, a qualificação dos atores e a experiência dos usuários.
- À evolução do requisito, no qual se foca a possibilidade de crescimento do sistema, ao incremento, aos riscos e correções possíveis e as falhas.

Recomenda Paula Filho (2000, p. 64) que sobre a qualidade dos requisitos devem ser consideradas as seguintes características:

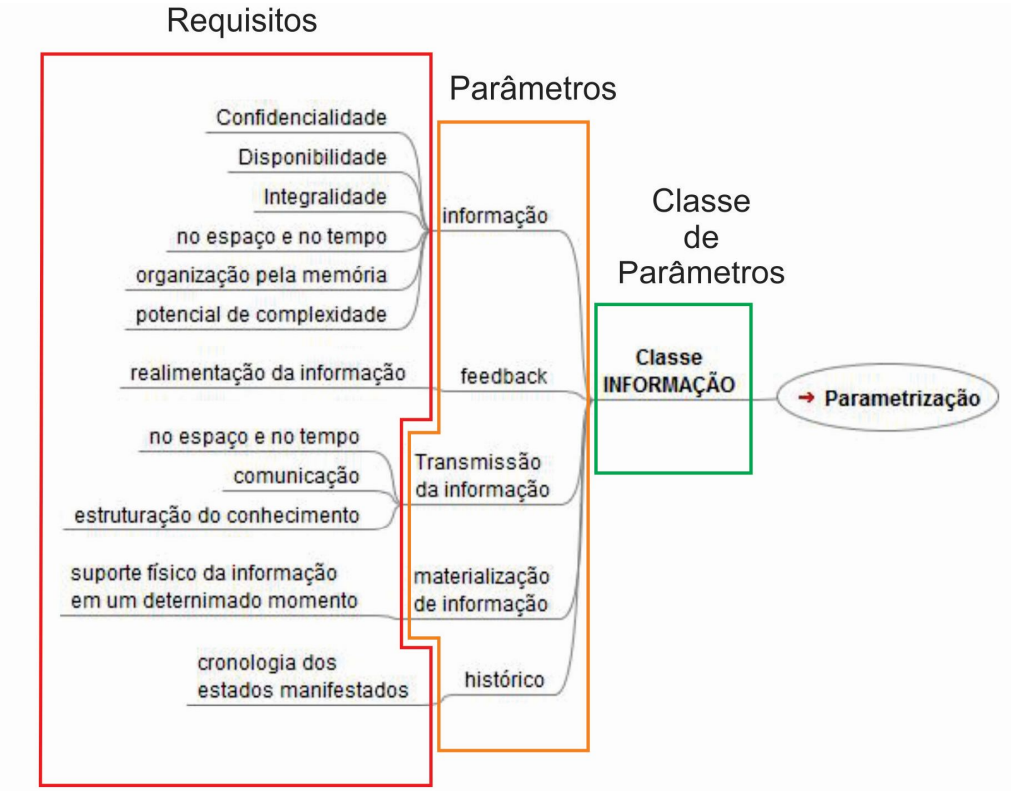
- Correção - Todo requisito presente deve ser um requisito do produto a ser construído.
- Precisão - Todo requisito possui apenas uma única interpretação.
- Integridade – Deve refletir todas as decisões de especificação que foram tomadas.
- Consistência - Não deve haver conflitos entre nenhum dos subconjuntos de requisitos.
- Priorização - Cada requisito é classificado de acordo com a sua importância, estabilidade e complexidade.
- Verificação - Todos os requisitos devem ser verificáveis.
- Modificação - A estrutura deve permitir mudança de qualquer requisito, de forma fácil, completa e consistente.
- Rastreabilidade – Deve permitir fácil determinação de antecedentes e conseqüências de todos os requisitos.

5.2 Os requisitos básicos

Partindo dos mapas de um conceito modelado até o nível de parâmetros, é possível abstrair requisitos pertinentes a partir do incremento de mais um nível na estrutura. Todos os parâmetros de uma classe devem ser analisados com o objetivo de se identificar requisitos básicos que serão novamente analisados e testados como possíveis pontos de controles.

Recomenda Paula Filho (2000, p. 68) que o resultado da identificação ou definição de requisitos produza primeiramente uma lista de todos os requisitos funcionais e não funcionais descritos de forma sucinta. Posteriormente, avaliam-se restrições aplicáveis, riscos, características de controle, atores, eventos relacionados ao requisito, formatos de documentos, etc., visando a validação como ponto de controle.

Figura 25 – Representação do nível de requisitos no mapa conceito do parâmetro Informação



Fonte: elaborado pelo autor.

Adiante serão analisados todos os requisitos abstraídos para cada uma das classes de parâmetros anteriormente definidas.

5.2.1 Classe Informação

Considerações sobre informação e sistema de informação:

Segundo Araújo (1995, p.2) sistemas de informação são aqueles que de maneira genérica, objetivam a realização de processos de comunicação e de acesso a informações potenciais disponíveis. Informação é a ordenação de elementos materiais ou não, ou seja, símbolos e suas relações. Ela está potencialmente contida em documentos e são formalmente organizados, processados e recuperados com a finalidade de maximizar seu uso. As Normas ISO/IEC-17799 (2000, p. 6) definem que qualquer que seja a forma que as informações assumam, ou os meios pelos quais sejam compartilhadas ou armazenadas, elas devem ser protegidas adequadamente. Os principais fatores de uso de informação são baseados na:

- confidencialidade: garantir que as informações sejam acessíveis apenas àqueles autorizados a terem acesso;
- integridade: salvaguardar a exatidão e inteireza das informações e dos métodos de processamento;
- disponibilidade: garantir que os usuários autorizados tenham acesso às informações e ativos associados quando necessário.

São processos relacionados diretamente com o controle da passagem ou distribuição da informação, do acesso pelos atores qualificados e pela manutenção da evolução (revisões) da informação. Os requisitos focados em informação ainda podem ser definidos em função da avaliação:

- dos riscos nos quais a vulnerabilidade e a probabilidade de ocorrência são abordadas
- das exigências legais, estatutárias, regulamentadoras e contratuais
- dos princípios e objetivos da organização relacionada ao uso da informação
- e da comunicação

A comunicação é fundamental por ser abrangente e requerer um corpo de conhecimento substancial não exclusivo ao contexto do sistema ou do produto em si.

Figura 26 – Mapeamento dos requisitos para o parâmetro Informação

Fonte: elaborado pelo autor com *software* Freemind.

Quadro 09 – Levantamento de requisitos para o parâmetro Informação.

Levantamento de Requisitos		
Classe	**Parâmetros**	**Requisitos**
Informação	Informação	Confidencialidade
		Disponibilidade
		Integridade
		No espaço e no tempo (registro)
		Memória (registro cronológico)
		Complexidade
	Feedback	No espaço e no tempo (registro)
		Comunicação
		Estruturação (base de conhecimento)
	Transmissão da informação	No espaço e no tempo (registro)
		Comunicação
		Estruturação (base de conhecimento)
	Materialização da informação	Suporte físico
		Evento da materialização
	Histórico	Cronologia dos estados manifestados (registro erros e acertos)

Fonte: elaborado pelo autor

5.2.2 Classe Sistemas

Considerações sobre sistemas conceituais e físicos:

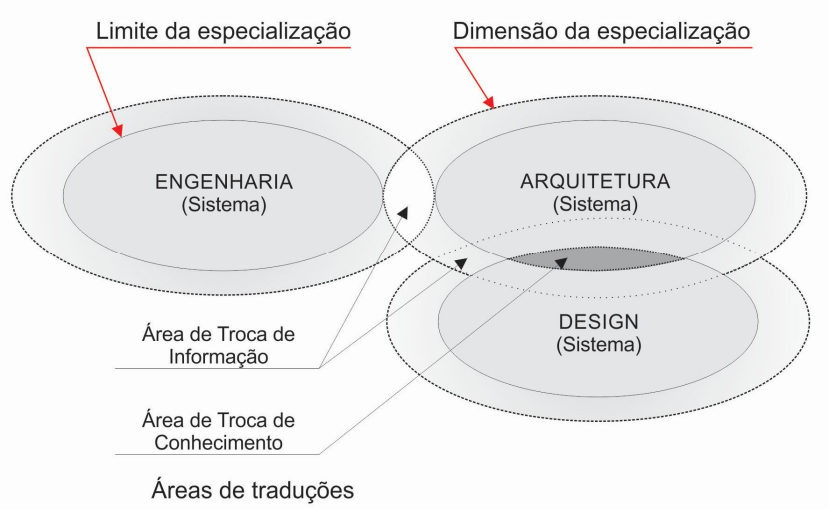
As transições entre sistemas conceitual-físico são eventos típicos do ciclo de vida de um produto. As validações de idéias e conceitos de desenvolvimento exigem materializações tanto informacionais (como documentos) quanto físicos (como componentes, sub-produtos, produtos, sub-conjuntos, conjuntos, plataformas). E os sistemas físicos materializados serão testados (como protótipos) e utilizados fisicamente (conforme orientações conceituais como regras, ensaios, normas, etc.).

Considerações sobre limites e dimensões de sistemas:

O limite de um sistema se dá na linha limítrofe da especialização de um ator ou grupo deles. Um desenvolvimento interdisciplinar exige uma área de tradução para a especialização de outro sistema pertencente ao ciclo que utilizará os resultados dos processos anteriores para funcionar. A linha do limite desta área de troca de informações define a dimensão de um sistema. Gomes indica (2010, p.08) que ao estabelecermos uma dimensão para um determinado assunto e/ou atuação

podemos mais claramente definir seu limite e estabelecer uma área de intercessão que funcionaria como tradução para outra dimensão.

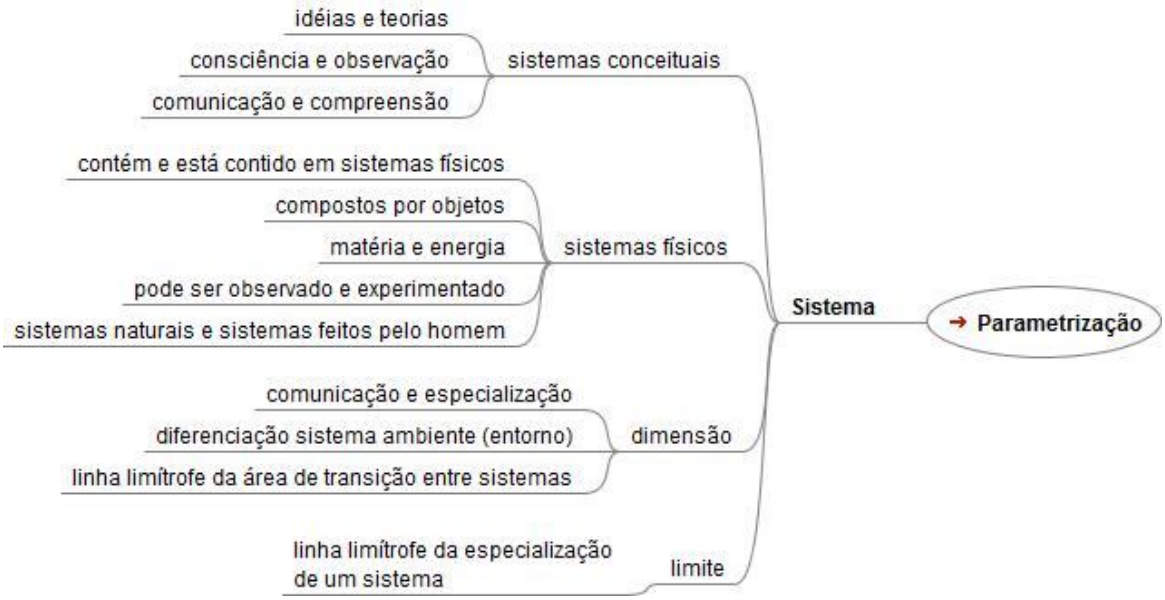
Figura 27 – Exemplo das Dimensões, Limites e Áreas de intercessão para as especializações em um desenvolvimento interdisciplinar.



Fonte: elaborado pelo autor.

A intercessão de duas áreas de troca de informação (dimensão-dimensão) caracteriza um desenvolvimento sequencial. A intercessão de duas áreas de especialização intensa (limite-limite) caracteriza um desenvolvimento concorrente.

Figura 28 – Mapeamento dos requisitos para o parâmetro Sistema



Fonte: elaborado pelo autor com *software* Freemind.

Quadro 10 – Levantamento de requisitos para o parâmetro Sistemas.

Levantamento de Requisitos		
Classe	**Parâmetros**	**Requisitos**
Sistemas	Sistemas conceituais	Idéias e teorias
		Consciência
		Compreensão
		Observação
	Sistemas físicos	Contém sistemas físicos (identificação)
		Está contido em sistemas físicos (identificação)
		Compostos por objetos (identificação)
		Matéria e energia
		Pode ser observado (modelação)
		Pode ser experimentado (testes)
		Sistemas naturais (ambiente)
		Sistemas construídos pelo homem (manufatura)
	Dimensão	Comunicação
		Especialização (ator)
		Especialização (decisão)
		Diferenciação do entorno (ambiente)
		Linha transição entre sistemas (comunicação)
		Linha transição entre sistemas (complexidade)
	Limite	Linha transição entre especializações (comunicação)
		Linha transição entre especializações (complexidade)

Fonte: elaborado pelo autor

5.2.3 Classe Objetos

Considerações sobre objetos:

Define Plotkin (2003, p. 2) que o mundo humano é invadido por objetos físicos e que existe uma linha fina na compreensão da definição de objetos físicos e de sistemas físicos. Geralmente, quanto mais estático um item parece ser, o mais provável é ser chamado de um objeto. Seu conceito é abrangente como o conceito de sistema. Os limites da definição dependem da observação. Não tem-se dificuldade em definir uma televisão como um objeto. Porém, quando “observa-se” sua estrutura identifica-se um grande número de sistemas necessários ao funcionamento. Cada um destes sistemas é repleto de objetos. Em modelagem conceitual um objeto é capaz de armazenar estados através de seus atributos, reagir a mensagens enviadas a ele e se relacionar com outros objetos.

Considerações sobre codificação:

É a codificação que personifica um objeto em função de identificações possíveis dele, de seus atributos e arranjos (como família, herança, etc.). A diferenciação se dá pela necessidade de uma codificação e nomenclatura "inteligentes" para a identificação.

> Um código é considerado inteligente quando comporta o máximo de informação útil [carga semântica] sem saturar os atores que manuseiam a informação codificada. Uma nomenclatura é considerada inteligente quando possibilita o entendimento descritivo e oferece *links* imediatos para a identificação de um objeto qualquer (GOMES, 2008, p. 07).

Codificação é um conjunto de regras que permite a transposição de sistemas de símbolos sem alterar o significado da informação transmitida. Quando codifica-se focados em objeto, acrescenta-se à definição uma representação deste objeto com seus atributos e operações, apresentando simbolicamente a representação do objeto e transmitindo toda a informação que o representa. Tal código, apto à incrementação, apresenta informações relacionadas a:

- Identificação do componente (objeto),
- Características do objeto (atributos),
- Temporalidade,
- Hierarquia (estruturação)
- Composição

Este tipo de codificação deve ser definida e associada a um produto na fase inicial de detalhamento (após a aprovação do conceito do produto) e o deve acompanhar durante todo o ciclo o produto, se adaptando a seus arranjos e transformações.

Considerações sobre observação e resolução:

Amaro (2010, p. 06) define que, evidenciada pela cibernética e teoria construtivista, a observação é um dos conceitos centrais na teoria de sistemas: "tudo que é dito, é dito por um observador". A modelagem de um sistema depende do observador, que deve saber se precisa "entrar" no sistema para abstrair o objeto (as

características) ou “sair” do sistema para abstrair o comportamento do objeto (os relacionamentos). E deve-se considerar natural a possibilidade de um sistema se comportar como objetos numa relação maior do que a definida pelo tamanho da análise.

Para Morin (2000, p. 178) o observador deve dispor de um método que lhe permita conceber a multiplicidade dos pontos de vistas, incluindo aí o seu próprio ponto de vista.

A modelação consiste da capacidade do observador identificar características e pontos de vista em relação aos quais se possa representar e interpretar os fenômenos que geram a ação. E consequentemente os eventos reais nos quais um trabalho de ordenamento, parcial e continuamente adaptável pode ser posto em prática. É prender-se na complexidade.

Figura 29 – Mapeamento dos requisitos para o parâmetro Objeto

Fonte: elaborado pelo autor com *software* Freemind.

Quadro 11 – Levantamento de requisitos para o parâmetro Objeto.

Levantamento de Requisitos		
Classe	**Parâmetros**	**Requisitos**
Objeto	Objeto	Identificação
		Mapeamento (localização e relacionamento)
		Rastreabilidade (localização no tempo)
		Componentes dos sistemas físicos (estruturação)
	Codificação	Atributo primordial (personificação do objeto)
		Herança (atributo herdados)
		Classe (estruturação)
		Rastreabilidade (localização no tempo)
		Comunicação (semântica)
	Observação	Modelação
		Abstração (dimensão)
		Abstração (limite)
		Abstração (resolução)
		Abstração (ponto de vista - modelador)
	Resolução	Possibilidade de crescimento escalar (adaptação)
		Tamanho da resolução
		Limites da observação (tamanho da modelação)

Fonte: elaborado pelo autor

5.2.4 Classe Atores

Considerações sobre atores, modeladores e casos de uso:

Um ator interage com o sistema, inclusive assumindo outros papeis tais como, o usuário, o operador e o modelador (observador) em função do objetivo de sua atuação, seu poder de decisão e sua especialização. Todos atuam em casos relacionados com os processos inerentes ao sistema. Define Eriksson (2004, p. 22) que o uso pretendido de um sistema é descrita como uma série destes casos, sendo que cada um deles é uma descrição genérica de uma função requerida. Cabe aos atores:

- decidir e descrever os requisitos funcionais do sistema.
- dar uma descrição clara e consistente do que o sistema deve fazer.
- proporcionar uma base para a realização de testes que verificam se o sistema funciona adequadamente.
- fornecer a capacidade de rastrear requisitos.

