

MODELO DE FUNÇÃO BASEADO NA ABORDAGEM LINGÜÍSTICA PARA FORMALIZAR O CONHECIMENTO FUNCIONAL INCLUÍDO EM UMA FUNCIONALIDADE DE PEÇA

Francisco das Chagas Mendes dos Santos, fcomsantos@ifam.edu.br¹
Altamir Dias, altamir@emc.ufsc.br²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas- IFAM Campus Manaus-Centro, CEP 69020-120, Manaus/Am – Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC Trindade, Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório CAD/CAM, CEP 88040-900, CAIXA POSTAL 476, Florianópolis/SC-Brasil.

Resumo: *Nas metodologias de Projeto de Produto, o modelo clássico de função é descrito textualmente por “um verbo e um substantivo” e é baseado exclusivamente na abordagem funcional. Embora existam diversas formas de se descrever textualmente uma funcionalidade em linguagem natural durante a modelagem de cada função de produto e peça, a maioria delas não é suportada pelo modelo clássico de função que é tradicionalmente aceito pelas metodologias de Projeto de Produto. Para superar estas limitações amplamente mencionadas na literatura sobre metodologia de Projeto de Produto, apresenta-se um modelo de função baseado na abordagem lingüística para auxiliar os projetistas na formalização e integração dos vários tipos de conhecimento incluídos, de forma explícita ou implícita, nas várias formas de se descrever uma funcionalidade. Este importante e significativo resultado permite integrar as três principais abordagens existentes nas metodologias de Projeto de Produto, as abordagens: (i) Funcional; (ii) Comportamental; (iii) Lingüística. No modelo proposto a abordagem: (i) Funcional, suporta o conceito da decomposição funcional; (ii) Comportamental, apóia o conceito de conhecimento comportamental; (iii) Lingüística, trata os portadores de conhecimento funcional (constituintes, e.g., verbo, substantivo abstrato/concreto simples/composto, advérbio, adjetivo e estrutura sintática funcional). A integração das abordagens possibilita a identificação, categorização, definição e inter-relacionamento entre os vários tipos de conhecimento incluídos em cada função de produto ou peça.*

Palavras-chave: *Metodologia de Projeto de Produto, função de peça, conhecimento incluído em uma função, abordagem lingüística, modelo de função.*

1. INTRODUÇÃO

Nas metodologias de projeto o conhecimento funcional desempenha de modo crescente um importante papel no projeto de produto e peça. Tal importância advém da necessidade da construção de soluções conceituais, por meio das estruturas hierárquicas de funções do produto (Pahl and Beitz, 1996). Para Hall (1968 apud Norbert and Roozenburg, 1995), na atividade de análise, do projeto conceitual, as soluções conceituais devem ser deduzidas de um conjunto de decisões alternativas e ações direcionadas das especificações do projeto de produto e peça.

A modelagem de uma estrutura hierárquica funcional de produto requer dois tipos de conhecimento: (i) conhecimento sobre o problema de projeto incluído nas especificações de projeto do produto; (ii) conhecimento funcional proveniente de experiências em projeto do mesmo, ou de outros, domínios de aplicação. A necessidade de se modelar esses dois tipos de conhecimento em uma estrutura hierárquica de funções é para se obter um modelo de comportamento desejado para o produto. Porém, na literatura sobre metodologia de projeto três definições de função se destacam, na definição de: (i) Back (1983), uma função é uma *relação causal* entre entrada e saída; (ii) Pahl e Beitz (1996), uma função precisa de um *propósito* para realizar uma tarefa; (iii) Ullman (1992), uma função segue um *fluxo lógico* da entrada para a saída. Atualmente, nas pesquisas sobre metodologia de projeto, essas três definições enfocam três distintos conhecimentos relacionados ao conhecimento funcional, e.g., o enfoque da definição de: (i) Back está relacionado à definição de *conhecimento comportamental* proposto por Roy e Bharadway (2002); (ii) Pahl e Beitz está relacionado à definição de *conhecimento teleológico* proposto por Chakrabarti e Bligh (2001); (iii) Ullman corrobora com a organização de um *conjunto de comportamentos realizáveis* por determinados tipos de *formas geométricas, features* ou *processos industriais*.

Segundo Roozenburg e Eekels (1995) e Ullman (1992), um produto pode ser planejado como um modelo de comportamento composto de um conjunto de estruturas de funções de subsistemas e peças. Dessa forma, as estruturas de funções dos subsistemas e peças que configurarão o produto devem ser percebidas como elementos (não definidos concretamente) capazes de realizar a função global do produto. Porém, idealizar um modelo de comportamento para um produto requer a organização de um conjunto de *comportamento realizáveis* pelas estruturas físicas das peças que configurarão o produto, a partir das suas (Ullman, 1992): (i) geometrias; (ii) materiais; (iii) processo de manufatura; (iv) montagem.

Nesse sentido, o problema básico das metodologias de projeto consiste em inventariar o conhecimento do comportamento realizável por cada uma das estruturas físicas das peças que compõem o produto e que é de conhecimento dos projetistas. A estrutura hierárquica de funções do produto, subsistema e peça é formada por um conjunto de funções, que são descrições textuais de funcionalidades em linguagem natural. O problema consiste em superar as dificuldades apontadas por: (i) Chittaro et al. (1993), devido a incapacidade do modelo clássico de função formalizar o conhecimento explícito/implícito nos seus portadores de conhecimento funcional (e.g., verbo, substantivos abstrato/concreto simples/composto, advérbio, adjetivo, dentre outros); (ii) Forcellini (2003), devido a dependência de conhecimento funcional tácito (idiossincrático) adicional dos projetistas decorrentes de suas experiências em projeto; (iii) Chakrabarti e Bligh (2001) devido a falta de suporte do modelo de clássico de função ao conhecimento teleológico e, principalmente, a falta de reuso de conhecimento funcional necessário durante a modelagem funcional de produto e peça. Portanto, há a necessidade de se inventariar o conhecimento funcional explícito/implícito em cada descrição textual de função em linguagem natural.

