



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CÂMPUS CURITIBA

DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E DE
MATERIAIS - PPGEM**

LUCIANO HEITOR ROSA DE OLIVEIRA

**INOVAÇÃO AUXILIADA POR COMPUTADOR
(CAI)**

**UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DE ARTIGOS PUBLICADOS
ENTRE 2004 E 2013**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2013

LUCIANO HEITOR ROSA DE OLIVEIRA

**INOVAÇÃO AUXILIADA POR COMPUTADOR
(CAI)**

**UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DE ARTIGOS PUBLICADOS
ENTRE 2004 E 2013**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, do programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Área de Concentração em Engenharia de Manufatura, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus de Curitiba, da UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho

CURITIBA

2013

Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Diretoria do Campus Curitiba

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais



TERMO DE APROVAÇÃO

INOVAÇÃO AUXILIADA POR COMPUTADOR (CAI)

UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DE ARTIGOS PUBLICADOS ENTRE 2004 E 2013

POR

LUCIANO HEITOR ROSA DE OLIVEIRA

Esta Dissertação foi julgada para a obtenção do título de mestre em engenharia, área de concentração em Engenharia de Manufatura, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.

Prof. Dr. Giuseppe Pintaúde

Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof. Dr. Milton Borsato (UTFPR)

Prof. Dr. Helio Gomes de Carvalho (UTFPR)

Profa. Dra. Marly Monteiro de Carvalho (USP)

Prof. Dr. Marco Aurélio de Carvalho
(UTFPR- Orientador)

Curitiba, 09 de Dezembro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Marco Aurélio, que me deu a chance de desenvolver este tema de suma relevância para o futuro da inovação no Brasil e para a minha formação. Também agradeço à minha mãe, que muito me incentiva nos estudos e à minha esposa e filhas, que estão sempre ao meu lado.

“O homem deve criar as oportunidades e não somente encontrá-las”.

Francis Bacon

RESUMO

De Oliveira, Luciano Heitor Rosa. **Inovação Auxiliada por Computador (CAI): uma análise bibliométrica de artigos publicados entre 2004 e 2013**. 2013. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, 2013.

Nas últimas décadas, a inovação passou a ser vista como um fator crucial para a competitividade das organizações. De um processo pouco ordenado, a inovação tem passado a ser sistematizada, com o estabelecimento de ferramentas, metodologias e teorias. Uma variedade de programas computacionais têm sido criadas para apoiar a inovação, dando origem a uma nova categoria de ferramentas, que vem sendo denominada Computer Aided Innovation (CAI), ou Inovação Auxiliada por Computador. Esta pesquisa, de característica exploratória, busca compreender com maior exatidão o conceito de CAI, bem como identificar as principais publicações, autores, instituições e regiões nas quais o assunto tem sido desenvolvido, além de buscar identificar as lacunas e tendências dos temas abordados na área. Dada a finalidade da pesquisa, decidiu-se pelo uso da bibliometria e da análise de conteúdo para alcançar os objetivos estabelecidos. O universo da pesquisa constitui-se de 217 artigos, publicados no período de 2004 a 2013. Os procedimentos metodológicos para desenvolver a pesquisa envolveram os seguintes passos: a) levantar o estado da arte no que se refere a Inovação Auxiliada por Computador; b) levantar e coletar os dados dos artigos científicos em CAI; c) categorizar e fazer análise bibliométrica e d) classificar e analisar os temas abordados. Os resultados obtidos, por meio da análise bibliométrica, revelaram que houve 378 autores diferentes, e que a média de autores aumentou em 30,4% de 2004 a 2013. Ao verificar a aderência da lei de Lotka à área de CAI, observou-se que 72,8% dos autores tiveram apenas uma publicação, sendo 15% a mais do que o proposto por Lotka, ou seja, a área de CAI não se ajusta a esta lei. Os autores mais produtivos foram Runhua Tan (contagem completa) e Noel León (contagem direta). O autor mais citado foi Gaetano Cascini. O país mais produtivo do mundo é a China, com 41% das publicações, além de possuir o maior número de pesquisadores (42% do total) e o maior número de instituições. No entanto, o país com a maior relevância é a França, pois os artigos franceses tiveram 30,4% das citações. A instituição mais produtiva é Hebei University of Technology da China, com 16% dos artigos. A instituição mais citada é INSA Strasbourg, França. Ao analisar os temas abordados, percebeu-se que a categoria “Gestão de Ideias” é mais desenvolvida e a categoria “Gestão de Patentes” é a que possui a menor quantidade de trabalhos. Considera-se que esta pesquisa contribuiu para dar visibilidade aos pesquisadores, instituições e países que tem contribuído para o desenvolvimento do CAI, além de reconhecer o núcleo teórico que serve de alicerce do conhecimento da área. O tema CAI é de suma importância para a melhoria do processo de inovação, possibilitando inovar com mais eficiência e eficácia.

Palavras-chave: Inovação Auxiliada por Computador. CAI. Bibliometria. Desenvolvimento de Produtos.

ABSTRACT

De Oliveira, Luciano Heitor Rosa. **Computer Aided Innovation (CAI): a bibliometric analysis of articles published between 2004 and 2013**. 2013. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, 2013.

In recent decades, innovation has come to be seen as a crucial factor for the competitiveness of organizations. From a process little orderly, innovation has come to be systematized, with the establishment of tools, methodologies and theories. A variety of computer programs have been created to support innovation, giving rise to a new category of tools, which is being called Computer Aided Innovation (CAI). This exploratory research seeks to understand more precisely the concept of CAI, as well as identify key publications, authors, institutions and regions in which it has been developed, besides seeking to identify gaps and trends of the topics covered in the area. Given the purpose of the research, it was decided to use bibliometrics, which allows obtaining the information indicated from the analysis of the main databases related to CAI. The research consists of 217 articles, published between 2004-2013. The methodological procedures to develop the research involved the following steps: a) raise the state of the art regarding the Computed Aided Innovation; b) Survey and data collection of scientific papers on CAI; c) categorization and bibliometric analysis and d) classify and analyze the topics covered. The results obtained through the bibliometric analysis revealed that there were 378 different authors, and authors have increased an average of 34.7% from 2004 to 2013. When checking the adhesion of the Lotka's law to the field of CAI, it was observed that 72.8% of the authors had only one publication, 15% more than proposed by Lotka, than the area of CAI does not adjust to this law. The most productive authors were Runhua Tan (complete count) and Noel Leon (direct counting). The most cited author was Gaetano Cascini. The most productive country in the world is China, with 41% of publications, as well as having the largest number of researchers (42% of total) and the largest number of institutions. However, the country with the greatest relevance is France, because the French articles had 30.4% of the citations. The more productive institution is Hebei University of Technology, China, with 16% of the articles. The institution most frequently cited is INSA Strasbourg, France. By analyzing the topics covered, it was realized that the "Idea Management" category is more developed and the category "Management Patent" is the one with the least amount of work. It is considered that this research has contributed to give visibility to researchers, institutions and countries that have contributed to the development of CAI, besides recognizing the theoretical core that serves as the foundation of knowledge of the area. The theme CAI is extremely important for the improvement of the innovation process, enabling to innovate more efficiently and effectively.