- procurar por processo de estabilização do sistema
- decidir por processos que garantam o sucesso do funcionamento do sistema.

Para processos de modelagem ou gerenciamento a importância da especialização torna-se evidente.

Figura 30 – Mapeamento dos requisitos para o parâmetro Atores

Fonte: elaborado pelo autor com *software* Freemind.

Quadro 12 – Levantamento de requisitos para o parâmetro Atores.

Levantamento de Requisitos		
Classe	**Parâmetros**	**Requisitos**
Atores	Ator	Busca por decisão
		Estabelece parâmetros
		Busca por requisitos
		Responsável pelos eventos
		Especialista
		Modelador
		Controla
	Operário	Busca por parâmetros
		Busca por estabilidade
		Pode controlar
		Reporta e registra (*feedback*)
		Reporta e registra (comunicação)

Fonte: elaborado pelo autor

5.2.5 Classe Processos

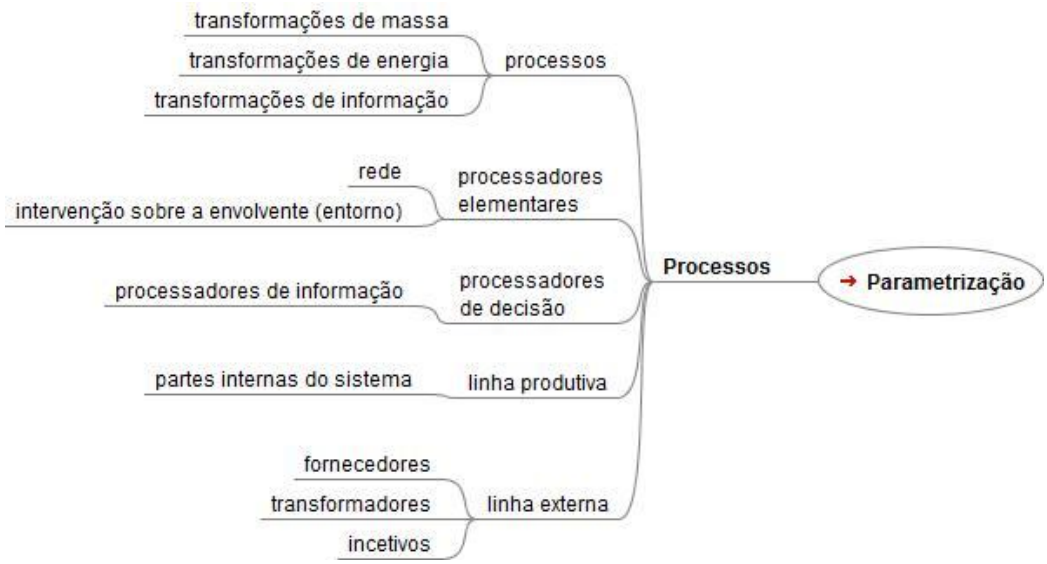
Considerações sobre processos:

Um processo é um conjunto de etapas ordenadas, constituído por atividades, métodos, práticas e transformações, usado para atingir uma meta relacionada aos resultados concretos. É necessário um grande conhecimento sobre um conceito e/ou objeto para se propor ou desenvolver processos produtivos para eles.

Paula Filho (2000, p. 25) define que um processo é uma receita que é seguida por um projeto e o projeto concretiza uma abstração, que é o processo. Não se deve confundir um processo com o respectivo produto ou com a execução do processo através de um projeto (evento). Um processo é definido quando tem documentação que detalha:

- o que é feito (produto)
- quando (passos ou tarefas)
- por quem (recursos)
- as coisas que usa (insumos)
- e as coisas que se produz (resultados)

Figura 31 – Mapeamento dos requisitos para o parâmetro Processos



Fonte: elaborado pelo autor com *software* Freemind.

Quadro 13 – Levantamento de requisitos para o parâmetro Processos.

Levantamento de Requisitos		
Classe	**Parâmetros**	**Requisitos**
Processos	Processos	Transformação de massa
		Transformação de energia
		Transformação de informação
	Processadores elementares	Rede (fluxo e atores)
		Intervenção sobre a envolvente (ambiente)
	Processadores de decisão	Processadores de informação
		Especialistas
	Linha produtiva	Linha interna
		Partes internas do sistema
		Setores
	Linha externa	Fornecedores
		Transformadores
		Incentivos
		Complexidade
		Controle

Fonte: elaborado pelo autor

5.2.6 Classe Eventos

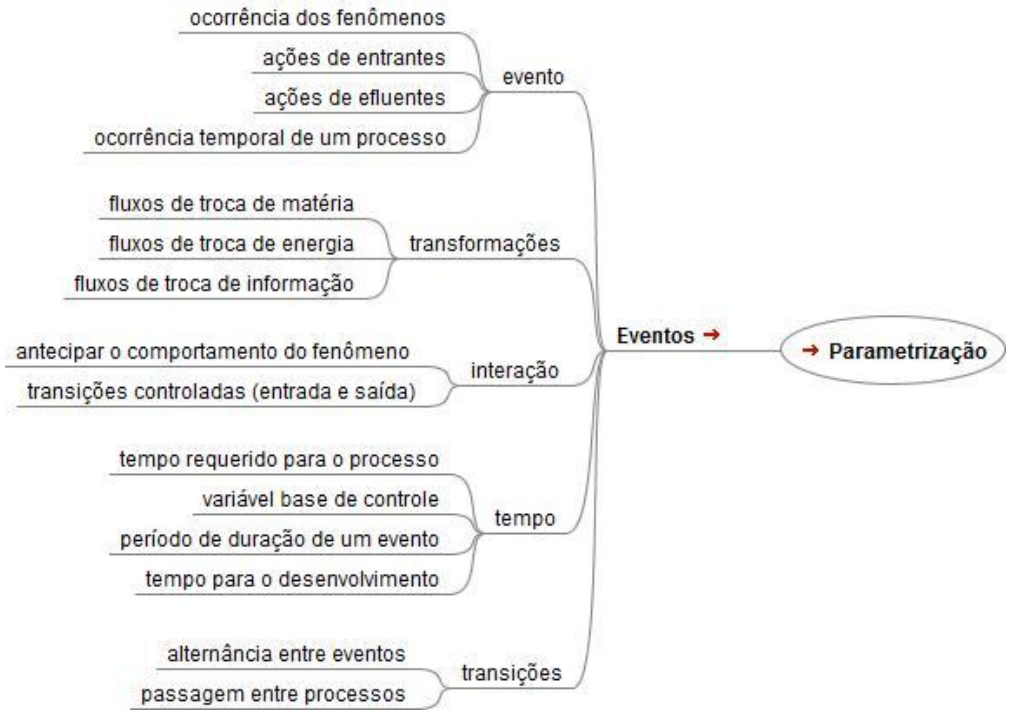
Considerações sobre eventos:

As definições pertinentes a este estudo consideram um evento como uma realização de possível alternativa de um fenômeno probabilístico, uma interação, uma ação de um objeto físico sobre outro e a observação desses acontecimentos. Um evento marca o momento de desencadeamento de processos controlados ou não, gerando resultados esperados ou não. Para o gerenciamento interessa:

- a validação dos requisitos necessários para se disparar um evento.
- a validação dos processos encadeados para que aquele evento aconteça e que seus resultados sejam positivos.
- a avaliação sobre a viabilidade da repetição do evento: se pode repetir, se deve repetir, se não deve repetir.
- a avaliação sobre os procedimentos caso um evento que não possa repetir aconteça: qual a probabilidade de acontecer, como se recuperar disto sofrendo o menor impacto.

Em quase todos os casos o acontecimento dos eventos estão relacionados com a análise do risco do desenvolvimento e da produção.

111Figura 32 – Mapeamento dos requisitos para o parâmetro Eventos.



Fonte: elaborado pelo autor com *software* Freemind.

Quadro 14 – Quadro de Levantamento de requisitos para o parâmetro Eventos.

Levantamento de Requisitos		
Classe	**Parâmetros**	**Requisitos**
Eventos	Evento	Ocorrência dos fenômenos
		Ações de entrantes
		Ações de efluentes
		Ocorrência temporal de um processo
	Transformações	Fluxos de troca de matéria
		Fluxos de troca de energia
		Fluxos de trocas de informação
	Interação	Antecipar o comportamento do fenômeno
		Transições controladas (entrada e saídas)
	Tempo	Tempo requerido para o processo
		Variável de controle
		Período de duração do evento
		Tempo requerido para o desenvolvimento
	Transições	Alternância entre eventos
		Passagem entre processos

Fonte: elaborado pelo autor

6 O CONTEÚDO INFORMACIONAL E OS MAPAS DOS PONTOS DE CONTROLE: A MODELAGEM

6.1 A listagem dos requisitos e o conteúdo informacional

A partir das considerações anteriores e da lista de requisitos é possível definir os indicativos dos conteúdos informacionais para os possíveis pontos de controle, bem como sua forma elementar de materialização:

Quadro 15 – Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Informação.

Característica do contexto (Classe Informação).	**Requisito proposto**	**Conteúdo informacional proposto (deve conter)**	**Materialização da informação**
Confiabilidade	Informação confiável	informações baseadas em normas técnicas e reguladoras	Desenhos técnicos, diagramas, fluxogramas folhas de processos, relatórios, etc.
		Informações baseadas em bibliografia válida	Desenhos técnicos, diagramas, fluxogramas folhas de processos, relatórios, etc.
		Memórias de cálculos válidas	Planilhas, gráficos, relatórios, arquivos digitais, etc.
		Resultados de simulações	Relatórios, arquivos digitais de simulação, prototipagem, componentes, conjuntos, etc.
Disponibilidade	Disponibilização e distribuição de informação confiável	Mesmos critérios para confidencialidade	Documentos ou sistema de controle de passagem de fases ou entrega.
Integralidade	Disponibilização e distribuição de informação confiável	Mesmos critérios para confidencialidade	Documentos ou sistema de controle da evolução (revisões) da informação
Feedback	Retorno dos resultados do uso da informação confiável	Resultados de análise de teste, simulações, produção, logística, etc.	Desenhos técnicos, diagramas, fluxogramas, folhas de processos, relatórios, etc.
Transmissão da informação	Envio e distribuição de informação confiável	Especificações técnicas, de processos, de análises, de logísticas, etc.	Desenhos técnicos, diagramas, fluxogramas, folhas de processos, relatórios, etc.
	Controle do histórico de uso da informação	Especificações de produção, cronogramas, etc.	Desenhos técnicos, diagramas, fluxogramas, folhas de processos, relatórios, etc.

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 16 – Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Sistemas.

Característica do contexto (Classe Sistemas).	**Requisito proposto**	**Conteúdo informacional proposto (deve conter)**	**Materialização da informação**
Ideias e teorias (sistemas conceituais)	Representação da ideia ou conceito	Especificações técnicas, de processos, de análises, de logísticas, relacionados ao conceito.	Desenhos técnicos, diagramas, modelos, *renderings*, protótipos, fluxogramas, ilustrações, etc.
	Observação e modelagem do sistema	Representações do conceito por mapas conceituais, mentais, cognitivos, de argumentação, diagramas, fluxogramas, etc.	Diagramas, mapas, fluxogramas, gráficos, etc.
Experimentação (sistemas físicos)	Representação física da ideia ou conceito	Especificações técnicas, folhas de processos, cálculos balanço de massa e energético, índices de impacto ambiental, etc.	Modelo, *mockup*, protótipo, maquete, componente, peça, conjunto, relatório de ACV, etc.
Dimensão e limites	Representação do relacionamento entre sistemas	Normas técnicas, legislações, análises de impacto ambiental, fomentos, contratos, investimentos.	Desenhos técnicos, notas fiscais, leis federais, nacionais e municipais, contratos, alvarás, relatórios, orçamentos, etc..
	Representação dos relacionamentos entre as especializações.	Normas técnicas, relatórios, memória de cálculo, resultados de testes, levantamento de dados.	Desenhos técnicos, diagramas, modelos, *renderings*, protótipos, fluxogramas, ilustrações, mapas, gráficos, etc.

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 17 – Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Objeto (continua)

Característica do contexto (Classe Objeto).	**Requisito proposto**	**Conteúdo informacional proposto (deve conter)**	**Materialização da informação**
Identificação do objeto	Representação do objeto	Definições do objeto, listas de atributos, especificações de classes, arranjo e relacionamentos, etc.	Desenhos técnicos, diagramas, relatórios, folhas de especificações, etc..
Codificação	Codificação e nomenclatura para personificação do objeto	Identificação do objeto, especificação de atributos, etc.	Desenhos técnicos, diagramas, relatórios, folhas de especificações, registro em sistema de informação, etc..
Rastreabilidade e localização	Mapeamento e rastreabilidade	Definição de estruturação e hierarquia, mapeamentos de fluxo estado, etc	Fluxogramas, mapas de produção, cronogramas, etc.

(conclusão)

Modelagem	Abstração do objeto e sua relação com o sistema	Modelagem conceitual, definição dos limites do sistema, identificação dos eventos de transição, etc.	Diagramas, mapas, fluxogramas, gráficos, etc.

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 18 – Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Atores.

Característica do contexto (Classe Atores).	**Requisito proposto**	**Conteúdo informacional proposto (deve conter)**	**Materialização da informação**
Atores que conceitua e decide	Informações para tomada de decisão	Informações resultantes de processos de conceituação, especificação técnica, procedimentos de produção, logística, normalizações, legislações, regulamentações, uso, mercado, etc.	Todos os formatos de documentos orientados à decisão, gráficos, tabelas, fluxogramas, etc.
	Parametrização	Especificações de requisitos, escopos de projetos, etc.	Listas de requisitos, relatórios, mapas, diagramas, etc.
Ator que opera	Procura por estabilidade, parâmetros e controle.	Folhas de processos, normas, requerimentos de qualidade e controle.	Relatórios de produção, testes, controle, qualidade, etc.

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 19 – Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Processos (continua).

Característica do contexto (Classe Processos)	**Requisito proposto**	**Conteúdo informacional proposto (deve conter)**	**Materialização da informação**
Processos de obtenção do produto	Transformações de massa e energia	Especificações técnicas sobre matéria-prima, sobre sistemas e equipamentos de transformação, sobre consumíveis de produção, sobre eficiência energética, sobre refugos, rejeitos, reciclagem, emissões, sobre logísticas de alocação, etc.	Desenhos e folhas de especificações técnicas, folhas de processo, cálculos de eficiências, relatórios de produção, de qualidade, registros de controle de estoque, fluxogramas de produção, etc.

(conclusão)

Processadores sistema e entorno	Rede e intervenção sobre o ambiente	Definição dos atores da cadeia, contratos de negócio e de fornecimento, certificados de qualidade de fornecimento, programas de fornecimento, etc.	Desenhos e folhas de especificações técnicas, folhas de processo, relatórios, contratos, folhas de programação, notas fiscais, romaneios, fluxogramas, etc.
Processos de obtenção do produto em linha de produção	Interna	Folhas de processos, fluxogramas e programas de produção, controle de estoque, controle de emissões, relatórios de qualidade e controle, folhas de controle de manutenção, certificações, etc.	Desenhos e folhas de especificações técnicas, folhas de processo, relatórios, folhas de programação, fluxogramas, programas de máquinas, etc.

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 20 – Requisitos e conteúdo informacional do parâmetro Eventos

Característica do contexto (Classe Eventos)	**Requisito proposto**	**Conteúdo informacional proposto (deve conter)**	**Materialização da informação**
Fenômenos de transformações	Transformações e transições	Descrição dos eventos, planejamento para "disparar" os eventos, organização dos atores envolvidos nos eventos, etc.	Desenhos e folhas de especificações técnicas, folhas de processo, relatórios, diagramas, fluxogramas, etc.
Fenômenos de relacionamentos	Interação e previsão de falhas	Planejamento para ações prévias para eventos, análise de risco sobre falhas dos eventos, planejamento para correções dos eventos.	Desenhos e folhas de especificações técnicas, folhas de processo, relatórios, diagramas, fluxogramas, etc.
Temporalidade	Controle dos tempos do fluxo do ciclo	Controle tempos dos processos, planejamento dos tempos dos eventos.	Folhas de especificações técnicas, folhas de processo, relatórios, diagramas, fluxogramas, etc.

Fonte: elaborado pelo autor

O conteúdo informacional representa o tipo da informação que deve ser disponibilizada aos atores atuantes em todo o ciclo com os objetivos de:

- Validar um conceito;
- Representar um conceito;

- Apresentar e aprovar um conceito;
- Avaliar a viabilidade de manufatura ou construção;
- Planejar a manufatura ou construção;
- Estruturar os procedimentos de manufatura ou construção;
- Estruturar a sequência de produção ou construção;
- Controlar as etapas de produção ou construção;
- Testar funcionamento ou usabilidade;
- Transmitir informações técnicas de usos e manutenção;
- Certificar validações de qualidade para qualquer processo proposto;
- Registrar o histórico do ciclo para falhas e sucessos (base de conhecimento).