2. PAPEL DO CONHECIMENTO FUNCIONAL EM UMA DESCRIÇÃO TEXTUAL DE FUNÇÃO EM LINGUAGEM NATURAL

Para Pahl e Beitz (1996), a definição do problema de projeto do produto (metas definidas nas especificações de projeto do produto) deve ser baseada no processo de abstração, i.é, ignorar o que é particular ou causal e enfatizar o que é essencial. Para os autores, as metas a serem atingidas precisam está em um plano neutro. Essa neutralidade é para evitar a influência da fixação de conceitos específicos, preconceituosos, convencionais ou simplistas. Por isso, os autores salientam que é necessário ignorar o que é particular ou incidental e enfatizar o que é geral e essencial. Assim, depois de se definir as especificações do projeto do produto a etapa seguinte, a do projeto conceitual, passa a ser um processo de análise, síntese e avaliação baseado em conhecimento para atender a lista de requisitos e as funcionalidades que o produto deve ter.

Especificamente na atividade de análise, Hall (1968 apud Norbert and Roozenburg, 1995) diverge das correntes que acreditam na associação dessa primeira atividade do projeto conceitual com a própria análise do problema de projeto. Hall condiciona a atividade de análise, do projeto conceitual, à dedução do conjunto de decisões alternativas e ações direcionadas para as especificações de projeto do produto. Porém, segundo Norbert e Roozenburg (1995), ainda hoje a atividade de análise é pensada como a: (i) análise do problema de projeto em si; (ii) análise relacionada à dedução das decisões alternativas encontradas e ações direcionadas às metas da lista de requisitos do problema de projeto.

Na etapa do projeto conceitual, a atividade de análise inicia-se com a necessidade de se definir a função global do produto. De acordo com Pahl e Beitz (1996), uma função pode ser entendida como uma relação entre entrada e saída das grandezas de energia, material e sinal (informação), com o propósito de realizar uma determinada tarefa. De maneira similar, Back (1983) define uma função como sendo uma relação entre causa e efeito das grandezas de entrada e saída. Para Ullman (1992), uma função pode ser descrita em termos da lógica do fluxo das grandezas de energia, material e sinal (informação).

No passado, uma função era representada apenas com um verbo funcional (Roth, 1982; Koller, 1985; Fiod Neto, 1993), mas atualmente, e em nível de produto, uma forma clássica de se representar uma sentença funcional (função) é através da descrição textual em linguagem natural de um “verbo + substantivo”, como ilustrado na Figura (1).

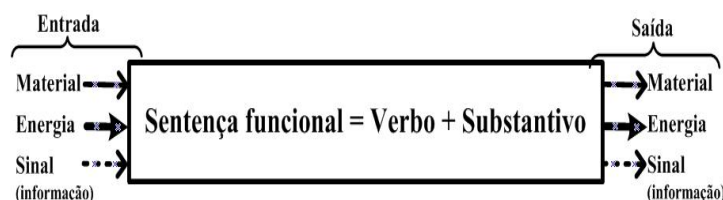


Figura 1. Representação da forma clássica de se descrever textualmente função em linguagem natural nas Metodologias de Projeto de Produto (Pahl and Beitz, 1996)

Por exemplo, analisando três importantes formas de se definir função, a de: (i) Back (1983); (ii) Pahl e Beitz (1996); (iii) Ullman (1992), observa-se que todas as três definições centram-se na relação entrada/saída das grandezas de energia, material e sinal (informação). Por outro lado, as três definições diferenciam-se quanto ao enfoque, e.g., a definição de função de: (i) Back (1983) baseia-se em relação causal; (ii) Pahl e Beitz (1996) baseia-se na realização de uma tarefa e (iii) Ullman (1992) baseia-se na lógica de fluxo. Então, pode-se concluir que uma *função baseia-se em*

uma relação causal ou lógica de fluxo da relação entrada/saída das grandezas de energia, material e sinal (informação) com o propósito de realizar uma tarefa.

Em outras palavras, a **modelagem de uma função** requer: (i) diretrizes baseadas em relação causal ou lógica de fluxo; (ii) foco na relação entrada/saída das grandezas de energia, material e sinal (informação); (iii) estabelecimento de um propósito para realizar uma tarefa (Santos and Dias, 2008). Essas diretrizes, originadas das três principais definições de função difundidas nas metodologias de projeto, só se realizam se o modelador funcional, humano ou computacional, contar com uma base de conhecimento funcional bem estabelecida. Conclui-se, portanto, que uma função é uma relação entrada/saída das grandezas de energia, material e sinal (informação) mediados por conhecimento funcional. Conseqüentemente, como se pode observar na Figura (1), os constituintes de uma sentença funcional, o “verbo e substantivo” descrito textualmente em linguagem natural, são os portadores do conhecimento funcional da relação causal ou lógica de fluxo da relação entrada/saída das grandezas de energia, material e sinal (informação) com o propósito de realizar uma tarefa.