Keywords: Computer Aided Innovation. CAI. Bibliometrics. Product Development.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2.1 – Pesquisa de soluções utilizando matriz de contradição.....	27
Figura 2.2 – Estrutura do ARIZ-85V	28
Figura 2.3 – As 3 eras da indústria e as dificuldades enfrentadas.....	33
Figura 2.4 – Resumo dos modelos de maturidade do CAI e do PDP	35
Figura 2.5 – Círculo de inovação	37
Figura 2.6 – Porcentagem das ferramentas CAI no mercado de acordo com suas categorias.....	38
Figura 2.7 – O Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (Stage-Gate)	40
Figura 2.8 – Médias do posicionamento dos 121 artigos de CAI.....	40
Figura 3.1 – Principais leis da bibliometria, seus focos de estudos e suas relações com os sistemas de comunicação e de informação científica e tecnológica.....	44
Figura 3.2 – Exemplo da página principal do EndNote Web.....	57
Figura 3.3 – Componentes de interface do Sci2 Tool.....	59
Figura 4.1 – Distribuição dos artigos no período de 2004 a 2011.....	62
Figura 4.2 – Média de autores por artigo a cada ano.....	65
Figura 4.3 – Número de artigos e número de autores.....	66
Figura 4.4 – Gráfico de dispersão dos valores observados e esperados	69
Figura 4.5 – Média de citações por artigo.....	83
Figura 4.6 – Frequência das palavras-chaves encontradas nos 217 artigos.....	89
Figura 4.7 – Círculo da Inovação	92
Figura 4.8 – Classificação dos <i>software</i> de CAI nas subcategorias do círculo da inovação	98
Figura 4.9 – Classificação dos temas abordados nos artigos publicados em CAI.....	99

LISTAS DE TABELAS

Tabela 3.1 – Conferências realizadas ao longo do período (2004 – 2013)	52
Tabela 3.2 – Publicações em edições especiais de revistas (2004 – 2011).....	53
Tabela 3.3 – Principais tipos e níveis de análise	58
Tabela 4.1 – Dados dos artigos analisados	63
Tabela 4.2 – Frequência de autores por artigo	64
Tabela 4.3 – Número de artigos e número de autores.....	67
Tabela 4.4 – Comparação dos valores esperados e observados.....	68
Tabela 4.5 – Autores mais produtivos no período (contagem completa).....	71
Tabela 4.6 – Autores mais produtivos no período (contagem direta).....	72
Tabela 4.7 – Autores mais citados no período (contagem completa).....	73
Tabela 4.8 – Autores mais citados no período (contagem direta).....	74
Tabela 4.9 – Artigos mais citados	76
Tabela 4.10 – Instituições mais produtivas	78
Tabela 4.11 – Instituições mais citadas.....	79
Tabela 4.12 – Os países mais produtivos.....	80
Tabela 4.13 – Os países mais citados.....	82
Tabela 4.14 – Frequência de citações por ano	83
Tabela 4.15 – Os trabalhos mais referenciados nos artigos estudados.....	85
Tabela 4.16 – Os autores mais citados.....	88
Tabela 4.17 – Evolução dos temas ao longo do período.....	96

LISTAS DE QUADROS

Quadro 2.1 - Resumo das ferramentas da TRIZ e os campos de aplicação	29
Quadro 3.1 - Detalhamento da produção científica	51

LISTAS DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANPEI	Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – Desenho Auxiliado por Computador
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i> – Engenharia Auxiliada por Computador
CAI	<i>Computer Aided Innovation</i> – Inovação Auxiliada por Computador
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IFIP	<i>International Federation for Information Processing</i> – Federação Internacional para Processamento de Informação
KM	<i>Knowledge Management</i> – Gestão do Conhecimento
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i> – Gestão do Ciclo de Vida do Produto
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> – Desdobramento da Função Qualidade
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TRIZ	Teoria da Solução Inventiva de Problemas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Apresentação do problema de pesquisa	18
1.2	Objetivos	20
1.2.1	Objetivo Geral.....	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
1.3	Justificativa e relevância	21
1.4	Estrutura da dissertação.....	23
2	INOVAÇÃO AUXILIADA POR COMPUTADOR (CAI)	24
2.1	Teoria da Solução Inventiva de Problema (TRIZ)	24
2.1.1	Origem e objetivo da TRIZ.....	24
2.1.2	A essência da TRIZ	25
2.2	Inovação Auxiliada por Computador (CAI): conceitos, aplicações e tendências	29
2.2.1	Origens e conceito	30
2.3	Modelo de maturidade do CAI e o PDP	34
2.4	Categorias e tendências de sistemas CAI	36
2.4.1	Categorias dos sistemas CAI	36
2.4.2	Principais tendências dos sistemas CAI	37
2.4.3	Posicionamento das publicações em CAI.....	39
2.5	Considerações	41
3	MATERIAIS E MÉTODOS	42
3.1	A bibliometria como instrumento de análise da produção científica	42
3.1.1	Principais leis da bibliometria	44
3.2	Procedimento metodológico	50
3.2.1	Etapa 1 - Revisão da literatura	50
3.2.2	Etapa 2 - Delimitação do tipo de produção científica	51
3.2.3	Etapa 3 - Delimitação da amostra e do período de estudo	52
3.2.4	Etapa 4 - Coleta e organização dos dados	53
3.2.5	Etapa 5 - Análise bibliométrica	55
3.2.6	Etapa 6 - Análise de conteúdo dos artigos	55
3.3	Ferramentas utilizadas no armazenamento e na análise bibliométrica	56
3.3.1	EndNote Web	56
3.3.2	Sci2 Tool.....	57
4	RESULTADOS E ANÁLISES	60
4.1	Produção científica em CAI no período de 2004 a 2013.....	60
4.2	Tipologia autoral	63
4.2.1	Frequência de autores por artigo	63