A coluna Materialização da Informação lista algumas “formas de documentos” pelos quais a informação pode ser “manuseada” (considerando também os arquivos digitais). Gomes (2008, p. 10) define que informação contida nos documentos recebe uma nova classificação no que se refere à frequência de sua revisão ou atualização:

a) Documentos estáticos

> Os Documentos Estáticos contém informações com um longo período de transição (LPT) entre uma revisão ou modificação e outra. É a característica das normas técnicas, legislação trabalhista, plantas industriais após *startup*, tabelas de elementos de máquinas, catálogos de fornecedores, etc. (GOMES, 2008, p. 10)

Para o gerenciamento desta classe de documentos devem ser adotados procedimentos de guarda e descarte, a reprodução é aceita (quando autorizada) e a criação de arquivos pessoais (duplicação da informação) não oferece riscos críticos.

b) Documentos dinâmicos

> Os Documentos Dinâmicos contém informações com um curto período de transição (CPT) entre uma revisão ou modificação e outra. É a característica dos desenhos de projeto em andamento e fabricação, das listas de materiais, das memórias de cálculos de projeto, cronogramas, orçamentos, solicitações de compras, fichas de programas de produção, etc. (GOMES, 2008, p. 10).

Para o gerenciamento desta classe de documentos devem ser adotados procedimentos de revisão e atualização com controle de distribuição, a reprodução deve ser controlada e os arquivos pessoais não são aceitáveis.

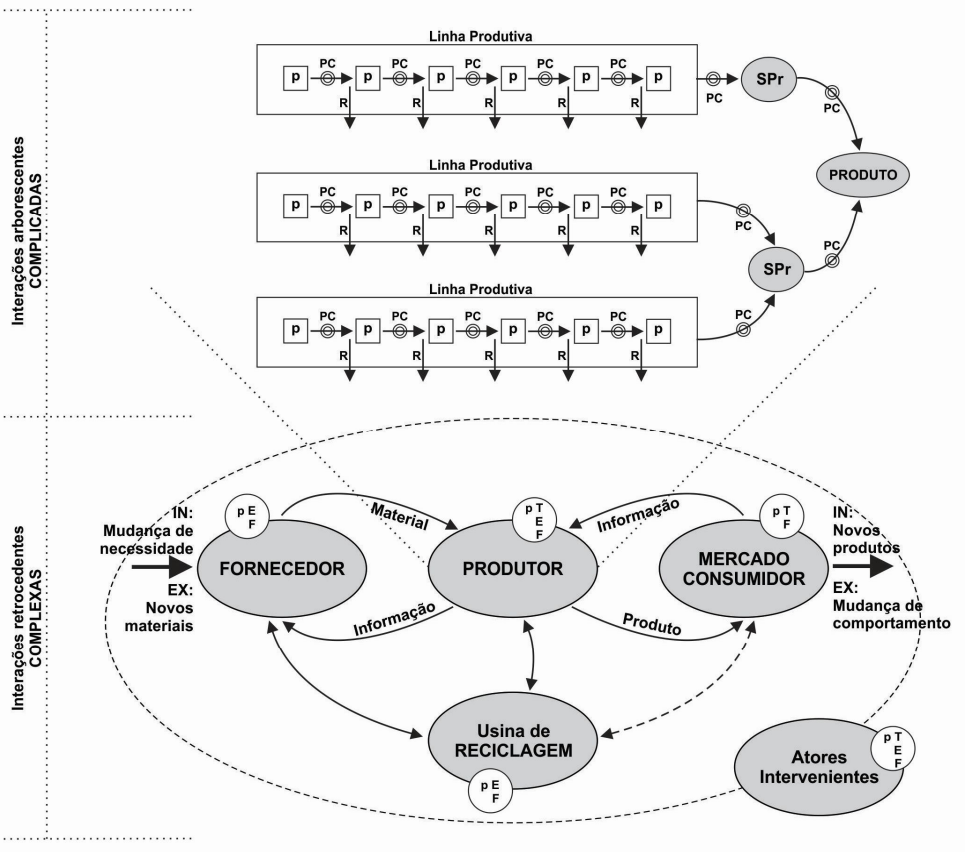
No caso de armazenamento digital os documentos estáticos aceitam simples arquivamento por *backup*, mas os documentos dinâmicos exigem arquivamento digital com gerenciamento por sistema de informação dedicado[16].

6.2 Os diagramas para o mapeamento dos pontos de controle.

6.2.1 O Modelo de Mapa para Sistema-Sistema

O diagrama para uma proposta de integração do gerenciamento do ciclo de vida representa a complexidade envolvida em um sistema produtivo sem reducionismo:

Figura 33 – Diagrama de representação de um Sistema Geral de APL – Arranjo Produtivo Local



Fonte: Pereira e Gomes, 2008.

[16] Não serão abordados os sistemas disponíveis para gerenciamento digital de informação. Um dos objetivos do estudo é o tratamento da informação circulante no ciclo de desenvolvimento visando modelagem conceitual, o que não exige a necessidade da escolha de um sistema ou programa digital para implementação. Os Sistemas de Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED) não serão analisados.

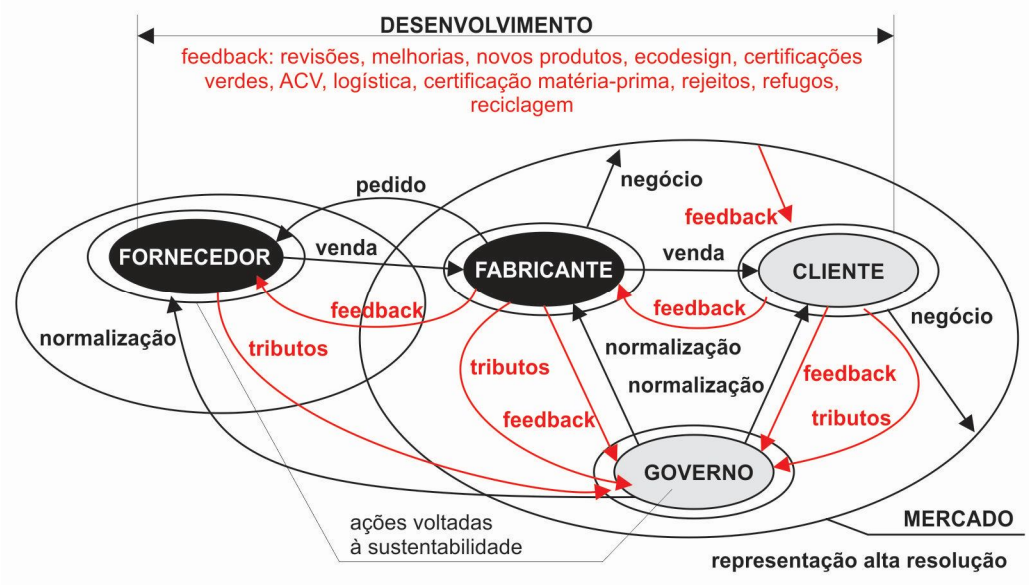
Nele se pode identificar as linhas de relacionamentos e de *feedback* da informação, os fluxos de emissões na linha produtiva, a dimensão do sistema modelado, inclusive com a linha de relacionamentos dos atores intervenientes. Os pontos de controle são identificados nas linhas de transição entre os estados de transformação. Em um exemplo, para um fictício sistema Mercado, vemos, conforme figura 34, diferentes resultados de representação de modelamento em função da resolução de observação.

Figura 34 – Mapas de complexidade em diferentes resoluções de observação e modelamento

Fonte: elaborado pelo autor.

A complexidade continuará sendo representada sem reducionismos caso se aumenta a resolução da observação para modelagem. Se por exemplo, houver a necessidade de controle da matéria-prima, os relacionamentos de um novo ator (Fornecedor) são modelados e representados conforme a figura 35.

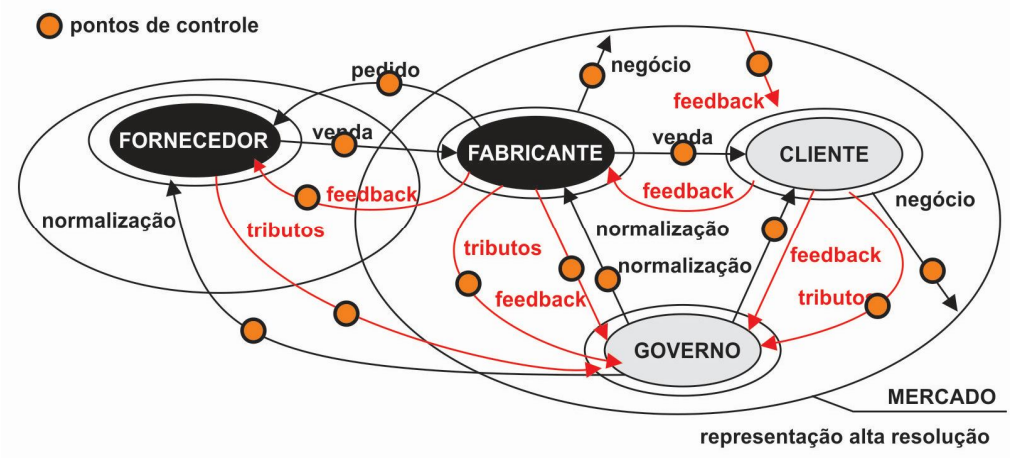
Figura 35 – Mapa de complexidade após entrada do novo ator Fornecedor



Fonte: elaborado pelo autor.

Cada linha de relacionamento é uma provável localização para no mínimo um ponto de controle, conforme representado na figura36.

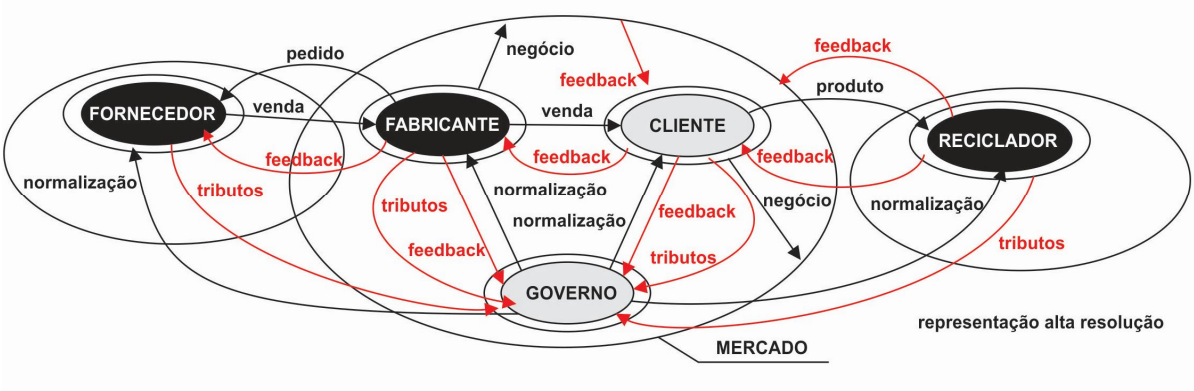
Figura 36 – Localizações de potenciais pontos de controle no mapa do sistema Mercado



Fonte: elaborado pelo autor.

Tais mapas atendem ao modelamento para abstração de uma parte ou de todo um ciclo (relações entre sistemas). É possível incrementar novos atores, processos, evoluções tecnológicas, etc.

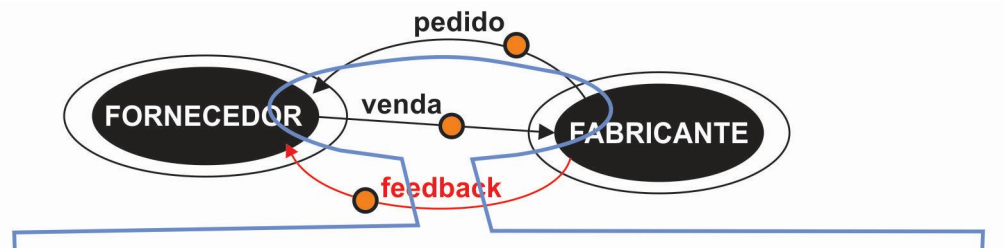
Figura 37 – Mapa de representação da complexidade após o incremento de outro novo ator



Fonte: elaborado pelo autor.

Em função da resolução de observação, cada linha de transação ou relacionamento pode conter mais de um ponto de controle. Além da resolução de observação, a quantidade de pontos de controle estabelecida depende também da análise dos atores envolvidos, do objetivo do relacionamento, da tecnologia construtiva disponível, da orientação do desenvolvimento, etc.

Figura 38 – Exemplo de abstração dos relacionamentos para identificação dos pontos de controle de um processo de compra de matéria-prima



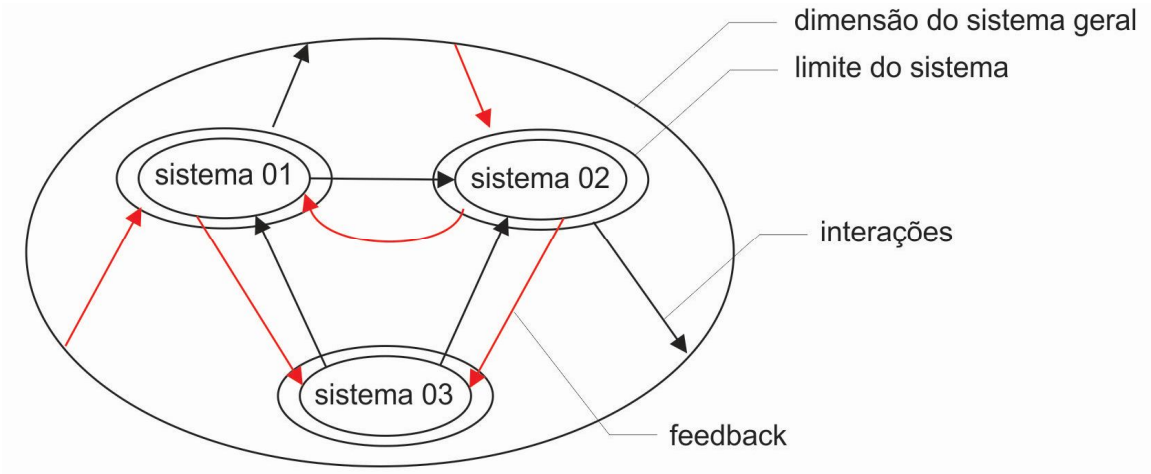
Ator	Envia	Ator	Envia
Fabricante	Especificação técnica	Fornecedor	Certificado composição Certificado de origem
Fabricante	Indicação da quantidade do fornecimento	Fornecedor	Informa a disponibilidade, o preço e a tributação
Fabricante	Envia o pedido compra	Fornecedor	Informa a previsão entrega
		Fornecedor	Envia a matéria-prima com a nota fiscal
Fabricante	Devolve o comprovante recebimento		

Fonte: elaborado pelo autor.

O diagrama acima apresenta o detalhamento de uma transação Venda proposta entre Fornecedor e descreve a complexidade de relacionamento

Neste ponto do estudo para o desenvolvimento de uma metodologia de gerenciamento baseada em modelagem conceitual, propõe-se um diagrama para o mapeamento das relações SISTEMA-SISTEMA. Deverá ser utilizado na fase inicial do desenvolvimento de um produto, contudo evoluirá ao longo do ciclo com o incremento de eventos, atores e processos que se mostrarem necessário. O mapa pode crescer sempre que necessário. Define-se então, o diagrama da figura 39 como o modelo genérico para o modelamento das relações entre os sistemas:

Figura 39 – Modelo de Mapa para identificações de pontos de controle do relacionamento sistema-sistema



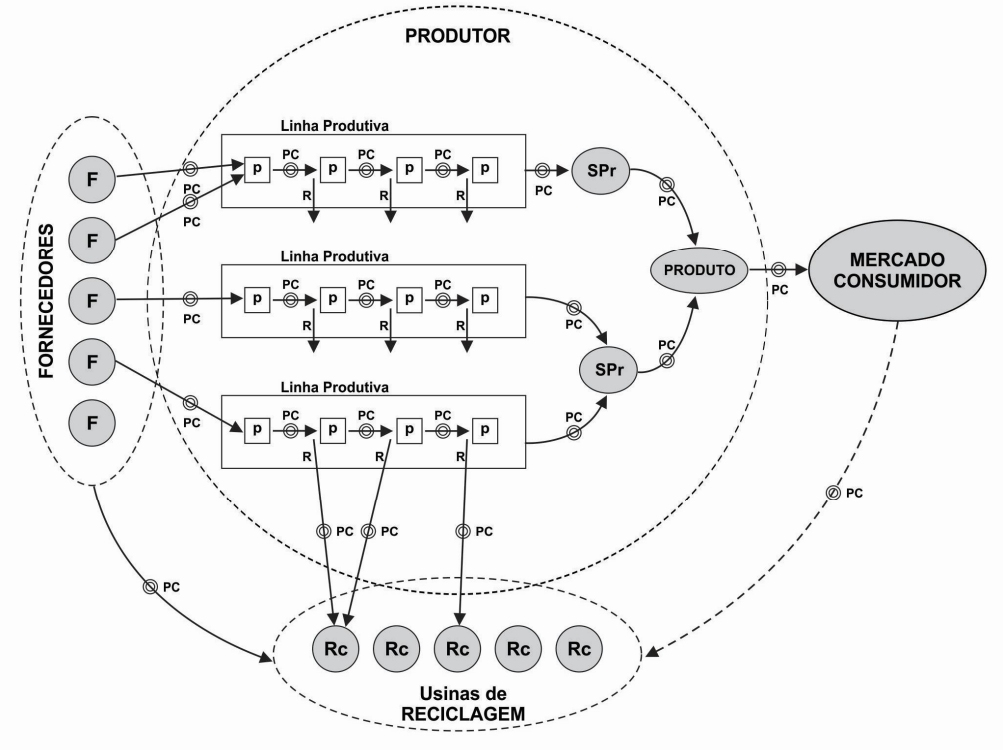
Fonte: elaborado pelo autor.