3. NECESSIDADE DE UM MODELO DE FUNÇÃO PARA FORMALIZAR CONHECIMENTO FUNCIONAL INCLUÍDO EM UMA FUNCIONALIDADE

Em relação à formalização do conhecimento funcional incluído nos constituintes de uma descrição textual de função em linguagem natural, há várias dificuldades apontadas por diversos pesquisadores da literatura sobre metodologia de projeto. Porém, observou-se que as dificuldades apontadas pelos pesquisadores têm uma origem comum, “todos tinham utilizado o modelo de função tradicionalmente aceito pelas metodologias de projeto”, i.é, “todos utilizaram o modelo de função clássico” (cf. Figura (1)). Dentre as dificuldades apontadas pelos pesquisadores, pode-se citar a de:

(1) Chittaro et al. (1993) que perceberam a incapacidade do modelo clássico de função em superar à formalização do conhecimento funcional incluído em uma descrição textual de função em linguagem natural;

(2) Forcellini (2003) que ratificou a dependência de conhecimento funcional tácito, ou idiossincrático, adicional de projetista experiente no modelo clássico de função, para explicar o processo de transformação do conhecimento funcional;

(3) Chakrabarti e Bligh (2001) que:

(3.1) Verificaram a falta de suporte do modelo clássico de função ao *conhecimento funcional teleológico* que é incluído no “**verbo**” da *descrição textual de função em linguagem natural (função)* e que é conhecido na literatura sobre metodologia de projeto como *intenção de projeto (Design intention)*;

(3.2) Observaram, também, a falta de “**reuso**” do conhecimento funcional que é incluído na descrição textual de função em linguagem natural pelo modelo clássico de função, apesar de Pahl e Beitz (1996) fornecerem várias orientações de uso da definição de sentença funcional. Por exemplo, Pahl e Beitz fornecem um esquema de: (a) representação de conhecimento funcional baseado no uso de verbos e substantivos; (b) classificação de *verbos funcionais* baseados em características da relação entrada/saída, e.g., *converter*/tipo de conversão; *alterar*/magnitude; *interligar*/quantidade, *conduzir*/local, *armazenar*/tempo de armazenamento;

(4) Roy e Bharadway (2002) que estenderam o modelo de função de Pahl e Beitz (1996) que é baseado apenas na *abordagem funcional*, adicionando ao novo modelo de função a *abordagem comportamental*. Porém, o modelo de função Roy e Bharadway apesar de ser baseado nas abordagens funcional e comportamental, também, não consegue formalizar o conhecimento funcional incluído pelos projetistas durante a modelagem funcional, e.g., da função global e funções parciais e elementares;

(5) Santos e Dias (2008) propuseram uma metodologia baseada na abordagem linguística e um esquema de representação do conhecimento funcional que possibilita a extração, diferenciação e organização do conhecimento funcional incluído na descrição textual de função em linguagem natural para (re)usar, modificar e integrar com novas semânticas por sistemas computacionais. A metodologia baseada na abordagem linguística utiliza dois métodos dedicados para capturar o conhecimento funcional dos comportamentos das geometrias utilizadas na configuração da peça pelo projetista: (i) *Análise gramatical*; (ii) *Análise comportamental*. A *análise gramatical* é utilizada para determinar o papel de cada constituinte da sentença funcional, e.g., *verbo*, *substantivo concreto/abstrato simples/composto*, *adjetivo*, *locução adjetiva*, *advérbio*, *locução adverbial*, *preposição*, *artigo masculino/feminino e suas combinações*. A *análise comportamental* possibilita ao projetista a organização da sua intenção de projeto a partir da determinação de uma geometria e processo causal (efeito físico, químico ou biológico) desejados. O esquema de representação de conhecimento funcional (observe a Figura (2)) e a metodologia baseada na abordagem linguística possibilitam a formalização do conhecimento funcional em uma estrutura genérica, como mostrada na Figura (3).

Portanto, necessita-se compreender: (i) Como o conhecimento funcional é incluído em uma descrição textual de função em linguagem funcional? (ii) Quantos tipos de conhecimento há em uma descrição textual de função em linguagem funcional? e (iii) Por que os atuais modelos de função existentes (e.g., o modelo de função de Pahl e Beitz (1996) ou o modelo de função de Roy e Bharadway (2002)) não podem formalizar o conhecimento funcional incluído em uma descrição textual de função em linguagem funcional?

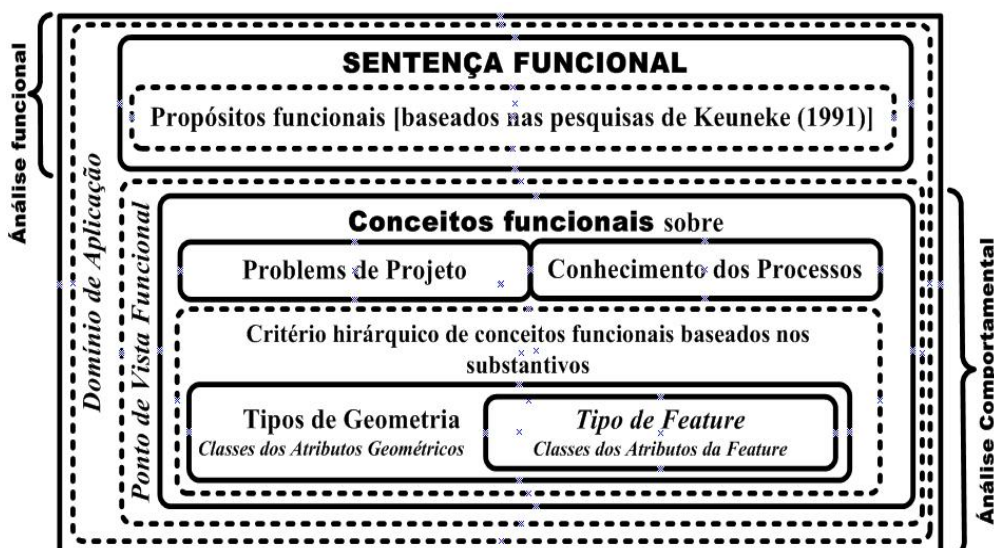


Figura 2. Modelo de Representação de conhecimento funcional baseado na análise: (i) Funcional; (ii) Comportamento (Santos and Dias, 2008)