4.2.2	Média de autores por artigo no período.....	65
4.3	Lei de Lotka aplicada à área de CAI.....	67
4.4	Características dos autores.....	70
4.4.1	Autores mais produtivos.....	70
4.4.2	Autores mais citados.....	72
4.5	Artigos mais citados.....	75
4.6	Características da origem dos artigos.....	77
4.6.1	Instituições mais produtivas.....	77
4.6.2	Instituições mais citadas.....	79
4.6.4	Países mais produtivos.....	80
4.6.5	Países mais citados.....	81
4.7	Características da literatura citada.....	82
4.7.1	Frequência das citações.....	82
4.7.2	Trabalhos mais citados.....	84
4.7.3	Autores mais citados.....	87
4.8	Lei de Zipf aplicada às palavras-chave dos artigos em CAI.....	89
4.9	Temáticas abordadas pelos artigos.....	91
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	102
	REFERÊNCIAS.....	106
	APÊNDICE.....	112

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos (2011), inovação é a introdução, com êxito no mercado, de produtos, serviços, processos, métodos e sistemas que não existiam anteriormente, ou que contém alguma característica nova e diferente do padrão em vigor. Compreende diversas atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras, comerciais e mercadológicas. A exigência mínima é que o produto, serviço, processo, método ou sistema inovador deva ser novo ou substancialmente melhorado pela empresa em relação aos seus competidores.

A inovação tecnológica em produtos e processos compreende as implantações de produtos e processos tecnologicamente novos ou com melhorias consideráveis (OCDE, 2005). O termo “produto” pode ser também interpretado como bens ou serviços.

A inovação tecnológica de produto pode ser dividida em duas categorias: i) produto tecnologicamente novo: é aquele que possui características tecnológicas ou uso pretendido diferente dos produtos anteriores; ii) produto tecnologicamente aprimorado: é um produto existente cujo desempenho tenha sido aprimorado ou elevado consideravelmente (OCDE, 2005).

A inovação tecnológica de processo representa um novo método de produção ou uma mudança significativa. Incluem-se mudanças em técnicas, equipamentos e/ou *software* (OCDE, 2005).

Atualmente é difícil entender o funcionamento das economias capitalistas sem considerar o progresso tecnológico. Sendo assim, o entendimento de como a tecnologia afeta a economia é importante para a compreensão do crescimento da riqueza dos países e da dinâmica das sociedades contemporâneas.

Os esforços tecnológicos possuem várias dimensões críticas e, ao se analisar a origem e a natureza das inovações, fica claro que as mesmas transformam não apenas a economia, mas toda a sociedade. Elas modificam a realidade econômica e social, além de aumentarem a capacidade de acumulação de riqueza e geração de renda.

As empresas inovam por uma razão simples: para melhorar seu desempenho em termos de vendas ou redução de custos, visando lucro. Um novo produto ou processo pode propiciar vantagem mercadológica para o inovador. A OCDE (2005) ressalta que no caso da inovação de processo de aumento da produtividade, a empresa adquire uma vantagem de custos sobre seus competidores permitindo uma margem sobre custos mais elevada em relação ao preço de mercado. No caso da inovação de produto, a empresa pode ganhar uma vantagem competitiva por meio da introdução de um novo produto no mercado, o que lhe confere a possibilidade de maior demanda e maiores margens sobre custos.

Outras razões para as empresas investirem em inovação tecnológica são a defesa da sua atual posição competitiva e a busca de novas vantagens em seu mercado.

Dentro deste cenário de alta competitividade, é importante o papel do processo de desenvolvimento de produto nas empresas que desejem atender às demandas do mercado. Para tornar o PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto) mais eficiente, eficaz e rápido, é necessário incorporar maior conhecimento, ferramentas e métodos a este processo. Ou seja, lançar produtos inovadores num tempo menor. Esses atributos não são mais um diferencial de mercado, mas sim uma questão de sobrevivência. É reportado que as empresas de sucesso produzem 75% das suas receitas com novos produtos ou serviços que não existiam há cinco anos (XU *et al.*, 2011).

O processo de desenvolvimento de produto envolve tarefas muito complexas e multidimensionais, desde a concepção até a implementação no mercado com sucesso, que devem ser vistas sob diferentes perspectivas no seu contexto específico.

De acordo com Hüsigg e Kohn (2009), com a perspectiva de melhorar a eficiência da inovação no processo de desenvolvimento de produto, são aplicadas ferramentas novas ou melhoradas, tais como CAD (*Computer Aided Design*), CAM (*Computer Aided Manufacturing*), CAE (*Computer Aided Engineering*), métodos tais como TRIZ, QFD, FMEA, modelos de processos como o sistema Stage-Gate®, Engenharia Simultânea, além de outras inovações organizacionais e tecnológicas. Portanto, muito progresso tem sido feito para melhorar a capacidade de inovação das empresas e reduzir o tempo de desenvolvimento de novos produtos.

Avanços recentes nas tecnologias de informação e comunicação, bem como em abordagens teóricas para a inovação, fornecem um ambiente mais estruturado baseado no conhecimento para inovadores, projetistas, engenheiros, profissionais de marketing e gerentes. Aplicativos baseados em informática permitem aos usuários obter melhores soluções para enfrentar os problemas e, portanto, para introduzir mais produtos, processos e serviços no mercado (LEÓN e CHU, 2009).

O aumento da concorrência e os avanços tecnológicos estão dando origem ao desenvolvimento de uma nova ferramenta conhecida como CAI (*Computer Aided Innovation*). Estas novas ferramentas destacam-se dos atuais CAD, CAM, CAE e sistema PLM, desafiando os procedimentos padrão existentes. León e Chu (2009) afirmam que o objetivo do CAI é permitir que as empresas implementem efetivamente um processo completo de inovação, que abranja todo o ciclo de vida do produto, desde a identificação da oportunidade de negócio baseado na demanda do cliente, passando pelo desenvolvimento de produto, manufatura, serviço e reciclagem, até o lançamento no mercado.

O CAI surgiu a partir de ferramentas computacionais que suportam a utilização da metodologia TRIZ. Os primeiros desenvolvimentos destas ferramentas tiveram início em meados da década de noventa nos EUA, quando começou uma onda de metodologias e ferramentas computacionais de suporte à invenção. Porém, a primeira conferência internacional, com a denominação de Inovação Auxiliada por Computador, ocorreu apenas em 2005, na Alemanha.