O tamanho do diagrama depende da resolução, dos limites, dimensões e da complexidade dos sistemas gerais a serem modelados. Conforme citado anteriormente, a ampliação dos limites e dimensões trazem complexização à representação (gráfico central).

6.2.2 O Modelo de Mapa para Objetos-Transformações

O mapa da figura 40 apresenta uma representação de um sistema produtivo. Trata-se da ampliação da região das interações típicas dos fenômenos da produção, como mostrado na figura 34. Esta ampliação é resultado do aumento na resolução da modelagem.

Figura 40 – Representação de um Sistema Produtivo e suas interações diretas



Fonte: Pereira e Gomes, 2008.

Para a modelagem das relações do sistema central (Produtor) com os sistemas de seu entorno (Fornecedores, Usinas de Reciclagem e Mercado Consumidor) utiliza-se o mapa genérico Sistema-Sistema apresentado anteriormente no tópico 6.2.1 (p.101).

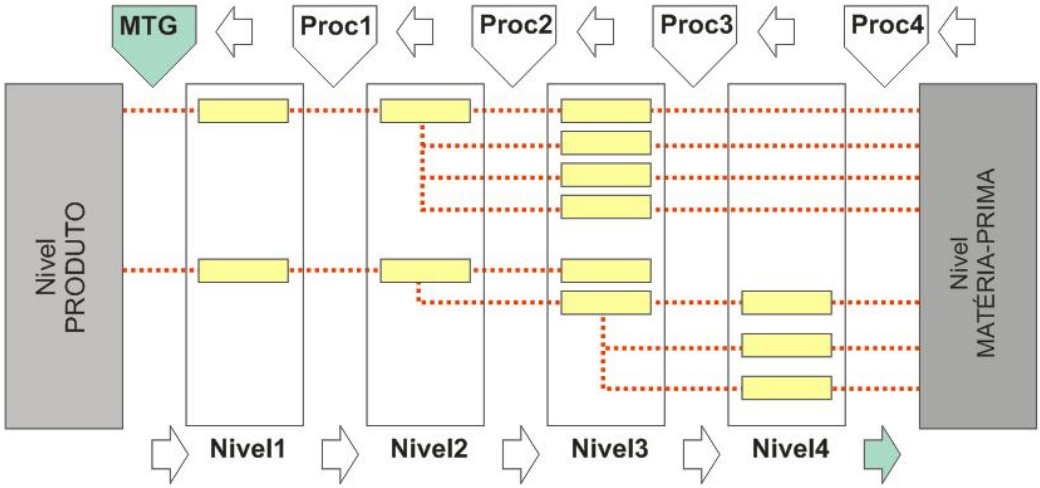
Para a modelagem do sistema central (Produtor) propriamente dito será proposto um novo diagrama que possibilite o mapeamento dos objetos e suas transformações nas linhas de produção. Para isso mostra-se necessário uma reestruturação prévia do produto que será modelado.

A estruturação de um modelo para um mapa que represente as interações do ciclo de desenvolvimento (interações objetos-transformações) precisa de uma adaptação que una um mapa a um fluxograma. O objetivo é a representação de uma hierarquização em níveis na qual se possa ter o controle da transição entre o “projeto de um produto” e a “fabricação de um produto” de forma válida e eficiente.

Para a metodologia proposta a estrutura foi definida em seis níveis de controle, sendo que nos níveis Inicial e Final se possa proceder o controle fluxo da materialização do conceito e também o controle do fluxo da obtenção do produto.

Define-se então, o diagrama da figura 41 como o modelo genérico para o modelamento das relações objetos-transformações:

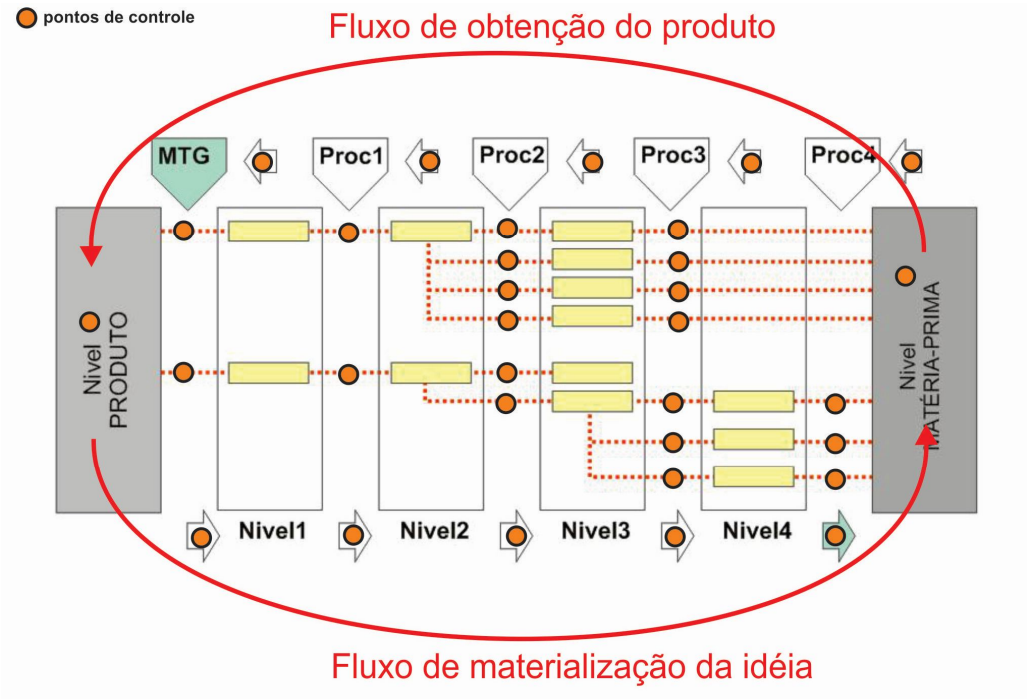
Figura 41 – Diagrama de Estruturação em Níveis



Fonte: elaborado pelo autor.

Os quatro níveis intermediários são estruturados para conter os pontos de controle necessários para o gerenciamento dos fluxos nos processos que vão desde a tradução do conceito do produto (detalhamento técnico do projeto) a até a obtenção dos componentes para montagem (processos produtivos de fabricação).

Figura 42 – Identificação dos pontos de controle no modelo de estruturação



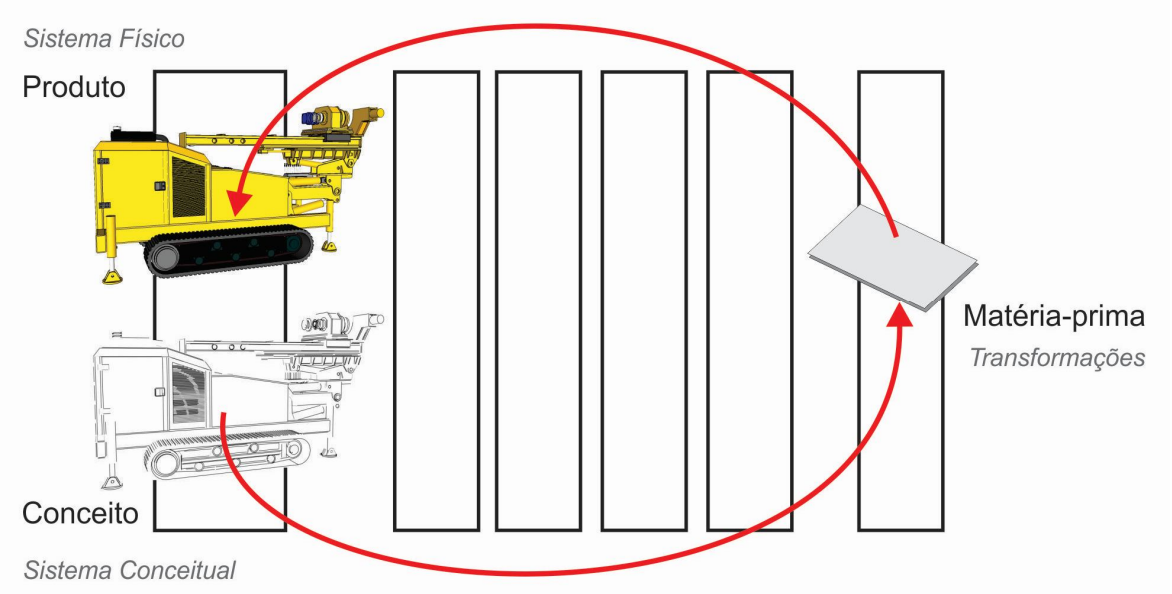
Fonte: elaborado pelo autor.

O bloco Nível de Produto contém todos os objetos e processos relacionados com o desenvolvimento do produto (atores, conceituação, *renderings*, detalhamento técnico, cálculos, etc.).

O fluxo Produto => Matéria-prima é caracterizado pelo trabalho da "desconstrução" do conceito em partes menores de informação até obtenção da representação do objeto elementar (a matéria-prima). A representação se dá por sistemas conceituais com materializações de informação baseada em documentos como os desenhos técnicos, os diagramas, as folhas de processo, etc. É um fluxo típico da atuação da classe de parâmetro Informação.

No fluxo inverso Matéria-prima => Produto, temos a "construção" do produto desde seu objeto físico elementar (a matéria-prima) a até o produto final montado. A representação se dá por sistemas físicos com materializações da informação baseada na construção de objetos como as peças, sub-conjuntos, conjuntos, etc. É o fluxo típico da atuação das classes de parâmetros Processos e Eventos. Cada mudança Nível em ambos os sentidos do fluxo exige a criação e troca de documentos para a Informação, existindo uma transformação física de produto associada a isso para cada Processo.

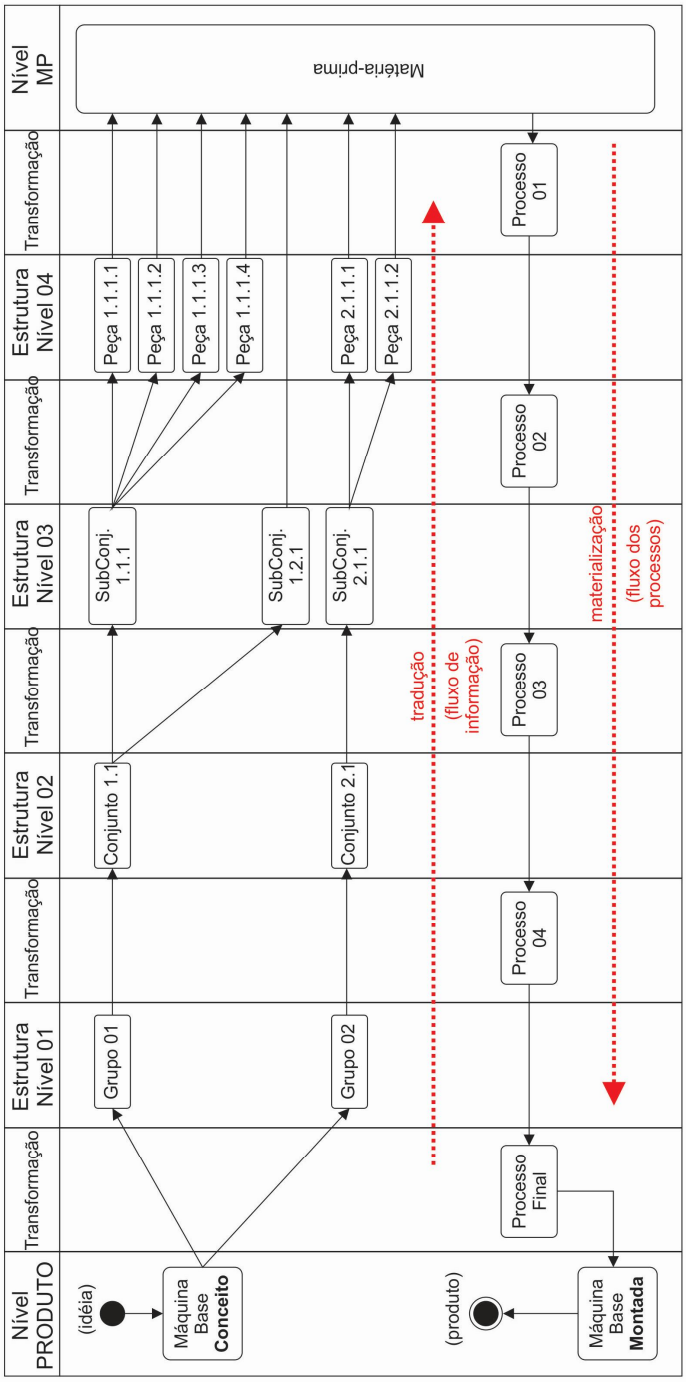
Figura 43 – Representação genérica da transição Sistema conceitual – sistema físico utilizando o diagrama estruturação em níveis



Fonte: elaborado pelo autor.

O uso do diagrama proposto propicia o gerenciamento da transição Sistema Conceitual – Sistema Físico com o foco nos objetos envolvidos e suas transformações. Para isso são exigidas codificação e nomenclatura estruturadas como um dos primeiros processos de modelagem e controle.

Figura 44 – Estruturação de produto baseado em Objeto-Transformações modelado em um diagrama de atividade UML



Fonte: elaborado pelo autor.

7 ESTUDO DE CASO: DESENVOLVENDO UM PRODUTO

Para testar a viabilidade do uso e a validação, esta metodologia de modelagem conceitual para gerenciamento proposta foi implementada no desenvolvimento real de um equipamento para perfuração de solo para testes de sondagens[17]. Atualmente a perfuratriz desenvolvida encontra-se em produção e comercialização para o mercado nacional e para exportação. Todos os processos de concepção, aprovação, prototipagem, testes e entrada de produção, foram trabalhados com os diagramas propostos pela metodologia (Modelo de Mapa para Sistema-Sistema - p. 101) somados aos diagramas de UML indicados (Diagrama de Caso de Uso – p. 56 e Diagrama de Atividade – p. 57). Contudo, por motivos contratuais e de propriedade industrial não poderão ser apresentados. Para este estudo de caso, foi parcialmente desenvolvido um equipamento similar com o objetivo especifico de se demonstrar do uso da modelagem conceitual, dos diagramas de complexidade, os pontos de controle identificados e de seus conteúdos informacionais. Considera-se também o processo da construção do protótipo, visando a validação da tradução do conceito (detalhamento técnico), dos processos de especificação para aquisição de matéria-prima e dos processos produtivos. Outras etapas, como a análise de custo de produção, as logísticas, os testes de funcionamento, etc., não serão abordados.

7.1 A descrição do produto.

A definição do conceito para uma perfuratriz parte da indicação do tipo de perfuração, diâmetro das ferramentas de perfurar e profundidade máxima do furo. Os cálculos técnicos cuidam da especificação do conjunto motor/bomba hidráulica, aptos a fornecer potência para atingir os objetivos de perfuração. O arranjo resultante do conjunto (esteiras, torres, reservatórios, etc.) definem o peso e consequentemente a classe daquela perfuratriz.

O equipamento apresentado pelo estudo de caso se enquadra na classe das perfuratrizes leves, até 7000 quilos.

[17] Testes de sondagem são processos de exploração e reconhecimento do subsolo utilizado pela Engenharia Civil visando subsídios técnicos para definição do tipo e dimensionamento das fundações para a base de uma edificação.