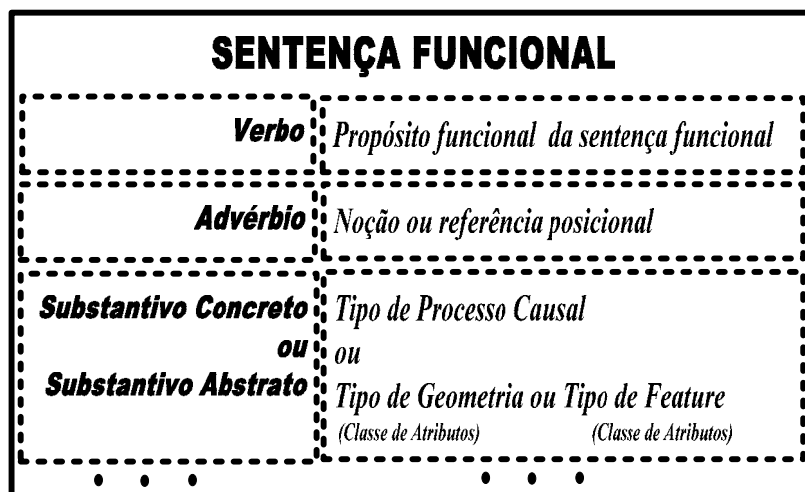


Figura 3. Metodologia baseada na abordagem linguística para formalizar o conhecimento funcional em uma estrutura genérica (Santos and Dias, 2008)

As Figuras (2) e (3) mostram o que geralmente as funcionalidades, descritas em linguagem natural, apresentam em termos dos diversos tipos de informações funcionais relacionadas aos diversos tipos de conhecimento dos projetistas. Em relação à forma como comumente se descreve uma funcionalidade, a Figura (2) ressalta os dois principais tipos de análise que normalmente não são levados em consideração na atual forma clássica de se representar uma funcionalidade. A Figura (3) destaca aspectos importantes implícitos nos constituintes de uma descrição de função em linguagem natural que normalmente não são considerados quando se representa uma funcionalidade na atual forma clássica de representação de função nas metodologias de projeto.

3.1. Conhecimento funcional incluído em uma sentença funcional

Para compreender como o conhecimento funcional é incluído em uma descrição textual de função em linguagem natural coletou-se um conjunto de descrições textuais de sentenças funcionais em linguagem natural de: (i) livros textos da área de engenharia mecânica, e.g., Ullman (1992), Pahl e Beitz (1996), Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008); (ii) notas de aulas do curso de projeto conceitual da UFSC (Forcellini, 2003); (iii) banco de árvore de funções de peça de Santos (2002) e, principalmente, (iv) editor de sentenças funcionais (desenvolvido e implementado em PHP e MySQL) disponibilizada no seguinte endereço eletrônico <http://www.labcadcam.ufsc.br> e cuja interface principal é mostra na Figura (4).



Figura 4. Interface do Editor de funções utilizado para capturar e estruturar o corpus de sentenças funcionais (Santos, 2009)

O objetivo da coleta do conjunto de sentenças funcionais tinha como objetivo organizar um *corpus* lingüístico de sentenças funcionais para em seguida realizar a análise gramatical (sintática, semântica e pragmática) e comportamental de cada uma das sentenças funcionais coletadas. Na *análise gramatical* procura-se organizar as características sintáticas das sentenças funcionais de cada constituinte da sentença funcional, e.g., verbo, substantivo abstrato/composto simples/composto, advérbio, adjetivo, locução adjetiva e suas combinações em categorias gramaticais. Um importante resultado nessa análise foi a descoberta de conjunto de constituintes que não se encaixavam em nenhuma das categorias gramaticais da língua portuguesa do Brasil e que nesta pesquisa foi denominada de **estrutura sintática funcional**. Em outras palavras, busca-se entender como os projetistas incluem o conhecimento funcional das geometrias, *features* e outros conhecimentos relacionados aos materiais, processos de fabricação, montagem e ciclo de vida do produto em cada constituinte da sentença funcional. Na análise semântica observou-se que a semântica dos constituintes podia ser classificada em dois grupos: (i) constituinte com conhecimento funcional explícito; (ii) constituinte com conhecimento funcional implícito. Na análise do discurso estudam-se como os projetistas utilizam os comportamentos realizáveis por forma geométrica, *feature*, para realizar (ou evitar) determinados processo causal (in)desejável. A análise do discurso é baseada nas atividades dos atos de fala (Searle, 1969). A idéia das atividades dos atos de fala é verificar a relação de uso de sintaxes e semânticas de determinadas descrições textuais de função em linguagem natural, levando-se em conta o domínio do contexto de aplicação e o ponto de vista funcional utilizado pelos projetistas. Depreendeu-se dessas análises uma proposta da estruturação hierárquica das semânticas dos substantivos utilizados nas descrições textuais de funções em linguagem natural e que ilustrado na Figura (5).