A produção científica em CAI teve seu primeiro tópico especial em 2004, numa Conferência Internacional organizada pela Federação Internacional para Processamento de Informação (IFIP). Nesta oportunidade, foram apresentados seis artigos.

Desde a primeira conferência em 2005 na Alemanha, houve mais quatro conferências, sistematicamente a cada dois anos, sendo a segunda em 2007, a terceira em 2009, a quarta em 2011 e a quinta em 2013. Além destas conferências, houve diversas publicações em revistas científicas.

Em 2005, foi criado um grupo de trabalho na IFIP, dentro do Comitê Técnico número 5 (TC 5 - *Information Technology Applications*), denominado de WG 5.4 (*Working Group 5.4*), com os seguintes objetivos (IFIP, 2013):

- contribuir para identificar a base científica subjacente da Inovação Auxiliada por Computador, e também para avaliar a sua eficácia e eficiência;
- identificar o estado da arte e as tendências dos programas computacionais de CAI, suas ferramentas e métodos, através da discussão de aspectos organizacionais, tecnológicos e cognitivos da aplicação dos métodos e ferramentas de CAI;
- promover o desenvolvimento dos programas de CAI com foco em todo o processo de desenvolvimento do produto, com ferramentas e métodos para garantir a viabilidade e o sucesso das inovações;
- atender as principais motivações do setor industrial em relação a atividade de inovação de engenharia, com relação a métodos e ferramentas;
- atender às principais motivações da comunidade acadêmica sobre os fundamentos teóricos do CAI.

Atualmente este grupo é liderado por Gaetano Cascini, professor do Politécnico de Milão. Desde que este grupo foi criado, as publicações científicas em CAI tem tido

uma regularidade, o que contribuiu muito para o seu crescimento e consolidação como uma nova área da ciência.

1.1 Apresentação do problema de pesquisa

A área de CAI é relativamente nova, uma vez que, o primeiro tópico especialmente dedicado ao CAI foi publicado apenas em 2004 e a primeira conferência ocorreu em 2005. No entanto, desde então muitos artigos científicos foram publicados. Estas publicações contribuíram muito para o desenvolvimento e crescimento desta nova área.

Para uma nova área do conhecimento poder se desenvolver, crescer e se estabelecer, é necessária muita pesquisa. E uma vez que a pesquisa seja realizada, é necessário que seja comunicada, para que se possa disseminar o conhecimento científico produzido. A publicação é a forma concreta de participação do cientista na atividade da ciência.

A produção científica permite que o conhecimento produzido seja difundido e democratizado. A análise da produção científica tem o intuito de prover uma visualização das principais características do que está sendo pesquisado em determinado campo do conhecimento, possibilita a contextualização dos estudos da área e estabelece diretrizes para a consolidação de um campo científico. É através da pesquisa e da divulgação que um determinado conhecimento se consolida e assim permite o avanço da área e conseqüentemente o avanço da própria ciência (WITTER, 1996).

A análise da produção científica é importante para qualquer área do conhecimento, pois propicia um mapeamento do saber construído o que está sendo feito e o que ainda é preciso fazer; ela possibilita determinar, por exemplo, o desenvolvimento das temáticas de pesquisa da área, quais são os autores e

instituições mais produtivas, quais os principais meios de divulgação do conhecimento, enfim, quais as principais características da área (MUELLER, 2006).

Segundo Vanti (2002 p. 152) “a avaliação dentro de um determinado ramo do conhecimento, permite dignificar o saber quando métodos confiáveis e sistemáticos são utilizados”. Ao usar métodos capazes de identificar o que está sendo produzido, quem produz, onde é publicado e quais os assuntos mais frequentes corroboram para o crescimento das áreas das ciências.

Como as pesquisas são fonte de conhecimento e contribuem para o aperfeiçoamento do CAI, assim como nas demais áreas, torna-se oportuno estudar o processo de desenvolvimento desta área emergente. Desde 2004 até a mais recente conferência, em 2013, mais de duas centenas de artigos foram publicados.

Diante do grande número de publicações, tornou-se evidente a necessidade de avaliar a produção intelectual publicada, adotando procedimentos próprios e capazes de mensurar e detalhar a produção científica em CAI. A partir do mapeamento das publicações científicas é possível identificar como esta área vem se comportando e mensurar o impacto das publicações.

A bibliometria, técnica quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico, surgiu no início do século passado como sintoma da necessidade do estudo e da avaliação das atividades de produção e comunicação científica. Desenvolve-se inicialmente a partir da elaboração de leis empíricas sobre o comportamento da literatura, sendo que, entre os principais marcos de seu desenvolvimento, estão: o método de medição da produção de cientistas de Lotka (1926), a lei de dispersão do conhecimento científico de Bradford (1934) e o modelo de distribuição e frequência de palavras num texto de Zipf (1949) (ARAÚJO, 2007).

Araújo (2006, p. 12) afirma que o princípio básico das abordagens de mensuração da produção científica é a ideia de que a comunicação dos resultados das pesquisas é o aspecto central da ciência. As publicações não são os únicos

indicadores da atividade científica, mas são elementos muito importantes no processo de troca e desenvolvimento do conhecimento.

Portanto, as perguntas a serem respondidas nesta pesquisa são:

- a) quem forma e onde está a frente de pesquisa em CAI?
- b) quais são os artigos mais relevantes para esta área?
- c) quais são os principais termos (palavras-chave) que identificam a área?
- d) quais são as lacunas e tendências da área de CAI?

Desta forma, esta pesquisa busca obter um mapa geral de como esta área está crescendo e se desenvolvendo.

1.2 Objetivos

Para responder às perguntas de pesquisa, foram determinados o objetivo geral e os objetivos específicos apresentados nesta seção.

1.2.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral mapear a produção científica na área de CAI, no período de 2004 a 2013, utilizando técnicas bibliométricas e análise de conteúdo para identificar a frente de pesquisa, as lacunas e as tendências desta área.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral seja atingido, são estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) levantar o estado da arte no que se refere à Inovação Auxiliada por Computador;

- b) levantar a produção científica em CAI e caracterizá-la através de uma análise bibliométrica em relação aos seguintes aspectos:
- quantidade de trabalhos publicados no período e quantidade de autores;
 - autores com o maior volume de publicações no período;
 - autores com a maior relevância para área;
 - trabalhos com maior grau de relevância para a área;
 - instituições e países mais produtivos;
 - instituições e países de maior relevância para a área;
 - análise das citações dos artigos: identificar os trabalhos e autores mais citados;
 - análise das palavras-chaves utilizadas nos artigos;
- c) identificar as lacunas e tendências da área, através de uma análise de conteúdo.