Abaixo a tabela de especificação técnica da perfuratriz:

Quadro 21 – Tabela técnica-comercial da perfuratriz

DADOS TÉCNICOS PERFURATRIZ PHM-000 - Perfuratriz Hidráulica Modelo 000			
Motor Diesel		**Guincho Auxiliar**	
Potência instalada	75 HP	Força Tração	3200 kgf
Caixa Rotativa		Diâmetro Cabo	12 mm
Torque máximo	950kgm	**Esteiras**	
Rotação no Torque máximo	55 RPM	Comprimento	1960 mm
Torque máximo	110 RPM	Largura sapata	300 mm
Diâmetro Passagem	100mm	Largura total	2200 mm
Torre		Pressão no solo	0,65 kg/cm2
Curso Caixa Rotativa	1600mm	**Perfuração**	
Força *Pulldown*	8500 kgm	Diâmetro máximo	100 mm
Força Extração	12.250 kgm	Profundidade máxima	14 m
Morsa Simples		**Peso**	
Diâmetro máximo	101,6mm	Peso de transporte	5.600 kg

Fonte: Folder da perfuratriz - Setor de Vendas da empresa proprietária

A definição técnica do produto especifica:

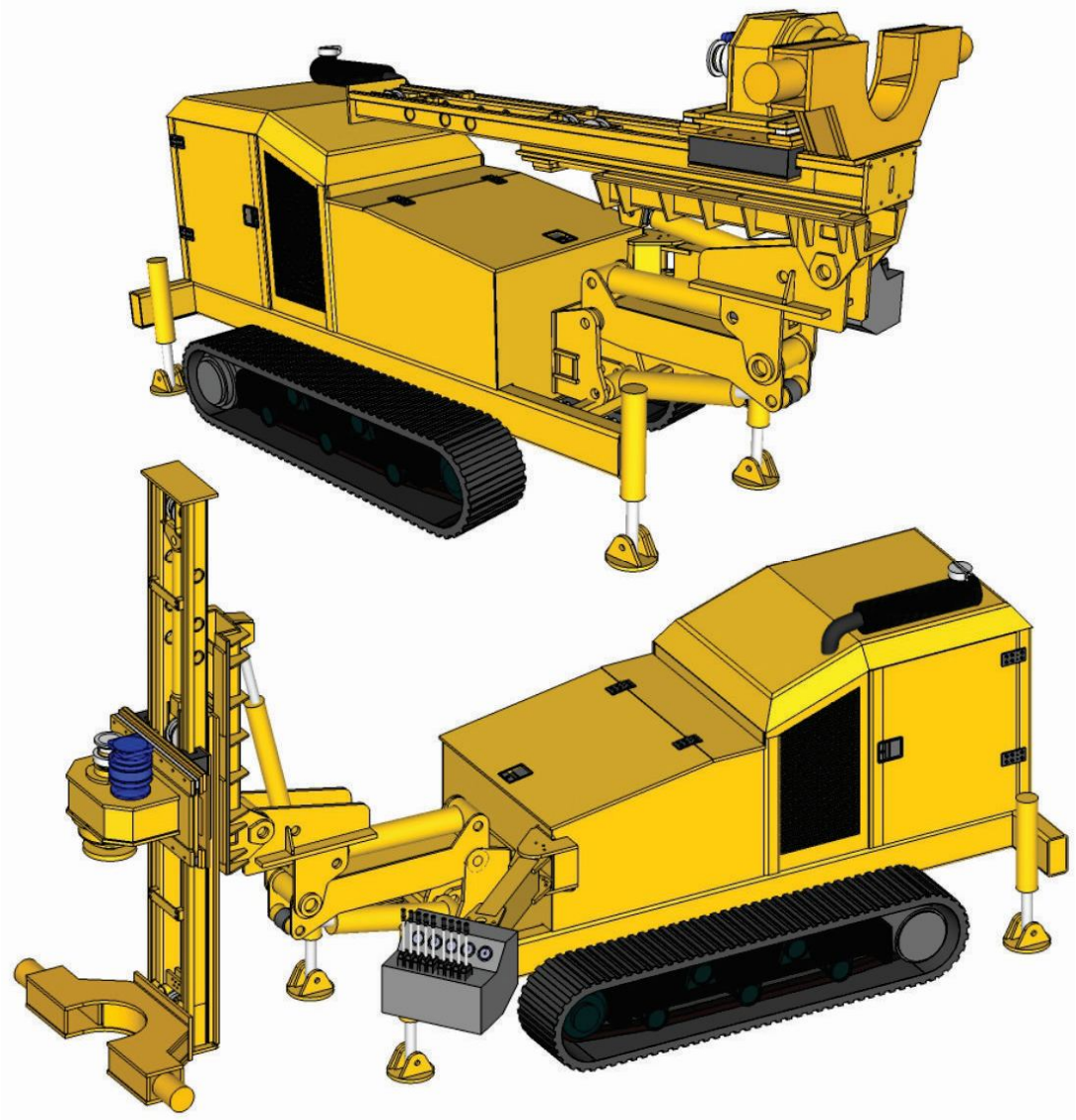
- Perfuratriz sobre esteiras autopropelida por motor diesel para serviços de perfuração e sondagem de solo, equipadas com bombas hidráulicas com pressão máxima de trabalho de 250bar, com torre de perfuração acionada por sistemas de cilindros hidráulicos, com curso livre de 1600mm para trabalho com tubos diâmetro 100mm (max.) e capacidade de perfuração de 14 metros.

Uns dos objetivos primordiais (estratégicos) do projeto seria a obtenção da homologação de “Produto Nacional” conforme especificação do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento), para comercialização via BNDES FINAME[18], que é o financiamento, por intermédio de instituições financeiras credenciadas, para produção e aquisição de máquinas e equipamentos novos. O BNDES ao credenciar o produto verifica todo o processo produtivo do fabricante e através de comprovação das origens de aquisição de matéria-prima e componentes, certifica produtos cuja nacionalização atingem índices mínimos de 70% para o custo e 70% para o peso.

[18] Ver regras BNDES – FINAME no: site oficial do órgão em www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINAME_Maquinas_e_Equipamentos/.

As figuras abaixo mostram a configuração da perfuratriz do estudo:

Figura 45 – Imagens da perfuratriz em posição de transporte e de trabalho



Fonte: elaborado pelo autor.

7.2 A modelação do sistema produtivo e a identificação dos pontos de controle

7.2.1 Os limites e a dimensão dos sistemas envolvidos

Define-se primeiro o tamanho do sistema a ser modelado (ou sistemas envolvidos). Os limites e dimensões destes sistemas devem ser analisados neste estágio.

Com o propósito de atender a um dos requisitos básicos (fornecimento aço) define-se a necessidade de um controle quanto a origem nacional da matéria prima. Neste estudo de caso serão modelados como exemplos, dois sistemas:

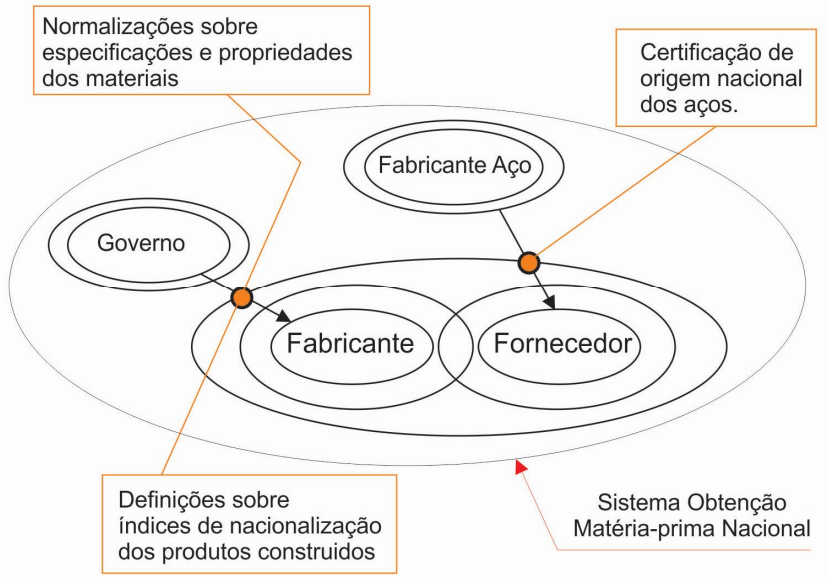
- o sistema Fabricante
- e o Sistema Fornecedor de Aço.

A interação entre eles será modelada com o nome de Sistema Obtenção Matéria-prima Nacional. Dois novos atores (o Governo e o sistema Fabricante de Aço) são considerados e introduzidos em função das necessidades de se controlar:

- a utilização de aço estrutural conforme norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), como exigência técnica de cálculo e projeto;
- a utilização aço produzido com certificação de origem brasileira, em função da exigência do BNDES-FINAME, como exigência estratégica de desenvolvimento
- o controle do índice de nacionalização visando homologação para financiamento pelo BNDES-FINAME, como exigência estratégica e comercial de desenvolvimento.

Dois pontos de controles (mínimos) são imediatamente identificados nas transições entre os sistemas.

Figura 46 – Identificação dos limites e da dimensão do sistema



Fonte: elaborado pelo autor.

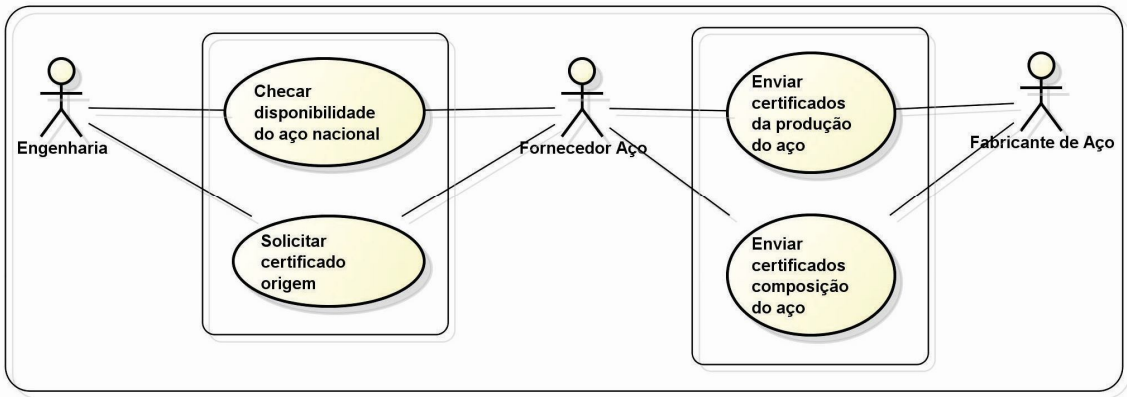
Os sistemas intervenientes não serão modelados, mas é o envolvimento deles que define a dimensão do sistema maior.

O conteúdo informacional a ser controlados diz respeito à

- certificação comprobatória da especificação técnica do aço conforme norma (deverá ser fornecido pelo Fabricante do Aço por intermédio do Fornecedor de Aço);
- certificação comprobatória da origem nacional do aço (deverá ser fornecido pelo Fabricante do Aço através do Fornecedor de Aço);
- adequação dos valores de custo e peso da perfuratriz (informações disponibilizadas pelo Governo e obtidas pelo Fabricante).

Importante citar que a definição de um ponto de controle obrigatoriamente gera a necessidade da avaliação do risco da falha no processo controlado por ele. Como exemplo, existe o risco de não homologação pelo Governo caso o aço não seja nacional ou caso os índices não alcancem os percentuais exigidos pela regulamentação. Os diagramas de Caso de Uso auxiliam no mapeamento destes processos:

Figura 47 – Diagrama dos casos de uso para controle do fornecimento do aço nacional



Fonte: elaborado pelo autor em um Diagrama de Caso de Uso de UML.

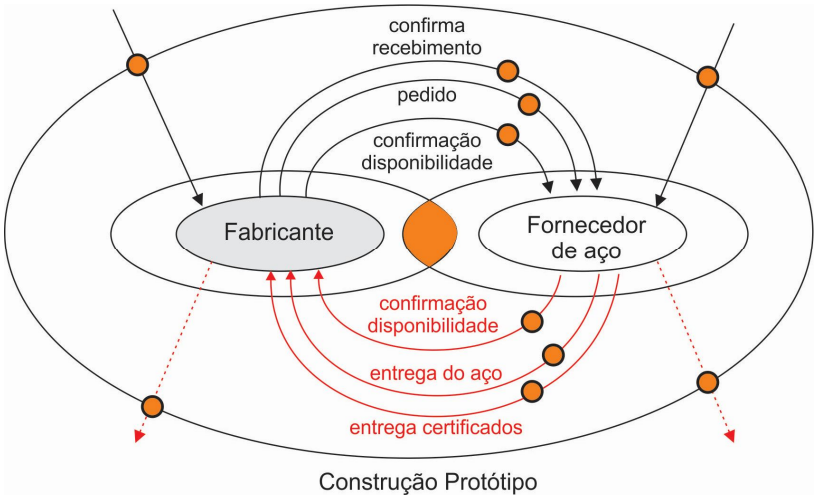
A análise define a necessidade do controle sobre a disponibilidade do aço nacional no ato da compra, antes do envio do pedido pelo Fabricante. Nesta modelagem de relacionamento Sistema-Sistema, a resolução da modelagem ainda é baixa. Para o modelador, os sistemas Fabricante e Fornecedor de Aço ainda são observados como objetos de um sistema maior e os pontos de controle ocorrem nas

transições sistema-entorno. Observar que existem vários outros relacionamentos entre os sistemas envolvidos que precisam ser modelados. A quantidade de diagramas utilizados é definida em função do nível de controle pretendido.

7.2.2 Os relacionamentos Sistema-Sistemas

Dentro do sistema geral em modelagem existe um sistema que identificamos como Sistema Construção do Protótipo, no qual um relacionamento entre os sistemas Fabricante e Fornecedor de Aço deverá ser analisado e sua modelagem será definida. O mapa abaixo mostra o resultado da observação com resolução maior:

Figura 48 – Identificação dos relacionamentos dentro do sistema Construção de Protótipo



Fonte: elaborado pelo autor.

O conteúdo informacional dos pontos de controle identificados é composto de informação de caráter dinâmico o que exige o controle por evento dos processos de aquisição de compras (recebimento do aço dispara evento produção, baixa de estoque de aço dispara evento compra de material, etc.). Observar que se o desenvolvimento deste produto envolve a análise do ciclo de vida, as linhas de emissões (linhas tracejadas saindo do sistema Construção Protótipo) exigiriam o controle das emissões (refugos, rejeitos, etc. ou gastos com logísticas, como transporte, locação, etc.). Para todas as linhas de processos (diretas – pretas - e reversas - vermelhas) são exigidas uma resolução maior na observação para que a modelagem consiga conter mais informação para controle .

7.2.3 A codificação e estruturação do produto

O código é o atributo principal do objeto. A codificação possibilita a identificação do produto e suas variações ao longo do ciclo. Para esta perfuratriz adotou-se a seguinte codificação e a nomenclatura:

Quadro 22 – Definição do código para a perfuratriz completa, elaborado pelo autor.

PHM-MAB000 – Perfuratriz Hidráulica Modelo – Máquina Base 000	
Código	PHM-MAB000
PHM	Identifica a perfuratriz modelo – **P**erfuratriz **H**idráulica **M**odelo
MAB	Identifica tratar-se de máquina base. Caso sejam desenvolvidas outras variações deste modelo, altera-se este campo do código.
000	Identifica o primeiro modelo deste desenvolvimento. Caso sejam desenvolvidas evoluções ou melhorias para este modelo, altera-se este campo do código.

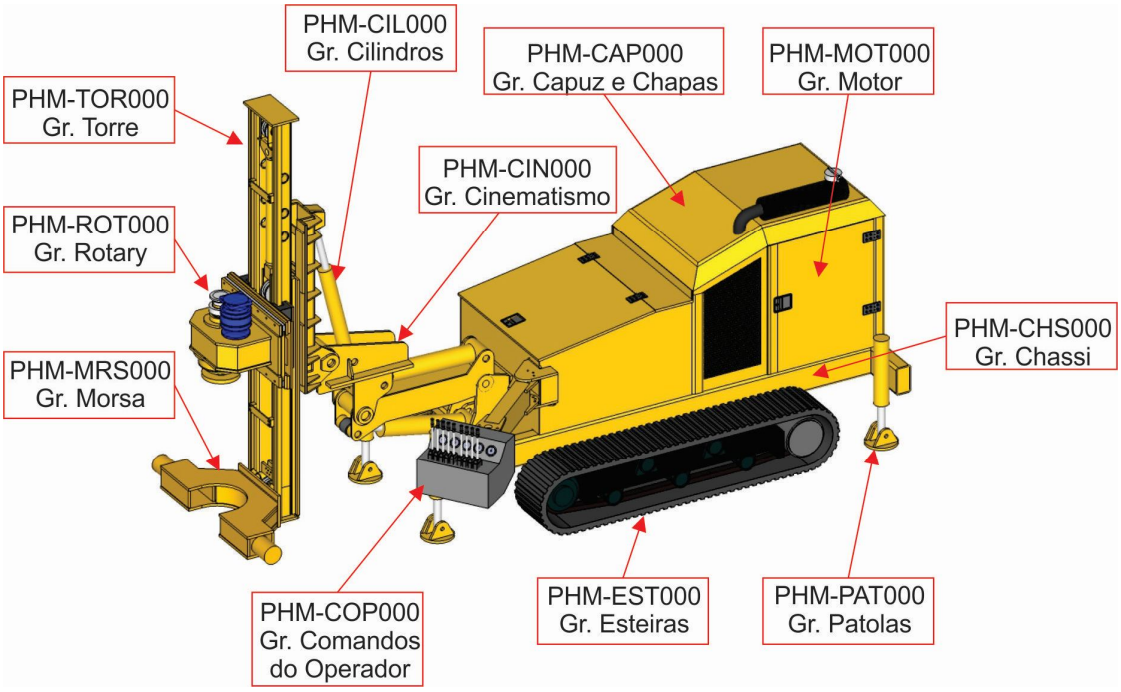
Fonte: elaborado pelo autor.

A codificação deve se propagar por toda estrutura. Até a matéria-prima deve ser codificada. Isto facilita o controle das mudanças de processo entre os níveis da estruturação.

No diagrama modelo Objeto-Transformações a perfuratriz completa situa-se no bloco Nível de Produto. Cria-se uma estrutura analítica que divide o produto em conjuntos de objetos que compartilham mesmos atributos, operações e relacionamentos. Esta estruturação tem o mesmo objetivo dos arranjos de classe da modelagem orientada a objetos mencionados anteriormente, porém para evitar ambiguidade adota-se a denominação de Grupos, diferenciando a organização das classes de parâmetros.

Na perfuratriz os grupos são identificados pela função e pela hierarquia de construção e/ou montagem. A hierarquização é importante caminho para definição de modelos de fluxo de produção, propiciando a identificação dos processos que devem ser realizados sequencialmente ou podem ser realizados concorrentemente. A figura 49 representa a estruturação em grupos para a perfuratriz do estudo:

Figura 49 – Esquema de estruturação da perfuratriz por grupos



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* Sketchup.