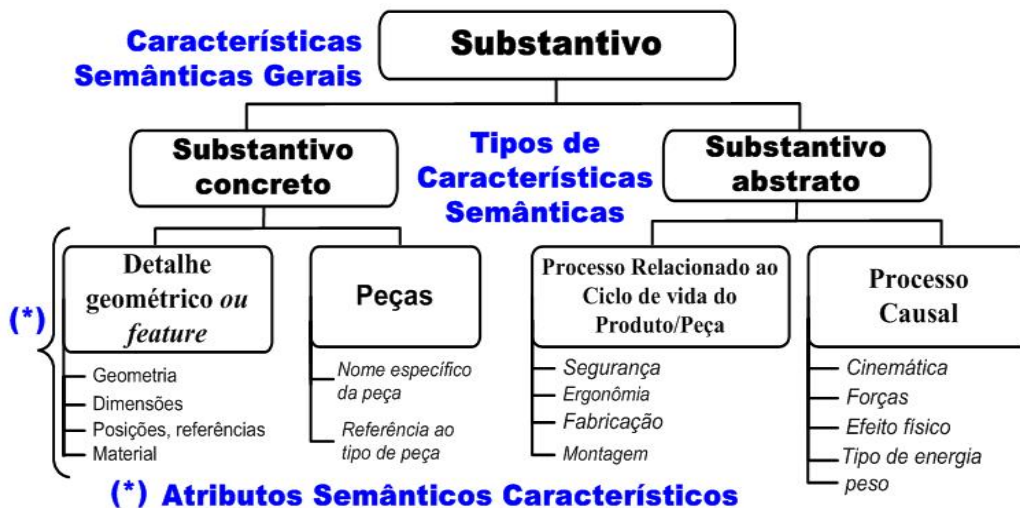


Figura 5. Proposta da estruturação hierárquica das semânticas dos substantivos utilizados nas sentenças funcionais pelos projetistas durante a modelagem funcional de peça (Santos and Dias, 2008)

Na análise comportamental o objetivo é sistematizar os tipos de estruturas gramaticais em função das **unidades básicas de informações funcionais** (ubIFs) relacionadas às restrições de projeto e espaciais, mas com o intuito de organizar um conjunto de *comportamentos realizáveis* por determinados tipos de formas geométricas, *features* ou processos industriais pensados por Ullman (1992): (i) geometria; (ii) material; (iii) processo de fabricação; (iv) manufatura. Dessa análise depreendeu-se um conjunto de sentenças funcionais que não podem ser apoiadas pela forma clássica de se representar função, a de Pahl e Beitz (1996) ou até mesmo a de Roy e Bharadway (2001). Para superar esta dificuldade, a estratégia adotada nesta pesquisa foi a de correlacionar cada um dos tipos de estrutura gramatical com um tipo específico de *Frame* – como mostrado na Figura (6). Essa estratégia traz uma grande vantagem implícita no próprio conceito de *Frame* que é a possibilidade de se capturar a intenção de projeto (*Design intention*) e, conseqüentemente, o conhecimento funcional que é incluído em uma descrição textual de função em linguagem natural. Na Figura (6), observa-se que o *Frame* captura um conjunto de conhecimento que normalmente é de conhecimento apenas do projetista e de mais ninguém.

Observando cada um dos tipos de estrutura gramatical das sentenças funcionais do *corpus* lingüístico percebe-se que há vários tipos de conhecimento incluído em uma sentença funcional. Em particular, os verbos expressam uma meta, ou propósito funcional, relacionado ao conhecimento da intenção de projeto dos projetistas, especificamente, Keuneke (1991) e Sasajima et al (1995) propuseram os seguintes tipos de intenção de projeto: (i) *ToMake* para realizar um estado específico; (ii) *ToMaintain* para realizar e sustentar um estado desejado; (iii) *ToPreven* para manter um sistema fora de um estado indesejado; (iv) *ToControl* para controlar mudanças de estados através de um inter-relacionamento; (v) *ToEnable* para habilitar um estado desejado. A este conhecimento sobre a intenção de projeto Chakrabarti e Bligh (2001) denominaram de **conhecimento teleológico**. Ao conjunto de valores semânticos dos constituintes de uma sentença funcional Kitamura e Mizoguchi (2003) denominaram de **conceito funcional**. O conjunto de conhecimento que correlaciona os constituintes de uma sentença funcional e seus respectivos valores semânticos Kitamura e Mizoguchi (2003) denominou de **conhecimento funcional**. Roy e Bharadway (2002) denominaram de **conhecimento comportamental** o conhecimento das possíveis inter-relações das faces de uma estrutura física com as geometrias de outras faces de outras estruturas físicas. Entretanto, os atuais modelos de função utilizados nas metodologias de projeto não conseguem inter-relacionar e representar de modo explícito todos esses tipos de conhecimento que os projetistas querem expressar quando descrevem as sentenças funcionais em linguagem natural.

SINTAXE da Estrutura Gramatical	SEMÂNTICA da Estrutura Gramatical	
	Atributos de Projeto + Processo	Valores Semânticos (Semânticas) dos Atributos
Sentença funcional	Facilitar montagem do pino cilíndrico no pistão	
<Verbo>	Qual é a finalidade, ou objetivo, da ação do verbo na sentença funcional?	
Facilitar	Evitar obstáculos na montagem ou Realizar um estado parcial específico.	
<Substantivo abstrato> Montagem	PROCESSO CAUSAL	Efeito Físico: [X] MONTAGEM
		Efeito Químico: [.....]
		Efeito Biológico: [.....]
	Atributos do Processo Causal:	Contato de Superfície (Alinhamento, posicionamento)
<Substantivo concreto + adjetivo + preposição + artigo + substantivo concreto> Anel menor da biela	GEOMETRIA	Superfície Plana, Inclinada
	Atributos Geométricos	Largura, Comprimento e Ângulo de inclinação
	Feature	Chanfro
	Atributos da Feature	Largura, Comprimento e Ângulo de inclinação
	PROCESSO DE MANUFATURA	Ferramenta: Torno Operação de Fabricação: Torneamento