1.3 Justificativa e relevância

Considerando que as inovações são capazes de gerar vantagens competitivas a médio e longo prazo, inovar torna-se essencial para a sustentabilidade das empresas e dos países. No entanto, para se inovar dentro de uma organização, o PDP não deve ser uma atividade intuitiva, empírica e de tentativa e erro. Deve ser desenvolvido e apoiado em um processo sistemático com forte embasamento científico. Neste aspecto, entende-se como processo sistemático, um processo organizado e suportado por métodos, técnicas e ferramentas que estruturam o PDP. Desta forma, nota-se que uma adequada estruturação do PDP, pode se tornar de fundamental importância para as organizações melhorarem a sua capacidade de inovação, tornando-as mais competitivas no mercado.

As ferramentas de CAI foram criadas, justamente, com o objetivo de tornar o PDP mais rápido, eficaz e eficiente. Para Hüsigg e Kohn (2011), a Inovação Auxiliada por Computador (CAI) teve um desenvolvimento significativo nas últimas décadas. Além disso, o processo de desenvolvimento de novos produtos em muitas organizações mudou completamente nos últimos anos. No passado, estes processos eram um tanto caóticos, intuitivos, burocráticos e lentos, além de serem auxiliados por programas computacionais padrão, tais como programas de planilha de cálculo ou processadores de texto. Atualmente, os processos de inovação são definidos como processos complexos, com suporte de programas sofisticados e com múltiplos atores, internos e externos. É neste contexto, que o CAI nasceu e se desenvolve, mostrando a sua importância, tanto para as organizações que necessitam inovar, como para a comunidade científica que busca o aprimoramento destas ferramentas.

As primeiras ferramentas de CAI foram desenvolvidas no início da década de noventa. No entanto, apenas em 2004, as primeiras publicações científicas tiveram espaço em um tópico especialmente destinado ao CAI, que foi organizado pela IFIP. Em 2005, foi formado o primeiro grupo de estudos e a primeira conferência em CAI. Desde de 2004, muitos artigos científicos tem sido publicados na área, tanto em conferências, quanto em revistas científicas especializadas. Com base nestes dados, percebe-se que a área de CAI é relativamente nova, mas que vem crescendo ao longo dos últimos anos.

A produção e a comunicação científicas são os principais fatores para a geração do conhecimento científico. A análise dos documentos científicos é essencial para a identificação do desenvolvimento de uma área do conhecimento. A bibliometria é uma área da Ciência da Informação, que utiliza métodos matemáticos e estatísticos para investigar, quantificar e mapear o desenvolvimento da produção científica.

Esta pesquisa, ao utilizar os métodos e técnicas bibliométricas na área de CAI, busca justamente quantificar e mapear a produção científica desta área. Vanti (2002), ressalta que com os resultados obtidos é possível elaborar estratégias para melhorar e acompanhar o progresso da ciência e seus efeitos na comunidade científica e na sociedade. Araújo (2007) destaca a importância dos estudos bibliométricos como

fontes de informação para a predição de enfoques e abrangências futuras da produção de documentos em determinada área do conhecimento. Além de que as informações relacionadas às taxas de crescimento e tendências (como por exemplo, estatísticas sobre os países de origem, temas, estruturas, métodos, locais de publicações, entre outras) podem apontar fragilidades ou áreas possíveis de melhoria.

Eu suma, espera-se que com o desenvolvimento desta pesquisa seja possível contribuir para o fortalecimento das pesquisas em CAI.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação foi elaborada em cinco capítulos.

No presente capítulo, é feita a contextualização do tema, abordando os assuntos inovação, PDP, Inovação Auxiliada por Computador e bibliometria, para que propicie uma visão geral do trabalho. Além de apresentar o problema de pesquisa, os objetivos e justificativa.

O capítulo 2 apresenta a definição e contexto da inovação tecnológica, as considerações da literatura referente à questão da Inovação Auxiliada por Computador, PDP, TRIZ e Bibliometria.

No capítulo 3, é demonstrada a metodologia de pesquisa, expondo e justificando o método de pesquisa empregado, além de detalhar a sequência de atividades para a sua execução.

A apresentação e discussão dos resultados são feitos no capítulo 4.

A conclusão e as recomendações para trabalhos futuros encontram-se no capítulo 5.

2 INOVAÇÃO AUXILIADA POR COMPUTADOR (CAI)

Neste capítulo, são apresentados os conceitos, definições e inter-relações entre os seguintes temas: Inovação Auxiliada por Computador e TRIZ, além de serem abordados as suas origens, aplicações e tendências. Esta revisão busca mostrar e compreender os pontos de vista de diversos pesquisadores sobre o CAI no contexto do PDP e da TRIZ, pois estas ferramentas e métodos contribuem para um processo de inovação de produto mais eficiente, eficaz e rápido.

Desta forma, este capítulo busca uma fundamentação teórica que serve de suporte para todo o restante do trabalho.

2.1 Teoria da Solução Inventiva de Problema (TRIZ)

Os princípios básicos de funcionamento de alguns tipos importantes de CAIs existentes no mercado são baseados na TRIZ, o que torna fundamental entender os conceitos e estrutura da mesma.

De acordo com De Carvalho (1999), a TRIZ apresenta uma abordagem diferenciada dos vários métodos de apoio à solução criativa de problemas, tais como *brainstorming*, *lateral thinking* e o *synectics*, entre outros métodos intuitivos e a análise e síntese funcional, o método morfológico e a análise sistemática entre os métodos sistemáticos.

2.1.1 Origem e objetivo da TRIZ

De Carvalho (2007) destaca a TRIZ como sendo uma metodologia heurística, voltada ao ser humano e fundamentada em conhecimento, para resolução de problemas inventivos.