Quadro 23 – Estruturação em grupos, elaborado pelo autor.

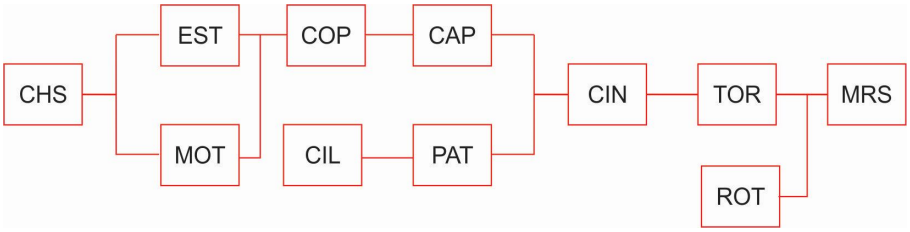
Nível Produto	Nível 01
PHM-MAB000	
CHS	PHM-CHS000 – Grupo Chassi
EST	PHM-EST000 – Grupo Esteiras
MOT	PHM-MOT000 – Grupo Motor
CIL	PHM-CIL000 – Grupo Cilindros
CIN	PHM-CIN000 - Grupo Cinematismo
COP	PHM-COP000 – Grupo Comandos Operador
PAT	PHM-PAT000 – Grupo Patolas
CAP	PHM-CAP000 – Grupo Capuz e Chapas
TOR	PHM-TOR000 – Grupo Torre
ROT	PHM-ROT000 – Grupo Rotary
MRS	PHM-MRS000 – Grupo Morsa

Fonte: elaborado pelo autor.

O diagrama da figura 50 apresenta um exemplo de mapeamento de fluxo de desenvolvimento/produção para os arranjos de componentes definidos pela codificação e estruturação em grupos. A definição da sequência de produção sofre

influencia da condição de produção do Fabricante (setores, máquinas-ferramentas, layout de fábrica, nível técnico dos operadores, etc.). Observar que existem grupos que podem ser desenvolvidos concorrentemente. O fluxograma também representa a sequencia de montagem ideal para a perfuratriz.

Figura 50 – Fluxograma para construção dos grupos da estruturação da perfuratriz

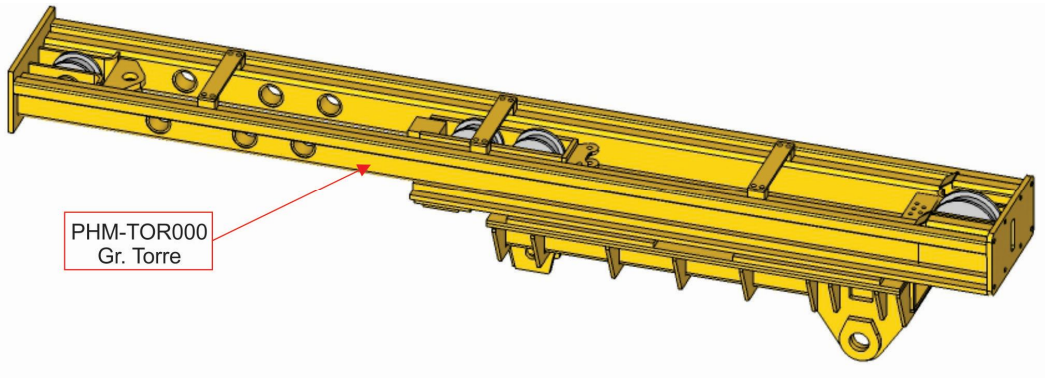


Fonte: elaborado pelo autor.

7.2.4 Os relacionamentos entre Objetos e suas transformações

Este estudo de caso apresentará somente uma parte da estruturação dos grupos pertencentes à perfuratriz. Somente o Grupo Torre será apresentado. Contudo, as observações, modelagens e diagramas devem ser repetidos a exaustão para todos os grupos, todos os componentes/processos abrangendo toda a perfuratriz. Todos os itens necessitam de controle.

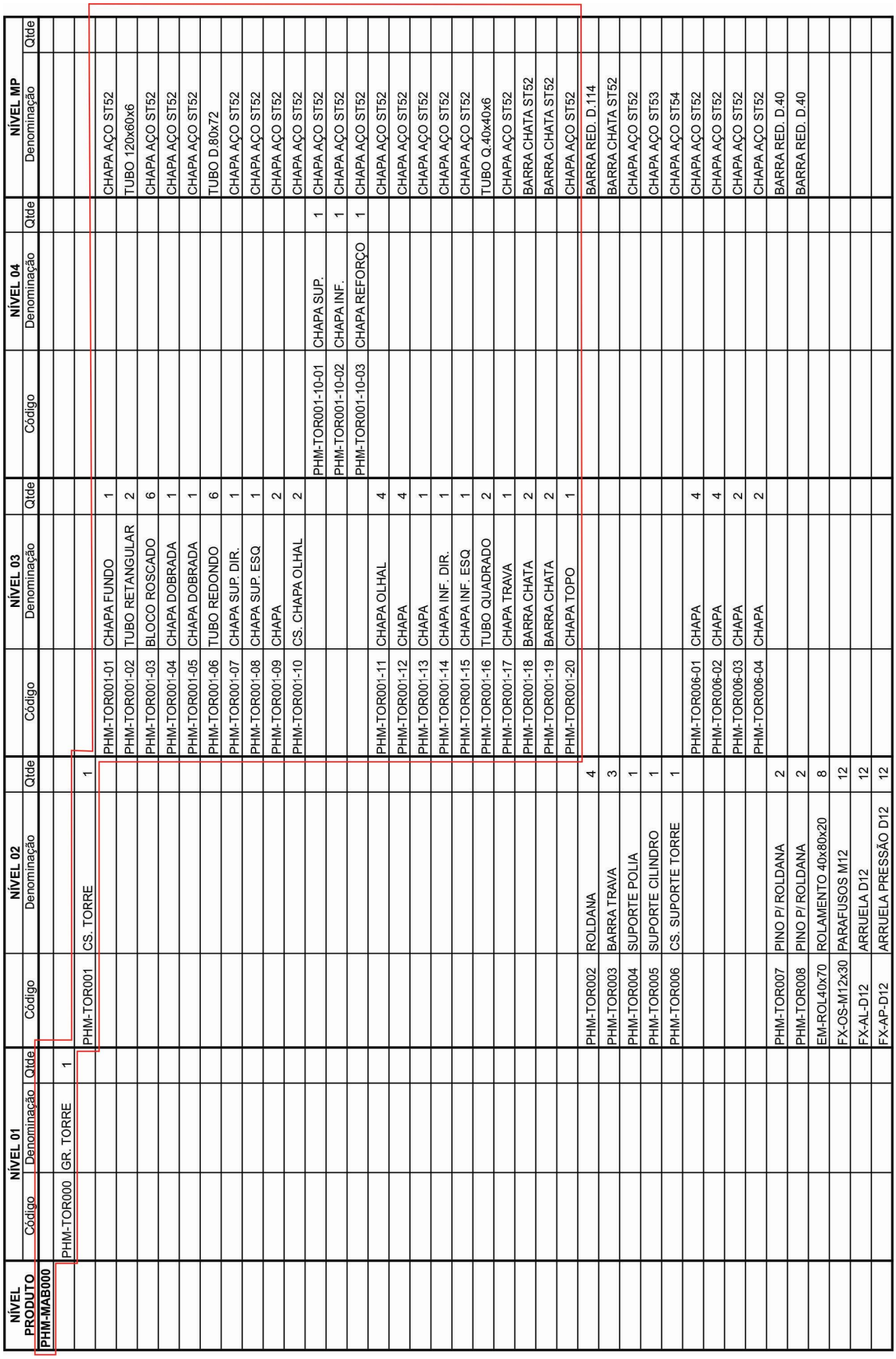
Figura 51 – Representação dos componentes do Grupo da Torre. Destaque para o conjunto soldado da torre



Fonte: elaborado pelo autor com o *software* Sketchup.

O grupo da Torre é composto por itens que são fabricados conforme projeto de produto e por itens adquiridos no mercado, também especificados conforme projeto técnico. O quadro 24 a seguir representa a estruturação, conforme o diagrama de Objetos-Transformações proposto pela metodologia e desenvolvida em planilha eletrônica.

Quadro 24 – Estruturação em níveis para o Grupo Torre. Destaque para o conjunto soldado da torre.

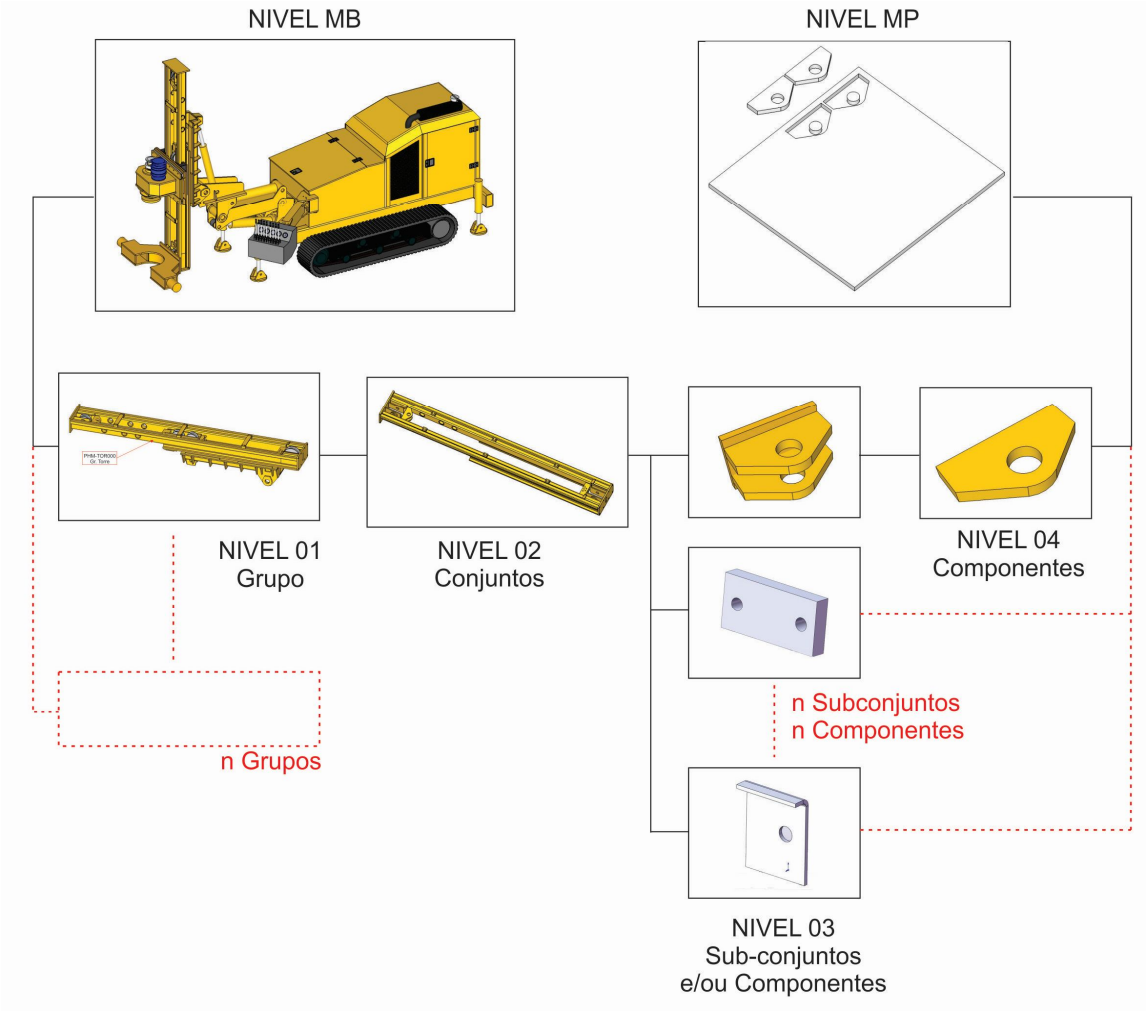


NÍVEL PRODUTO	NÍVEL 01			NÍVEL 02			NÍVEL 03			NÍVEL 04			NÍVEL MP	
	Código	Denominação	Qtde	Código	Denominação	Qtde	Código	Denominação	Qtde	Código	Denominação	Qtde	Denominação	Qtde
PHM-MAB000														
	PHM-TOR000	GR. TORRE	1											
				PHM-TOR001	CS. TORRE	1								
							PHM-TOR001-01	CHAPA FUNDO	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-02	TUBO RETANGULAR	2				TUBO 120x60x6	
							PHM-TOR001-03	BLOCO ROSCADO	6				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-04	CHAPA DOBRADA	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-05	CHAPA DOBRADA	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-06	TUBO REDONDO	6				TUBO D.80x72	
							PHM-TOR001-07	CHAPA SUP. DIR.	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-08	CHAPA SUP. ESQ	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-09	CHAPA	2				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-10	CS. CHAPA OLHAL	2				CHAPA AÇO ST52	
										PHM-TOR001-10-01	CHAPA SUP.	1	CHAPA AÇO ST52	
										PHM-TOR001-10-02	CHAPA INF.	1	CHAPA AÇO ST52	
										PHM-TOR001-10-03	CHAPA REFORÇO	1	CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-11	CHAPA OLHAL	4				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-12	CHAPA	4				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-13	CHAPA	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-14	CHAPA INF. DIR.	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-15	CHAPA INF. ESQ	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-16	TUBO QUADRADO	2				TUBO Q.40x40x6	
							PHM-TOR001-17	CHAPA TRAVA	1				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR001-18	BARRA CHATA	2				BARRA CHATA ST52	
							PHM-TOR001-19	BARRA CHATA	2				BARRA CHATA ST52	
							PHM-TOR001-20	CHAPA TOPO	1				CHAPA AÇO ST52	
				PHM-TOR002	ROLDANA	4							BARRA RED. D.114	
				PHM-TOR003	BARRA TRAVA	3							BARRA CHATA ST52	
				PHM-TOR004	SUPORTE POLIA	1							CHAPA AÇO ST52	
				PHM-TOR005	SUPORTE CILINDRO	1							CHAPA AÇO ST53	
				PHM-TOR006	CS. SUPORTE TORRE	1							CHAPA AÇO ST54	
							PHM-TOR006-01	CHAPA	4				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR006-02	CHAPA	4				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR006-03	CHAPA	2				CHAPA AÇO ST52	
							PHM-TOR006-04	CHAPA	2				CHAPA AÇO ST52	
				PHM-TOR007	PINO P/ ROLDANA	2							BARRA RED. D.40	
				PHM-TOR008	PINO P/ ROLDANA	2							BARRA RED. D.40	
				EM-ROL40x70	ROLAMENTO 40x80x20	8								
				FX-OS-M12x30	PARAFUSOS M12	12								
				FX-AL-D12	ARRUELA D12	12								
				FX-AP-D12	ARRUELA PRESSÃO D12	12								

Fonte: elaborado pelo autor com software editor de planilhas.

A planilha representa a estruturação, o fluxo de construção e o fluxo de aquisição dos componentes do grupo segundo o modelo:

Figura 52 – Representação da estrutura em níveis para o grupo Torre conforme diagrama de Objetos-Transformações, proposto pela metodologia.



Fonte: elaborado pelo autor.

7.3 Os pontos de controle no sistema produtivo

Na representação da estrutura em níveis identifica-se a necessidade de controle nos eventos de mudança entre eles em função dos processos exigidos para manter o fluxo. Os pontos de controle identificados trabalham com informação de caráter dinâmico o que exige o controle por evento das mudanças de níveis e finalizações de processamentos. Estes processos relacionados às transições variam em função do sentido do fluxo do trabalho. No sentido de materialização da ideia temos:

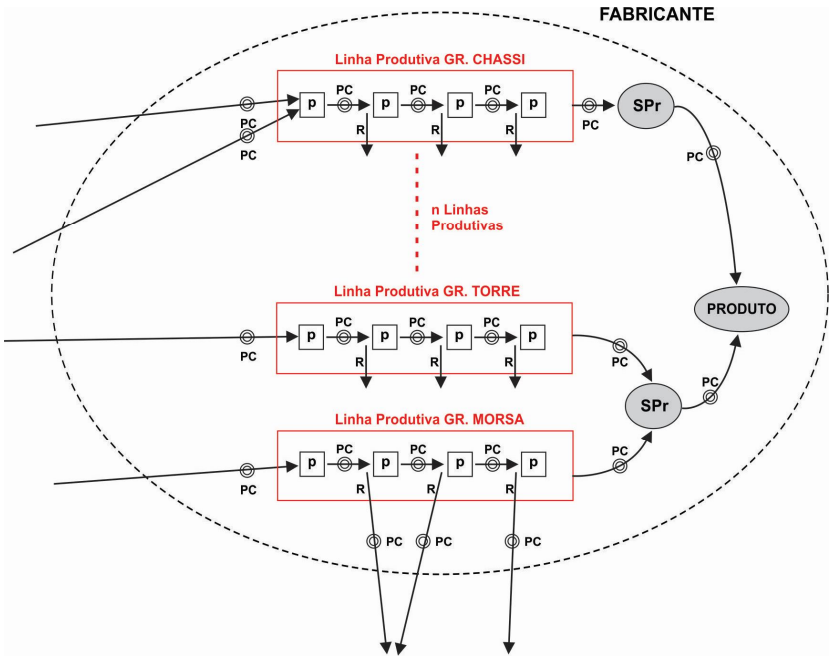
- os processos de detalhamento técnico como geração de desenhos, listas de componentes, diagramas de montagem, esquemas de ligação, manuais de uso e manutenção;
- os processos de preparação para fabricação como preparação a geração de programas de corte e dobra, elaboração de roteiros de qualidade, etc.;

No sentido de obtenção do produto temos:

- os processos físicos de obtenção e construção dos componentes
- os processos de validação da obtenção de componentes como corte, dobra, solda, usinagem, acabamento, montagem e testes, etc.;

Na modelagem de controle para a estruturação por grupos considera-se cada grupo como uma linha produtiva particular.