Figura 6. Exemplo de um de um tipo de *Frame* para correlaciona a sentença funcional “Facilitar montagem do pino cilíndrico no pistão” pensado por algum projetista durante a modelagem funcional de peça (Santos, 2009)

3.2. Modelo de função baseado na abordagem lingüística

Para superar a dificuldade de inter-relacionar todos os tipos de conhecimento e representar de modo explícito todos esses tipos de conhecimento neste trabalho de pesquisa é apresentado um modelo de função baseado na abordagem lingüística. O modelo de função proposto é uma extensão do modelo de função de Roy e Bharadway (2002) que por sua vez já é uma extensão do modelo de função de Pahl e Beitz (1996). O modelo de função baseado na abordagem lingüística é apresentado na Figura (7).

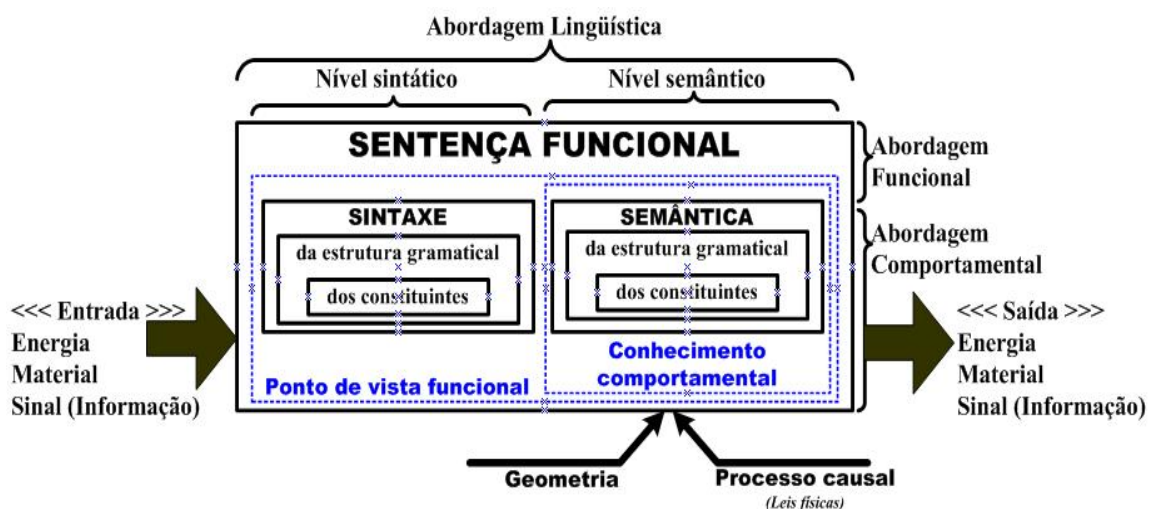


Figura 7. Modelo de Função Baseado na Abordagem Linguística (Santos, 2009)

Enquanto o modelo de função de Pahl e Beitz (1996) é baseado apenas na abordagem funcional e o modelo de função de Roy e Bharadway (2002) é baseado só nas abordagens funcional e comportamental, o modelo de função baseado na abordagem linguística é baseado nas abordagens: (i) funcional; (ii) comportamental; (iii) linguística. No modelo de função de Pahl e Beitz o conhecimento funcional é totalmente de propriedade do projetista e o modelo não apóia o projetista na formalização do conhecimento funcional e nem de outros tipos de conhecimento. No modelo de função de Roy e Bharadway (2002) o conhecimento funcional é auxiliado por um vocabulário padrão e, nesse caso, o projetista tem que se adequar a tal vocabulário. Esse vocabulário padrão, como declaram Roy e Bharadway (2002), não auxilia o projetista na formalização do conhecimento comportamental das geometrias utilizadas quando desejam (rejeitam) determinado comportamento de uma estrutura física de uma peça, ou mesmo de um detalhe geométrico em uma peça (grifo nosso). Na análise das sentenças funcionais do *corpus* linguístico de funções, mas de acordo com as respectivas entrevistas com os projetistas, sistematizou-se a seguinte relação entre os três tipos de abordagens e tipos de conhecimento incluídos em uma sentença funcional – como mostrado na Tabela (1).

Tabela 1. Relação entre os tipos de conhecimento e tipos de abordagens (Santos, 2009)

	Abordagem Funcional	Abordagem Comportamental	Abordagem Linguística
Conhecimento Teleológico	Está implícito e é baseado em atributo	Está implícito e é baseado em Comportamento + atributo	É baseado em conceito funcional
Conhecimento Comportamental	Não tem	Está implícito e é baseado em Comportamento + atributo	É baseado em conceito funcional
Conceitos Funcionais	Está implícito é baseado em atributo	Está implícito e é baseado em Comportamento + atributo	É baseado em valor semântico derivados das especificações gerais ou específicas de Fonseca (2000)
Conhecimento Funcional	Baseado em atributo	Está implícito e é baseado em Comportamento + atributo	É baseado na relação sintaxe/valor semântico dos constituintes da sentença funcional

Na Tabela (1) tem-se a comparação entre os dois principais tipos de abordagens (funcional e comportamental) encontrados na literatura sobre metodologia de projeto e a abordagem linguística proposta neste trabalho de pesquisa. Ressalta-se que a comparação é baseada nos três principais tipos de conhecimento amplamente debatido na literatura sobre metodologia de projeto, a saber: conhecimento teleológico, conhecimento comportamental e conhecimento funcional. Devido à falta de integração entre os três tipos de conhecimento, este trabalho de pesquisa propõe um modelo de função baseado na abordagem linguística para integrar esses três tipos de conhecimento a partir do “**conceito funcional**”. Ao final deste artigo tem-se um “Glossário de conceitos” proposto pelos autores para auxiliar na compressão deste trabalho de pesquisa.