A TRIZ foi desenvolvida por Genrich S. Altshuller, nascido na antiga União Soviética em 1926. TRIZ é uma sigla russa internacionalmente reconhecida para *Teorija Resenija Isobretatelskih Zadac*, a qual pode ser traduzida como Teoria da Solução Inventiva de Problemas. Para construí-la, Altshuller e outros, pesquisaram em mais de um milhão de patentes, procurando levantar os problemas inventivos e como eles foram solucionados. Os resultados demonstraram que a maioria das patentes levantadas possuía um grau de inovação baixo e em muitos casos, continha apenas algumas melhorias no produto existente. Então Altshuller constatou que era necessário desenvolver um método que realmente pudesse auxiliar na geração de soluções realmente inventivas. Segundo o autor, a teoria da invenção deveria satisfazer as seguintes condições (Rozenfeld *et al.*, 2006):

- ser sistemática, apresentando os procedimentos passo a passo;
- ser um guia, sem restringir o espaço da solução ideal;
- apresentar repetibilidade, confiabilidade e não depender de ferramentas psicológicas;
- permitir acesso ao corpo de conhecimento inventivo;
- permitir adicionar ao corpo conhecimento inventivo; e
- ser bastante familiar aos inventores.

2.1.2 A essência da TRIZ

Pesquisando patentes, Altshuller analisou os problemas, as contradições e as soluções e desenvolveu uma teoria que visa a busca por soluções de problemas inventivos. E, dentre os vários métodos e princípios para a solução de problemas, pode-se considerar a essência da TRIZ os seguintes (SREEBALAJI; SARAVANAN, 2009):

- os 40 princípios inventivos;
- os 39 parâmetros de engenharia;
- a matriz de contradição;
- os 76 padrões inventivos;

- os padrões de evolução dos sistemas técnicos;
- os efeitos científicos;
- o ARIZ (Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas).

Os princípios inventivos (PIs) são heurísticas ou sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Esses princípios foram obtidos através de generalizações e agrupamento de soluções repetidamente utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas. O método dos princípios inventivos é o mais difundido da TRIZ (DE CARVALHO, 1999).

O uso direto dos princípios inventivos é a forma mais simples de utilização, que consiste basicamente da análise de cada um dos PIs e a tentativa de aplicá-lo para a melhoria do sistema técnico.

Os parâmetros de engenharia correspondem a grandezas genéricas, presentes em problemas técnicos de diferentes áreas.

Outra forma de aplicação dos princípios inventivos envolve a identificação de contradições, a modelagem das mesmas em termos de parâmetros de engenharia conflitantes, o uso da matriz de contradição (MC) para identificar os PIs com maior potencial e sua aplicação (DE CARVALHO, 1999).

A aplicação destes princípios é feita em uma matriz com 39 colunas e linhas. Esses parâmetros aparecem na MC como as propriedades de uma contradição técnica, formando sistema em termos padronizados, como por exemplo, velocidade e segurança, massa e força.

Como resultado da análise de milhares de patentes, a MC mostra os princípios inventivos que são mais suscetíveis de resolver a contradição técnica formulada. Embora nem todas as células da MC sejam preenchidas, ainda é possível ela fornecer mais de 1.200 princípios de solução para as contradições técnicas, reduzindo consideravelmente o âmbito da pesquisa para apenas os conceitos de solução mais apropriados (LIVOTOV, 2008). Na Figura 2.1, é demonstrado um exemplo da MC.

Quais propriedades do sistema mudaram para pior?		1	...	27	28	...	39
		Peso do objeto em movimento	...	Confiabilidade	Precisão de medição	...	Capacidade ou complexidade
Propriedades do sistema para mudar ou melhorar		Peso do objeto em movimento	...	Confiabilidade	Precisão de medição	...	Capacidade ou complexidade
1	Peso do objeto em movimento			3,11 1,27	28,27 35,26		35,3 24,37
...	...						
9	Velocidade	2,28 13,38		11,35 27,28	28,32 1,24		
10	Força	8,1 37,18		3,35 13,21	35,10 23,24		3,38 35,37
...	...						
39	Capacidade ou complexidade	35,26 24,37		1,35 10,38	1,10 34,28		

Figura 2.1 - Pesquisa de soluções utilizando matriz de contradição
Fonte: Livotov (2008, p. 12)

Os quarenta princípios inventivos e a matriz de contradição são uma das ferramentas mais simples da TRIZ. A análise de tarefas mais complexas revelou que eles só poderiam ser resolvidos através da utilização simultânea de vários princípios deste tipo, em conjunto com diversos efeitos físicos. Tal combinação particularmente eficaz de princípios e efeitos, forma o sistema de soluções padrões de problemas inventivos, chamado os **76 padrões inventivos** (LIVOTOV, 2008).

Esses 76 padrões inventivos são classificadas em 5 classes e 18 grupos:

- **classe 1:** síntese e transformação dos sistemas técnicos;
- **classe 2:** aumento da eficiência dos sistemas técnicos;
- **classe 3:** estágio de evolução dos sistemas técnicos;
- **classe 4:** medição e detecção em sistemas técnicos;
- **classe 5:** assistência na aplicação dos padrões.

ARIZ

ARIZ é o acrônimo russo para Algoritmo para a Solução Inventiva de Problemas. O ARIZ trata-se de uma sequência detalhada de ações para problemas considerados de solução difícil.

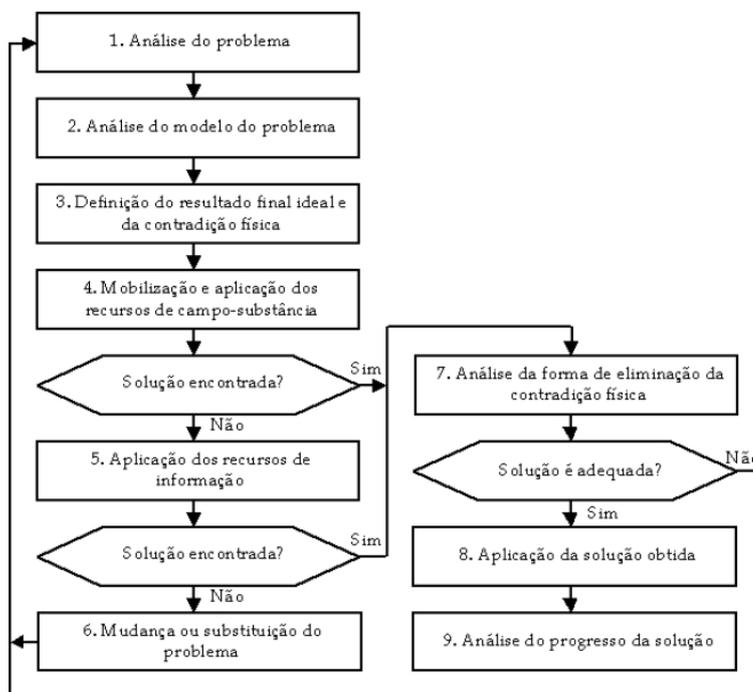


Figura 2.2 - Estrutura do ARIZ-85V

Fonte: De Carvalho (2007, p. 124).