Figura 53 – Fluxograma para construção dos grupos da estruturação da perfuratriz

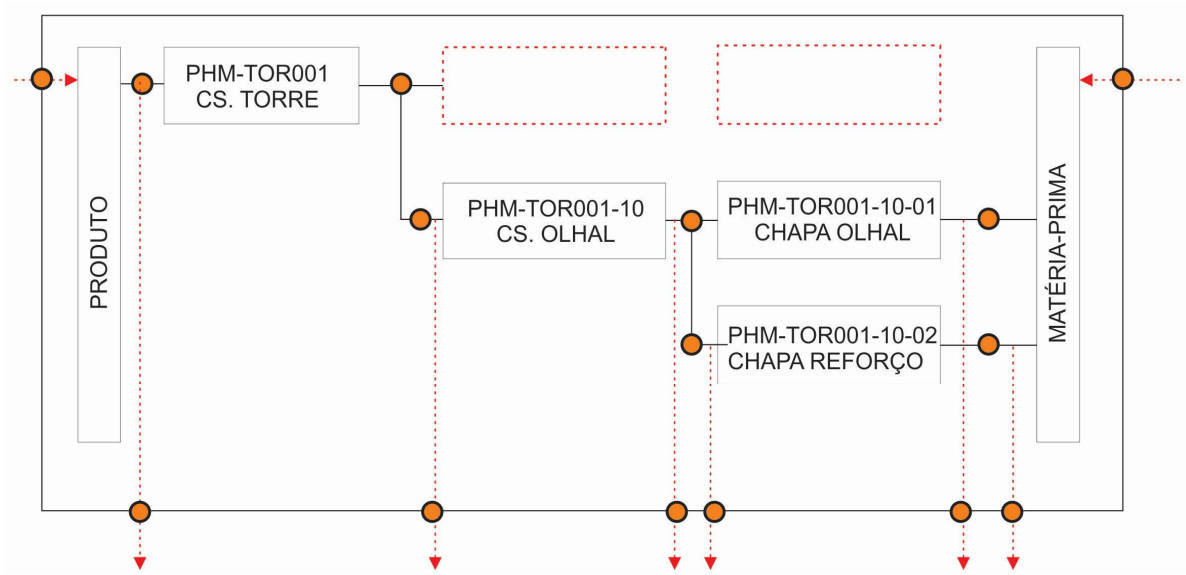


Fonte: Pereira e Gomes, 2008 (adaptado pelo autor).

Para cada peça/componente a ser fabricada um diagrama objeto-transformação deverá ser gerado. Na figura 54 o mapa apresenta como exemplo a estruturação de construção do componente conjunto soldado da torre. Este componente tem sua materialização final (após finalização da construção) como um Conjunto (PHM-TOR001), localizado no Nível 1 do diagrama. Observe que o exemplo também representa a construção de um sub-conjunto (o conjunto soldado do olhal PHM-TOR001-10) em um nível estrutural inferior (Nível 2) e também os

componentes deste sub-conjunto (PHM-TOR001-10-01 e PHM-TOR001-10-03) também estruturados em outro nível inferior (Nível 3).

Figura 54 – Representação da estrutura do grupo Torre conforme diagrama de seis níveis



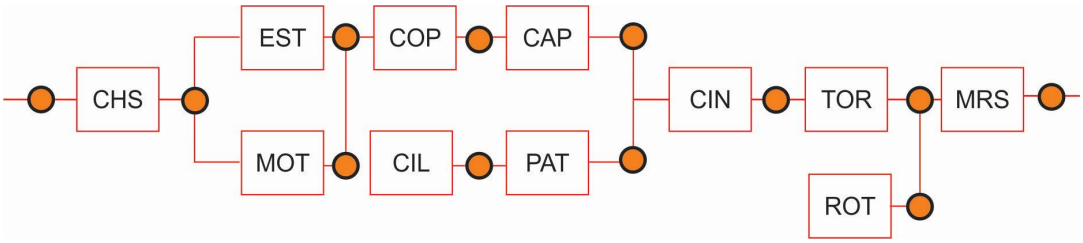
Fonte: elaborado pelo autor.

Observar a localização dos pontos de controle elementares nos pontos de transições. Nesta resolução as linhas de saída (tracejadas) indicam a necessidade do controle dos entrantes, das emissões (resíduos de materiais, lixamento, corte, solda, pintura, etc.) e da logística interna (transporte, alocação temporárias, consumíveis de fábrica, etc.).

A finalização da construção dos componentes dos grupos (final do fluxo de produção) possibilita o início do processo de montagem do equipamento. A montagem é processo característico da transição do Nível 01 para o Nível Produto. As peças fabricadas e os componentes adquiridos (conforme especificação de projeto) vão sendo organizadas, de forma escalar, em estruturas de montagens como sub-conjuntos, conjuntos, kits, etc., até se obter a montagem final da perfuratriz.

No fluxograma da figura 55 os pontos de controle operam como *gates* que liberam ou não o andamento da montagem.

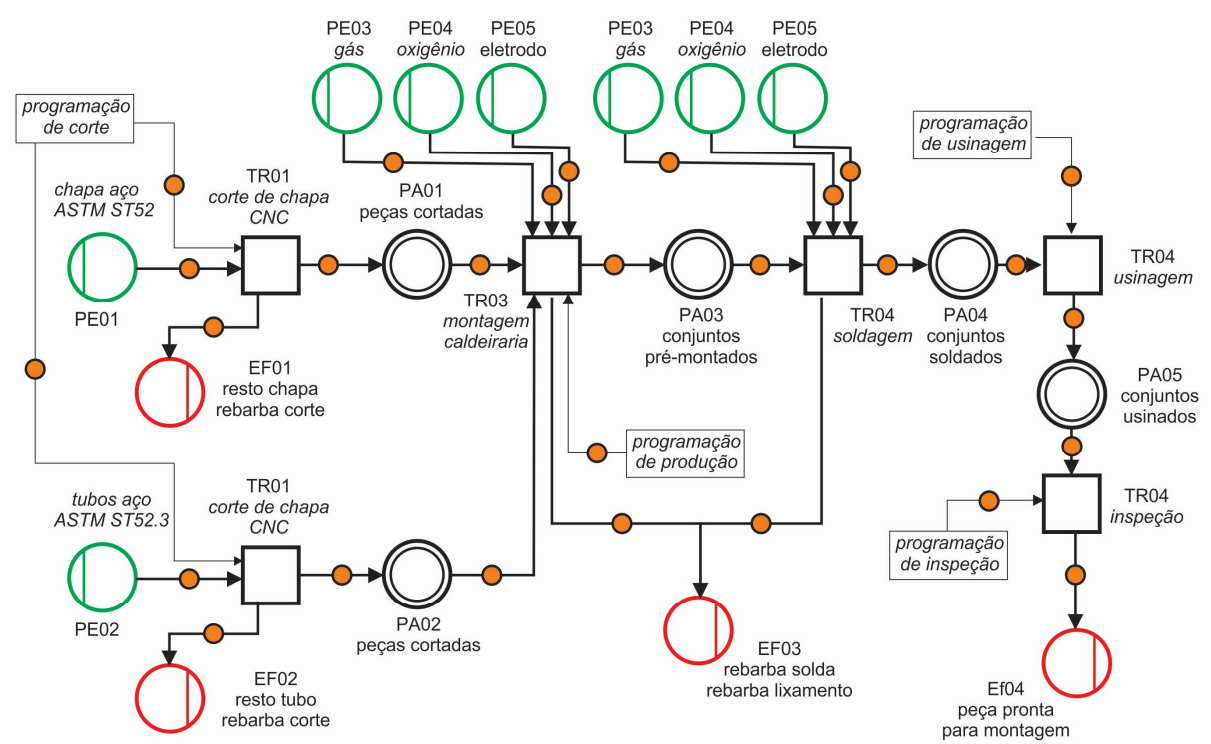
Figura 55 – Pontos de controle ao final do processamento (construção dos componentes) no fluxograma da estruturação por grupos



Fonte: elaborado pelo autor.

O diagrama da figura 57 foi modelado com resolução aumentada e representa o sistema de produção para o componente de Nível 2 (o conjunto soldado do olhal PHM-TOR001-10) da estrutura de obtenção do CS. Torre. Foi modelado no software Umberto, o que torna possível a análise do fluxo de materiais e o cálculo de inventários no processo de análise do ciclo de vida. É possível calcular o impacto ambiental causado por sua obtenção.

Figura 56 – Fluxograma para construção dos sub-conjuntos e componentes do grupo Torre. Representação para o item PHM-TOR001-10



Fonte: adaptado pelo autor do modelo conceitual do *software* de LCA Umberto.

Os pontos de controle identificados também utilizam informação de caráter dinâmico o que exige o controle pelos eventos das finalizações dos processamentos dos níveis. Nesta resolução as linhas de saída são identificadas como parte do sistema de produção e também podem ser incluídos as aquisições, os gastos e emissões dos os processos de logística interna (transporte, alocação temporárias, consumíveis de fábrica, gastos energéticos, etc.). A análise nesta resolução é exigida para todos os componentes dos grupos.

Todo processo de modelagem é realizado desde a observação das relações Sistemas-Sistemas, passa pelas transições Sistemas-Objetos e continua pelas interações Objetos-Transformações até alcançar último objeto da cadeia.

No desenvolvimento no qual se baseou este estudo de caso apresentado, o ciclo de modelagem foi repetidamente trabalhado até se obter pontos de controles válidos. As validações se deram após as finalizações dos processos produtivos, de montagem e teste. Decidiu-se em vários eventos que o conteúdo da informação seria o parâmetro decisivo de validação e em outros casos que, por exemplo, seria a disponibilidade de uma determinada ferramenta o parâmetro de decisão.

Os mapas apresentados como exemplos atenderam ao desenvolvimento de somente um componente. Na perfuratriz desenvolvida, foram montados aproximadamente 600 componentes, sendo que a metodologia foi utilizada no desenvolvimento (concepção) de 60% deles e em 100% da definição dos processos produtivos (prototipagem e produção)

Considerações finais

O engenheiro francês Jean-Louis Le Moigne disse que a simplificação impõe disjuntar e reduzir e que a complexidade ordena juntar e distinguir. A cada desenvolvimento de produto nos quais as orientações sustentáveis e/ou metodologia de *ecodesign* são aplicadas, mais claro se torna o entendimento e a validade da afirmação.

Durante anos de trabalho e pesquisa com sistemas eletrônicos de auxílio ao desenvolvimento e gerenciamento de projeto ficaram evidentes o caminho interdisciplinar adotado pelos desenvolvedores para a solução dos problemas de se produzir de forma eficaz. Este caminho de "juntar" as especializações, oposto ao caminho original, no qual o isolamento da especialização ditava o uso, não se deu naturalmente. Foram necessárias reproduções das complexidades do mundo real para que os sistemas se tornassem corretos e aptos ao uso. Foram quando as simulações digitais se mostraram confiáveis e os processos de modelagem de mundo se firmaram. E essas técnicas de modelagem de mundo real que os desenvolvedores utilizam contam com ferramentas de representação de complexidade.

Entretanto, a modelagem de sistemas exige especialização muito distinta daquelas dos desenvolvedores de produtos. Isto orientou a escolha pelo entendimento da informação que circula entre os sistemas relacionados à produção. A informação está presente e é atributo de ligação para todas as disciplinas. Entender o conteúdo informacional necessário ao controle tornou-se objetivo do estudo. Mas é preciso identificar os locais de controle e então, mapeamentos se tornam imprescindíveis para localização destes pontos.

O percurso seguido pelo estudo passou pelo entendimento de conceitos coincidentes pertencentes a diferentes teorias, metodologias e tecnologias sobre sistemas e complexidade. Utilizando ferramentas de representação acessíveis foram definidos mapas de relacionamentos para a complexidade envolvida e diagramas representativos para todas as aplicações e processos de modelagem. Depois identificou-se o conteúdo de informação para os locais de controle mapeados ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto de forma a se poder representa-lo sem reducionismo. O objetivo do estudo mostrava-se cada vez mais complexo.

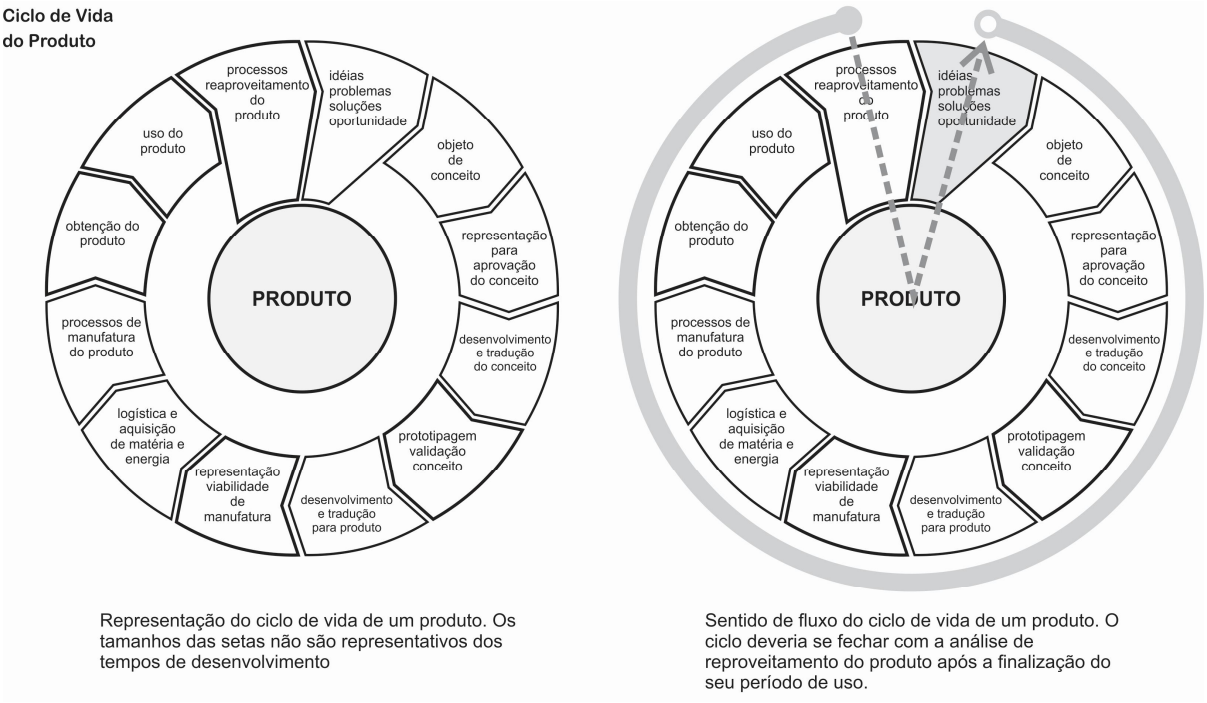
E foi justamente esta tendência de “complexização” que aproximou este estudo da afirmação de Le Moigne. O estudo deveria seguir por caminhos diferentes daqueles usados para se obter a inteligibilidade pela simplificação do complicado e sim, partir para a modelação da complexidade para se construir sua inteligibilidade (1995, pag. 132). A idéia não era buscar uma explicação, mas sim buscar a compreensão. O estudo buscou então, uma forma de entender a complexidade envolvida no desenvolvimento de um produto. Trabalha-se no cruzamento “complexo” entre paradigmas da complexidade e Ciências de Informação para auxílio no gerenciamento do desenvolvimento de produtos.

Mas a tendência natural de complexização que o estudo ganhou, necessita de melhor entendimento. O foco é a informação circulante no ciclo de desenvolvimento. A informação é tratada como atributo comum de análise entre as teorias, paradigmas, metodologias, ferramentas e especializações. Como ela é gerada, validada, compartilhada e preservada é primordialmente importante. As características que assume quando analisada ao longo de uma linha de tempo e os estados de materialização que assume como resultados dos relacionamentos e eventos ocorridos ao longo desta linha também o são. São sua interpretação e tradução os principais atratores da inteligibilidade da complexidade sistêmica da produção, para as mais diversas especializações. Importante citar o papel do observador, personagem imprescindível na modelagem e na abstração dos processos especializados, responsável também pelo intercruzamento e pela interdisciplinaridade.

Em função da necessidade de se analisar e tratar todo o ciclo de vida do produto, pode-se facilmente confundir o local e o tempo hábil para se iniciar as modelagens propostas. Por se tratar de modelagem conceitual, as análises iniciais para a modelagem (observação) se localizam o mais próximo possível do evento que define a necessidade ou oportunidade do desenvolvimento de um produto. Resolver um problema, otimizar um produto existente ou em fabricação ou aproveitar uma oportunidade de negócio marcam o local para o início das análises e modelagens conceituais para um determinado desenvolvimento.

Podemos representar o ciclo de vida de um produto pelo diagrama da figura 57.