4. RESULTADO

Um importante resultado do modelo de função baseado na abordagem lingüística foi a possibilidade de se inter-relacionar os vários tipos de conhecimento incluídos em uma sentença funcional em uma mesma representação de conhecimento funcional de modo explícito, como mostrado na Figura (8). Além disso, a pesquisa gerou um conjunto de importantes conceitos que podem ser consultado no Glossário de conceitos funcionais, e.g., conhecimento funcional, conceito funcional, conhecimento comportamental e conhecimento funcional.

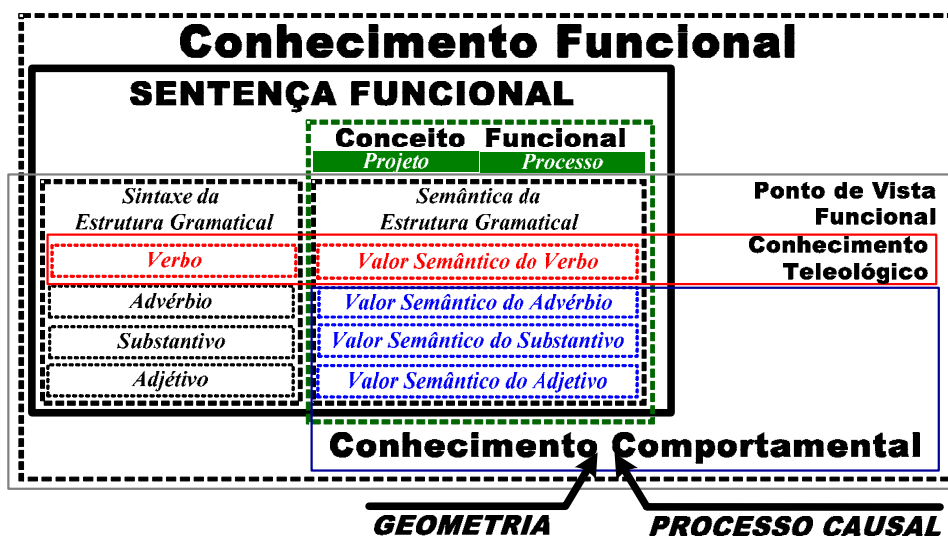


Figura 8. Modelo de Função Baseado na Abordagem Linguística (Santos, 2009)

Ao contrário do que disseram Chakrabarti e Blich (2001), sobre a impossibilidade de se utiliza uma representação baseada na linguagem natural, o modelo de função baseado na abordagem lingüística possibilita, além de representações baseada na linguagem natural, a extração de conceitos funcionais da própria linguagem natural.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O esforço desse trabalho de pesquisa foi para superar as dificuldades apontadas pelos atuais modelos de função na formalização dos vários tipos de conhecimento incluídos em uma descrição textual de sentença funcional em linguagem natural. Nesse sentido, para superar esta dificuldade, propôs-se um modelo de função baseado na abordagem lingüística que é capaz de auxiliar o projetista na formalização dos conceitos funcionais explícito/implícito em uma sentença funcional. O resultado mais significativo desse trabalho de pesquisa foi o desenvolvimento de um modelo de função baseado na abordagem lingüística que consegue integrar três diferentes abordagens: (i) abordagem funcional, para suportar o conceito de decomposição funcional; (ii) abordagem comportamental, para apoiar o conceito de conhecimento comportamental; (iii) abordagem lingüística, para tratar os portadores de conhecimento funcional (constituintes, e.g., verbo, substantivo abstrato/concreto simples/composto, advérbio, adjetivo). A integração das abordagens possibilita a identificação, categorização, definição e inter-relacionamento entre os vários tipos de conhecimento incluído em apenas uma função.

6. REFERÊNCIAS

- Back., N., 1983, "Metodologia de Projeto de Produtos Industriais", Rio de Janeiro: Guanabara Dois.
- Back, N. et al., 2008, Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem. Barueri: Manole.
- Chakrabarti, A. and Blich, P. T., 2001, "A scheme for functional reasoning in conceptual design", In: Design Studies, Vol. 22, No. 6, pp. 493-517.
- Chittaro, L. et al., 1993, "Functional and Teleological Knowledge in the Multi-Modeling Approach for Reasoning about Physical Systems: a case study in diagnosis", In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 23, No. 6, pp. 1718-1751.
- Fiod Neto, M., 1993, "Desenvolvimento de Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais", Florianópolis: UFSC, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). CTC.
- Forcellini, F, 2003, "A. Projeto Conceitual (Notas de aula)", Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos/NeDIP – UFSC.