Diversas versões do ARIZ foram desenvolvidas desde 1956. A última versão desenvolvida por Altshuller é de 1985 (ARIZ-85V), cuja é mostrada na Figura 2.2. Cada item da estrutura apresentada na figura desdobra-se em diversos subitens (DE CARVALHO, 2007).

Campos de Aplicação da TRIZ

No Quadro 2.1 são mostradas relações entre os campos de aplicação e as ferramentas e métodos da TRIZ de forma resumida.

Nº	TRIZ - Ferramentas e Métodos	Campos de Aplicação
1.	40 Princípios Inventivos para eliminar as contradições técnicas; sistema de aplicação na forma de Matriz de Contradição.	Tarefas com dificuldades simples a moderadas, recomendada aos iniciantes em TRIZ.
2.	Sistema de 76 Padrões Inventivos para solucionar problemas técnicos.	Tarefas simples a difíceis.
3.	Técnicas passo a passo ou algoritmos para soluções de problemas inventivos (ARIZ).	Problemas de dificuldade extrema.
4.	Análise Su-campo de sistemas técnicos.	Ferramentas para os métodos nº 2 e 3.
5.	Princípios de separação para a eliminação de contradições físicas.	Ferramenta ARIZ (nº 3).
6.	Métodos de análise de recursos de sistemas.	Ferramentas para os nº 2 e 3.
7.	Base de dados para efeitos físicos, químicos, geométricos e outros efeitos e suas aplicações técnicas.	Base de conhecimento da TRIZ; ferramentas para componentes nº 1 a 5.
8.	Padrões de Evolução de Sistemas Técnicos.	Previsão para o desenvolvimento de sistemas técnicos, criação de barreiras de patentes.

Quadro 2.1 - Resumo das ferramentas da TRIZ e os campos de aplicação

Fonte: Livotov (2008, p. 8).

Devido aos diversos sistemas CAI serem baseados na metodologia TRIZ, principalmente os sistemas com arquitetura de programa mais complexa, torna-se fundamental o entendimento desta metodologia, para se ter uma visão melhor de seus princípios de funcionamento.

2.2 Inovação Auxiliada por Computador (CAI): conceitos, aplicações e tendências

O aumento da complexidade dos produtos, aliados à demanda do mercado por produtos mais inovadores em menor tempo, torna o processo de projeto de produto

mais difícil. O desenvolvimento de produto e processo precisa levar em conta todo o ciclo de vida do produto e evitar danos ao meio ambiente, além de facilitar o uso de novas tecnologias e princípios físicos. Um processo de inovação bem estruturado e orientado para atingir metas se tornou mandatário para o sucesso da inovação. Então, ferramentas computacionais de apoio à inovação tornaram-se o fator chave para o processo de inovação que guiarão o time de projeto através da complexidade do mercado (LEÓN, 2007).

Para Hüsigg e Kohn (2009), a inovação é fundamental para o desenvolvimento da sociedade, crescimento e sobrevivência das empresas. Também é reconhecido que a inovação é mais que invenção ou novo produto, mas um conceito complexo e multidimensional, que deve ser visto de diferentes perspectivas no seu contexto específico, para alcançar o sucesso no mercado.

De acordo com León (2007), algumas ideias e conceitos existentes do CAI focam o auxílio ao projetista de produto na fase criativa do desenvolvimento. No entanto, uma visão mais ampla concebe um sistema mais abrangente de CAI que deve estar na fase de criação de oportunidades de negócios e percebendo a demanda do cliente. Também deve oferecer suporte para o desenvolvimento de invenções e fornecer ajuda para transformar invenções em inovações de sucesso no mercado. Atualmente aceita-se que o computador terá um importante papel a desempenhar, ajudando inventores a achar direções e soluções para novos produtos e processos. Para atingir um alto desempenho na inovação de produtos e processos a Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) tem sido integrada aos sistemas CAI.

2.2.1 Origens e conceito

Num entendimento geral, questiona-se sobre que tipo de sistemas de TI podem ser denominados de CAI e que tipo de benefícios podem proporcionar. Significa que

a transparência e a comunicação no mercado de produtos CAI e no desenvolvimento de ferramentas mais sofisticadas ainda está muito confuso.

Historicamente, o CAI surgiu a partir de ferramentas computacionais que suportam a utilização da TRIZ e está ganhando reconhecimento tanto como uma metodologia sistemática para a inovação, quanto como uma ferramenta poderosa para a previsão de tecnologia. Estes produtos surgiram nos EUA no início dos anos noventa quando começou uma onda de metodologias e *software* com suporte à invenção, tornando-os cada vez mais sofisticados ao longo do tempo (HÜSIG e KOHN, 2009).

As primeiras ideias de se organizar uma Conferência Internacional sobre Inovação Auxiliada por Computador tiveram início na década passada, mas a primeira conferência só aconteceu em novembro de 2005 na Alemanha. Desde então, foram organizadas mais quatro conferências: a segunda em outubro de 2007 nos Estados Unidos, a terceira em agosto de 2009 na China, a quarta na França em junho de 2011 e a quinta em 2013 na China. Estas conferências foram organizadas pela Federação Internacional para Processamento de Informação (IFIP - *International Federation for Information Processing*)

Para León (2007), a segunda Conferência Internacional sobre CAI, tinha o importante papel de esclarecer os fatores essenciais que caracterizam esses novos métodos e ferramentas que surgiram para preencher a lacuna entre os métodos tradicionais e as tendências atuais na busca da inovação eficiente.

Devido aos poucos anos de vida do termo CAI, ainda é muito difícil ter uma definição ou um conceito claro desta emergente tecnologia. Porém, há diversos pesquisadores ao redor do mundo, tanto no âmbito acadêmico quanto empresarial, trabalhando no desenvolvimento de ferramentas e metodologias aplicadas à Inovação Auxiliada por Computador.

Na falta de um conceito claro e único desta emergente tecnologia chamada CAI, foram pesquisadas algumas visões de pesquisadores renomados na área.