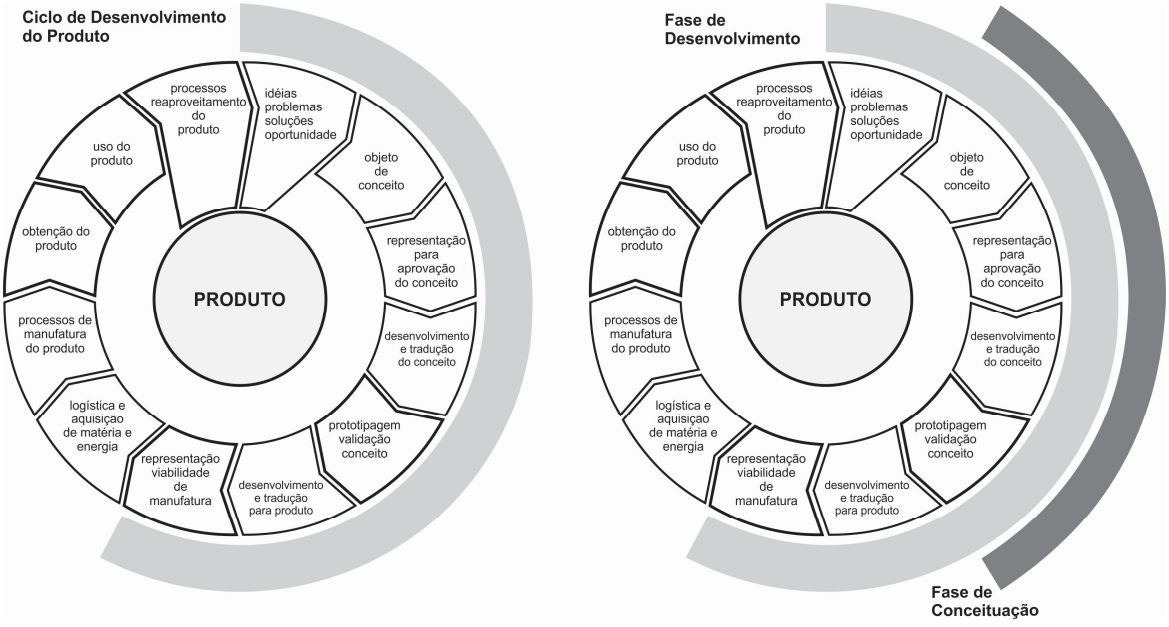
Figura 57– Diagramas representando o ciclo de vida de um produto



Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar de válido para identificação de pontos de controle e gerenciamento em qualquer uma das etapas do ciclo de vida, o estudo se concentrou no ciclo de desenvolvimento de produtos. Este ciclo contém as fases de conceituação (definição de produto) e a fase de desenvolvimento (ou projeto)

Figura 58– Indicação do ciclo de desenvolvimento do produto



Fonte: elaborado pelo autor.

Estas fases são importantes pela abrangência, pois é evidente a necessidade da atuação de especialistas de áreas distintas, definição de especificações de produtos, matérias-primas e processos produtivos, mesmo antes de quaisquer gastos, contratos ou eventos de produção. Esta caraterística aproxima os conceitos da fase de desenvolvimento de produto aos conceitos da modelagem conceitual no tocante a se tratar de uma modelagem de nível superior (p. 50), ou seja, um nível acima da implementação. A fase de desenvolvimento também está um nível acima da fase de implementação da produção.

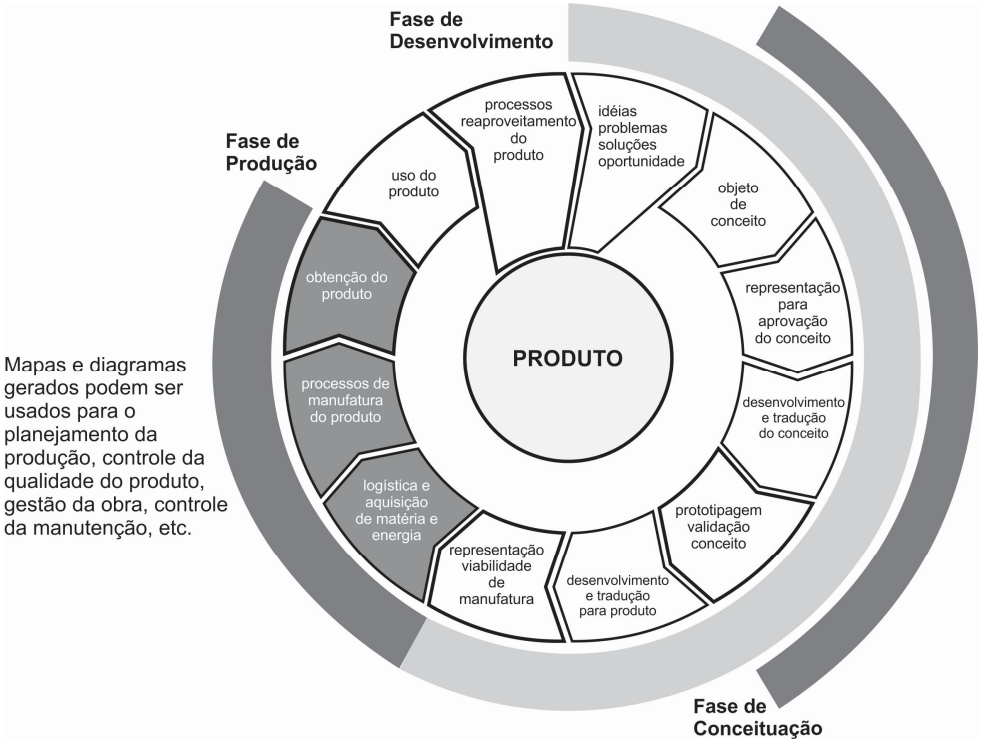
Portanto, os mapas e diagramas desenvolvidos de acordo com a metodologia proposta tendem a representar a complexidade real do desenvolvimento. Evidente a dependência pela qualidade da integração da equipe de especialistas, pela resolução da modelagem adotada e pelo tamanho do sistema geral escolhido. Mas ainda assim, se encontra em um nível no qual a adoção de novos atores, a ampliação do sistema ou da quantidade de controle não afeta diretamente o custo da produção. O aumento de complexização da modelagem não inviabiliza a análise e sim melhora as condições desta análise e do desenvolvimento e gerenciamento.

Outro ponto a ser observado reside no fato de que este trabalho “anterior e antecipado” da análise do desenvolvimento, produção, uso e reaproveitamento possibilita uma “antecipação” do cálculo do impacto ambiental da produção de um determinado produto, seguido orientações das normas de análise do ciclo de vida (p. 61). É possível gerar os fluxogramas de cálculo de impacto antes de qualquer implementação de produção e seus gastos correspondentes. Estes diagramas se apresentam aderentes aos fluxogramas dos softwares de cálculo de balanço de massa e energia para Análise do Ciclo de Vida, servindo portanto, como base para simulações. Toma-se decisões de desenvolvimento com mais facilidade quando de posse deste tipo de informação.

E apesar deste estudo se focar no ciclo de desenvolvimento de produto, os mapas e diagramas propostos pela metodologia apresentam ainda uma característica importante no tocante ao planejamento da produção.

Após a finalização da fase de desenvolvimento de produto, quando se iniciam os processos propriamente ditos de fabricação e construção, os diagramas gerados pela modelagem conceitual, servem de base para metodologias de planejamento e controle de produção. Por se tratar de mapas e diagramas voltados a representação da complexidade do “mundo real” em um caso específico para a produção de um determinado produto, sua utilização é hábil para atores relacionados a setores de Planejamento e Controle de Produção (PCP), Planejamento e Controle de Obras (PCO) e Qualidade de Produto. Inclusive herdando quase a totalidade dos pontos de controle identificados na modelagem.

Figura 59– Identificação da fase de Fabricação ou Construção.



Fonte: elaborado pelo autor.

Porém, ficou claro que somente com a junção:

a) da forma com que o ator que decide se relaciona com os outros especialistas;

b) da forma que se identifica os pontos que validam um conceito;

c) da identificação da informação que deva ser passada e;

d) da forma que se representa tudo isto,

torna-se possível trabalhar com a complexidade sem reducionismos.

Le Moigne foi citado porque o que realmente este estudo mostrou é que se trata de um trabalho cíclico de juntar e distinguir, em inúmeros níveis.

Deve-se modelar à exaustão, enquanto o risco da falha pelo descontrole estiver presente ou até o momento no qual o ator modelador decide se esta "complexização" do sistema que desenvolve atingiu sua expectativa.

As ferramentas utilizadas (mapas mentais, mapas conceituais, diagramas, fluxogramas, diagramas de UML, etc.) mostram-se aptas para utilização de modelagem e controle, sendo válido o incentivo de seu uso pelos diversos especialistas envolvidos no desenvolvimento ou gestão de um produto.

O estudo também deixa evidente importância do papel destes atores especialistas no domínio de suas especializações, pois são eles os responsáveis pela utilização correta do conteúdo de informação exigido nos eventos do ciclo de vida.

Pode-se então afirmar que modelagem conceitual mostrou-se ferramenta importante para a representação e para o auxilio do desenvolvimento dos conceitos. Sua prática aponta para uma possibilidade de uso interdisciplinar interessante por propiciar mapeamentos de informação que auxiliam eficazmente na identificação das localizações no fluxo onde se deve controlar, bem como servir mapas de tradução para todos os envolvidos.

Pode-se então responder positivamente à pergunta que orientou este estudo; é possível se utilizar o conteúdo informacional dos pontos de controle de forma eficaz no auxilio à tomada de decisão.

Contudo o estudo mostrou que se trata de um ciclo no qual o conteúdo informacional, o ponto de controle, o evento, o conhecimento do processo e a especialização do ator possuem o mesmo peso, situados em um mesmo patamar de importância.

Um influencia a efetivação do outro e a falta de um deles representa risco ao controle do ciclo. Às vezes durante a observação do sistema ou produto (pelo qual serão tomadas decisões) é o ator que define qual conteúdo de informação deverá ser distribuída e então se pode definir a localização do ponto de controle. Em outro caso, é evidente a necessidade de um ponto de controle em um determinado local do ciclo e aí então seu conteúdo da informação será definido.

E pode-se finalmente afirmar que é possível tratar o ciclo de vida de produto de maneira sistêmica, sem o perigo de uma redução a nível crítico da complexidade utilizando modelagem conceitual.

REFERÊNCIAS

AMARO, João Júlio Vitral. **Sociedades complexas e risco ecológico – epistemologia e meio ambiente na atual teoria de sistemas.** Brasília: IV Encontro Nacional da ANPPAS, 2008.

AMARO, João Júlio Vitral. **Considerações sobre a crise ambiental a partir de Karl Marx e Niklas Luhmann.** Florianóplois: IV Encontro Nacional da ANPPAS, 2010**.**

ASHBY, W. Ross. **An Introduction to Cybernetics.** London – UK: Chapman and Hall, 1956. Disponível em: <http://www.rossashby.info/> Acessado em 10 dez 2012 às 14:00.

BEER, Stafford. **Cibernética na Administração:** Visão totalmente original de como organizar e administrar desde uma pequena empresa até um país. São Paulo: Ibrasa, 1979.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas.** Rio de Janeiro: Vozes, 2008.

CARDOSO, Caíque. **UML na prática: do problema ao sistema**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2003.

CHEHEBE, José Ribamar. **Analise do Ciclo de Vida de Produtos: Ferramenta Gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

CHENG, Lin Chih e LEONEL, FILHO, Del Rey de Melo. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos (GDP) e o Método de Desdobramento da Função de Qualidade (QFD).** Belo Horizonte: UFMG Engenharia de Produção, 2006.

CHEIN, M. e MUGNIER, M.L. **Graph-based Knowledge Representation: Computational Foundations of Conceptual Graphs**. Springer: 2009. Disponível em: Google Books <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=iz3y6WK2EMEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Graph-based+Knowledge+Representation+++Computational+Foundations+of+Conceptual+Graphs&ots=Tif5csJfXs&sig=4l58TFJ08kh90kpwtTehlatzBB8#v=onepage&q&f=false> Acessado em 12 mai 2010 às 15:00

CNH GPD TEAM - **Global Product Development: overview and basics training session.** USA: CNH Global NV Publisher, 2000.

COCKBURN, Alistair – **Escrevendo Casos de Uso Eficazes: Um guia prático para desenvolvedores de software.** Porto Alegre, Bookman, 2005.

CONOVER, Dave at all. **An Introduction of Building Information Modeling (BIM): A Guide for ASHRAE Members (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)**, Atlanta: ASHRAE, 2009.

COUGO, Paulo Sérgio. **Modelagem conceitual e projeto de banco de dados.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.

EASTMAN, Charles. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc, 2011.

ERIKSSON, Hans-Erik, Penker, Magnus, Lyons, Brian e Fado, David – **UML 2.0 Toolkit, 2o Edition**. USA: OMG – Object Management Group - Wiley Publishing, 2004.

GOMES, Leonardo G. O. - **Design de informação e a modelagem conceitual nos softwares de ACV - estudo de caso Umberto.** Buenos Aires – Argentina: 2° Congreso Latinoamericano de Enseñanza de Diseño, comisión Sustentabilidad y Ecodiseño em la Enseñanza – Materiales e Tecnologías Sustentables, 2011.

GOMES, Leonardo G. at all. **Codificação e Nomenclatura Inteligentes: Fundamentos para utilização e implantação do Design da Informação**. São Paulo, Anais do 8º P&D Design, 2008 – Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2008.

KAUFFMAN, S. - **At home in the universe**. Oxford: New York, 1995.

LASTRES, Helena M.M. e Cassiolato, José E. (org) - **Glossário de Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais.** Rio de Janeiro: UERJ - Rede de Pesquisa em Sistemas Produtivos e Inovativos Locais, 2003. Disponível em: <www.ie.ufrj.br/redesist> . Acessado em 23 nov. 2012, às 14:12.

LE MOIGNE, Jean-Louis. **La modélisation des systèmes complexes**. **2ème Édition**. Paris: Dunod, 1995.

MAXIMINIANO, Antônio Cesar Amaru, **Administração de Projetos: como transformar idéias em resultados - 2ª edição**. São Paulo: Atlas, 2002.

MEADOWS, Donnela – **Places to intervence in a system.** USA: The Sustainability Institute, 1995.

MELO, Ana Cristina, **Desenvolvendo aplicações com UML 2.0: do conceitual à implementação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2004.

MORIN, Edgar e LE MOIGNE, Jean-Louis – **A inteligência da complexidade,** tradução Nurimar Maria Falci. São Paulo: Peirópolis, 2000.

OLIVEIRA, Amauri Porto de. **Sistema Produtivo e Globalização**. São Paulo: IEA/SP – Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – USP, 1998. Disponível em <www.iea.usp.br/artigo>, Acessado em 03 jun 2010 às 16:50hs.

OMG Unified Modeling Language TM**, OMG UML, Infrastructure and Standard document - Version 2.4.1**. USA: OMG, 2005. Disponível em: <http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/Infrastructure> . Acessado em 05 ago 2012 às 10:15.

PEREIRA, Andrea Franco e GOMES, Leonardo - **Sistema de Gestão Integrada de Desenvolvimento de Produto para APL - Arranjo Produtivo Local.** Curitiba: **Anais** do 7º P&D Design - 2006 – Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2006.

PEREIRA, Andréa Franco at all – **Projeto ECOPOLO: Design de componentes arquitetônicos visando a sustentabilidade nos edifícios e no Vale do Jequitinhonha**. Fortaleza: **Anais** do ENTAC 2008 – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.

PLOTKIN, Jeff – **Physical Systems vs. Conceptual Systems.** USA: Physics Department University of Massachusetts Amhers, 2003. Disponível em : <http://www.physics.umass.edu/>, Acessado em 03 nov. 2012 às 20:34.

Project Management Institute. **Um Guia do Conjunto de Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)** 3ª Edição. USA, PMI, 2008. Disponível em <http://www.pm.am.gov.br/opms/members/tmp/pm6/pmbok/PMBOK3rdPortuguese.pdf>. Acessado em 30 mar 2010 às 22:30hs.

PRINCE2™. **PRINCE2 – The Method.** UK, PRINCE2. Disponível em < http://www.prince-officialsite.com/AboutPRINCE2/PRINCE2Method.aspx>. Acesso em: 02 dez. 2011.

SCHMULLER, Joseph. **Aprendiendo UML em 24 Horas**, Madri: Prentice Hall, 2009.

SILVEIRA, André – **Stage-Gate, aumente as chances de sucesso de seus produtos.** São Paulo: 2006. Disponível em <http://www.expleo.com.br>, Acessado em 28 nov. 2012 às 13:45.

SILVEIRA, André – **Gestão de Portifólio, administrando sua carteira de clientes**. São Paulo: 2006. Disponível em <http://www.expleo.com.br>, Acessado em 28 nov. 2012 às 14:05.

STIRLING, Diana - **Modeling Complex Systems.** USA, LDI, 1995.

UMBERTO 5.0 – **User Manual: A Software Tool for Life Cycle Assessment.** Germany: iFu Institut für Umwelt informatik, 2005.

WILSON FILHO,de Pádua Paula - **Manual do Engenheiro de Software – Módulo Técnico.** Rio de Janeiro: LTC, 2000.

WIENER, Norbert - **Cybernetics: Or, Control and Communication in the Animal and the Machine.** USA: MIT Press., 1965. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=NnMuISyywAC&printsec=frontcover&dq=wiener&hl=pt- BR&sa=X&ei=T1v0UIyHLsmS0QHIm4CQBQ&ved=0CC8Q6AEwAA> (Google Books). Acessado em 16 mai 2012 às 19:45.