- Fonseca, A. J. H., 2000, “Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional”, Florianópolis: UFSC, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). CTC.
- Keuneke, A., 1991, “Device Representation: the Significance of Functional Knowledge”, In: IEEE Expert, Vol. 6, No. 6, pp. 22-25.
- Kitamura, Y. and Mizoguchi, R., 2003, “Ontology-based description of functional design knowledge and its use in a functional way server”, In: Expert Systems with Application, Vol. 24, No. 2, pp. 153-166.
- Koller, R., 1985, ‘Konstruktionslehre für den Maschinenbau’, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Norbert, F. M. and Roozenburg, N. G. M., 1995, “Defining Synthesis: on the Senses and the Logic of Design Synthesis”, In: Product Design: Fundamentals and Methods. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Pahl, G. and Beitz, W., 1996, “Engineering Design: a Systematic Approach”, Trad. K. Wallace; L. Blessing; F. Bauert. 2nd. ed. Berlin: Springer – Verlag.
- Pahl, G. et al., 2005, Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos e Métodos e Aplicações. Trad. H. A. Werner; N. Nascimento. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- Roozenburg, N. G. M. and Eekels, J., 1995, “Product Design: Fundamentals and Methods”, Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Roth, K., 1982, “Konstruieren mit Konstruktionshatalogen”, New York: Springer-Verlag.
- Ullman, D. G., 1992, “The Mechanical Design Process”, New York: McGraw-Hill, Inc..
- Roy, U. and Bharadway, B., 2002, “Design with part behavior: behavior model, representation and applications”, Computers Aided Design, Elsevier, Vol. 34, No. 9, pp. 613-636.
- Santos, F. C. M. dos e Dias, A., 2008, “Grammatical and Behavior Analysis of Functional Sentences of Geometric Details of Part”, In: 18th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2008), Philadelphia: USA.
- Santos, F. C. M. dos, 2002, “Um Modelo de PARSER para Aplicação em Ambientes de Projeto de Sistemas Mecânicos”, Florianópolis: UFSC, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), CTC.
- Santos, F. C. M. dos, 2009, “Sistema Orientado por um Modelo de Função Baseado na Abordagem Linguística para Formalizar Conhecimento Funcional no Projeto de Peça”, Florianópolis: UFSC, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). CTC.
- Sasajima, M. et al., 1995, “FBRL: a function and behavior representation language”, Proceeding of the Fourteenth-International Joint Conference on Artificial Intelligence – IJCAI-95, pp. 1830-1836.
- Searle, J. R., 1969, “Speech Acts: an essay in the philosophy of language”, London: Cambridge University Press.

7. GLOSSÁRIO DE CONCEITOS UTILIZADO NO TRABALHO DE PESQUISA

- Conceito funcional* É o conjunto de valores semânticos dos constituintes de uma sentença funcional. O conceito funcional não leva em conta os constituintes de uma sentença funcional e, muito menos, suas sintaxes. Ele é formado apenas pelo valor semântico do propósito funcional e valores semânticos dos atributos gerais e específicos de Fonseca (2000) incluídos na sentença funcional e usados para a realização de um comportamento (in)desejado (Santos e Dias, 2009);
- Conhecimento comportamental* É o conjunto de valores semânticos dos constituintes, ou da estrutura gramatical, de uma sentença funcional que são relacionados aos requisitos de projeto e espaciais, sob determinado ponto de vista funcional e domínio do contexto de aplicação, em função da relação entrada/saída de energia, material e sinal (informação) (Santos e Dias, 2009);
- Conhecimento funcional* É formado pelo conjunto de pares (constituente, valor semântico) de uma sentença funcional, cujas entidades básicas dos constituintes são fundamentais nos aspectos de projeto e processo sob determinado *ponto de vista funcional* e domínio do contexto de aplicação (Santos e Dias, 2009);
- Conhecimento teleológico* É o conhecimento que define o propósito funcional (meta, finalidade ou objetivo) da ação do verbo sobre a sentença funcional a partir da intenção da realização de um comportamento realizável (in)desejado por uma geometria do detalhe geométrico a ser utilizado em uma estrutura física de uma peça (Santos e Dias, 2009);
- Estrutura sintática funcional* É formada por um conjunto de constituintes contidos em uma sentença funcional e que possuem um qualificador semântico relacionado a algum aspecto do conhecimento de projeto ou processo industrial (Santos e Dias, 2009);

Frame é um esquema de representação de conhecimento concebido para capturar as conexões implícitas das informações de um domínio do problema em estruturas de dados explicitamente organizadas (Luger, 2004).

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

MODEL OF FUNCTION BASED ON THE LINGUISTIC APPROACH TO FORMALIZE THE FUNCTIONAL KNOWLEDGE INCLUDED IN A PART FUNCTIONALITY

¹Francisco das Chagas Mendes dos Santos and ²Altamir Dias

¹Federal Institute of Education, Science and Technological of Amazon – IFAM, Am, Manaus, Zip code 69020-120, Brazil

²Mechanical Engineering Department, Laboratory of CAD/CAM, Federal University of Santa Catarina – UFSC, SC, Florianopolis, Zip code 88040-970, P.O. Box 476, Brazil

Abstract: *In the design methodologies of Product, the classic model of function is described literally as "verb and noun" and it's based exclusively on the functional approach. Although, there are several forms to describe textually a functionality in natural language during the modelling of each function's product and part, most of them is not supported by the classic model of function that is traditionally accepted by the Design methodologies of Product. To overcome these limitations thoroughly mentioned in the literature on design methodology of Product, it presents a function model based on the linguistic approach to help designers in the formalizations and integration of the several knowledge types included, in way explicit or implicit, in the several forms of describing a functionality. This important and significant result allows to integrate the three principal existent approaches in the design methodologies of Product, the approaches: (i) Functional; (ii) Behavioral; (iii) Linguistics. In the proposed model in the: (i) functional approach, supports the concept of functional decomposition, (ii) behavioral approach, supports the concept of behavioral knowledge, (iii) linguistic approach, treats patients with functional knowledge (components, eg, verb, noun abstract / concrete simple / compound, adverb, adjective and functional syntactic structure). The integration of approaches makes possible the identification, categorization, definition and interrelationships between the various types of knowledge included in each part function.*

Keywords: *Design Methodology of Product, part function, knowledge included in a function, function model, linguistic approach.*