Na visão de León (2009), uma nova categoria de ferramentas conhecida como CAI é um domínio emergente na matriz das tecnologias CAX. Algumas ideias e conceitos iniciais do CAI focavam em auxiliar os projetistas nas fases iniciais de projeto, mas agora uma visão mais abrangente concebe um sistema atuando desde o início, percebendo oportunidade de negócio e demanda dos clientes, em seguida, continuando durante a fase criativa do desenvolvimento de invenções e, mais adiante, oferecendo ajuda até o ponto de transformar invenções em inovações de sucesso no mercado. O objetivo dessas novas ferramentas de CAI no desenvolvimento de produtos é ajudar inovadores, inventores, projetistas, desenvolvedores de processo e gerentes em seu desempenho criativo, com a expectativa de mudança de paradigma através da utilização desta nova categoria de ferramentas.

Também são apontadas por León (2009) algumas áreas que estão sendo pesquisadas em CAI, como segue:

- esclarecimento do papel das ferramentas do CAI;
- apoio aos esforços de inovação com métodos e ferramentas computacionais;
- apoio ao ambiente de trabalho do engenheiro, com foco em todo o processo de criação de produto com métodos e ferramentas para garantir a viabilidade e o sucesso das inovações em todos os estágios do processo de desenvolvimento de novos produtos;
- aspectos organizacionais, tecnológicos e cognitivos da aplicação de métodos e ferramentas CAI;
- avaliação da eficácia e eficiência dos métodos e ferramentas do CAI;
- fundamentos teóricos do CAI.

Para Hüsigg e Kohn (2009), o CAI é visto através da perspectiva do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), baseado numa compreensão holística do processo de inovação e seu apoio pela Tecnologia da Comunicação e Informação

(TIC). Nas fases iniciais de criação e nas atividades empresarias do PDP, programas padrão de escritório são usados como apoio. Essa lacuna deixada pela TIC é a área de aplicação e campo crescente do CAI, o qual é um termo emergente para *software* de apoio no processo de inovação que não se concentra apenas no projeto detalhado, projetos orientados e atividades tecnológicas do PDP. Embora decorrente da fase de invenção, do começo do processo de desenvolvimento de produto, uma visão abrangente concebe os sistemas CAI que integram todo processo de inovação de forma holística. O objetivo final do CAI é apoiar as empresas em todo o processo de inovação e integrar os sistemas TIC aos processos da empresa. No entanto, há um debate em curso sobre a conceituação teórica e empírica do termo CAI.

Outra abordagem é a de Cavallucci (2011). Para ele, a era industrial entrou na sua terceira fase, a da inovação, que sucede a primeira, a da produção e a segunda, da qualidade. Na Figura 2.3, são mostradas essas três eras e seus desafios.

O mundo da padronização já percebeu a necessidade de padronizar e medir a inovação. No entanto, isto ainda não ocorreu, porque só faz sentido se as ferramentas computacionais tiverem sido suficientemente desenvolvidas para lidar com essa evolução. Enquanto a era da qualidade viu o surgimento e firme ancoragem das várias ferramentas em nossas práticas industriais, a era da inovação ainda é centrada na investigação nas áreas de marketing e gestão (CAVALLUCCI, 2011).

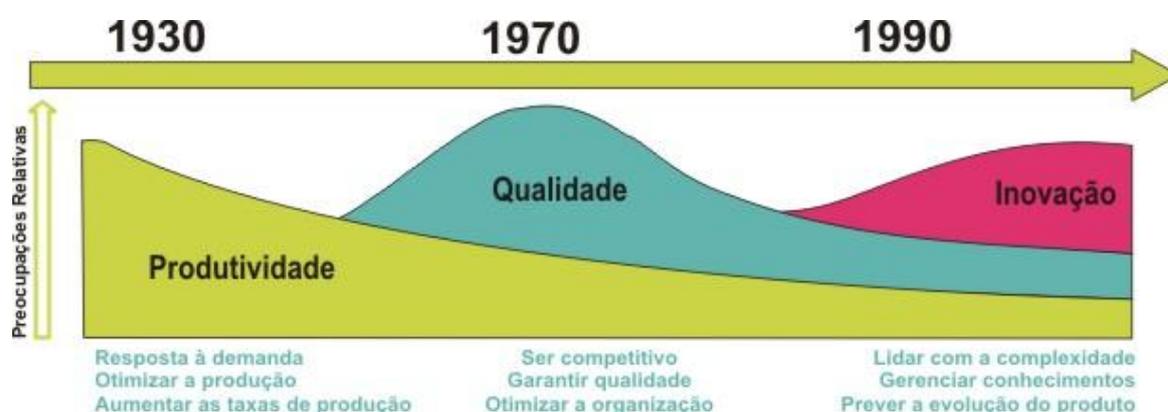


Figura 2.3 - As 3 eras da indústria e as dificuldades enfrentadas

Fonte: Cavallucci (2011, p. 378).

2.3 Modelo de maturidade do CAI e o PDP

Para Kohn e Hüsigg (2009), modelos de maturidade tipicamente consistem de uma coleção de estruturas de elementos que descrevem certos aspectos da maturidade de uma organização. Um modelo de maturidade pode ser usado como referência para avaliar diferentes organizações e para a comparação, e é frequentemente organizado em etapas ou níveis hierárquicos. Atualmente, esta abordagem está se tornando popular para os futuros desenvolvimentos no campo de CAI. Estes modelos podem ter uma grande importância, de duas formas:

- um modelo de maturidade do CAI poderia fornecer uma orientação para futuras estratégias, tanto dos desenvolvedores quanto dos fornecedores de CAI, além de servir de guia de compra ou de implementação de decisões pelos usuários;
- estes modelos também podem ser interligados com os processos de gestão do PDP, enfatizando assim, uma abordagem mais holística para o desenvolvimento do sistema CAI.

Uma vez que a maioria das ferramentas CAI são direcionadas a uma tarefa explícita do PDP ou uma etapa do processo, é essencial selecionar cuidadosamente e combinar a ferramenta certa com o método adequado e a tarefa certa, uma vez que a ferramenta CAI não é uma solução completa. Mesmo nestes casos, o nível de maturidade do sistema PDP deve ser analisado, para fornecer uma correspondência adequada entre o CAI e o PDP.

Kohn e Hüsigg (2009) defendem que deva haver uma correspondência entre os modelos de maturidade do PDP e o modelo de maturidade do CAI, para haver uma integração e sinergia maior. Na Figura 2.4 é mostrado o resumo dos dois modelos.

Os estágios do PDP são vistos como uma espécie de caminho evolutivo natural e os estágios são chamados de “gerações”, que começam no nível mais baixo, com

um processo de PDP não gerenciado, seguido pela primeira geração chamada de “processo de revisão de fase”.

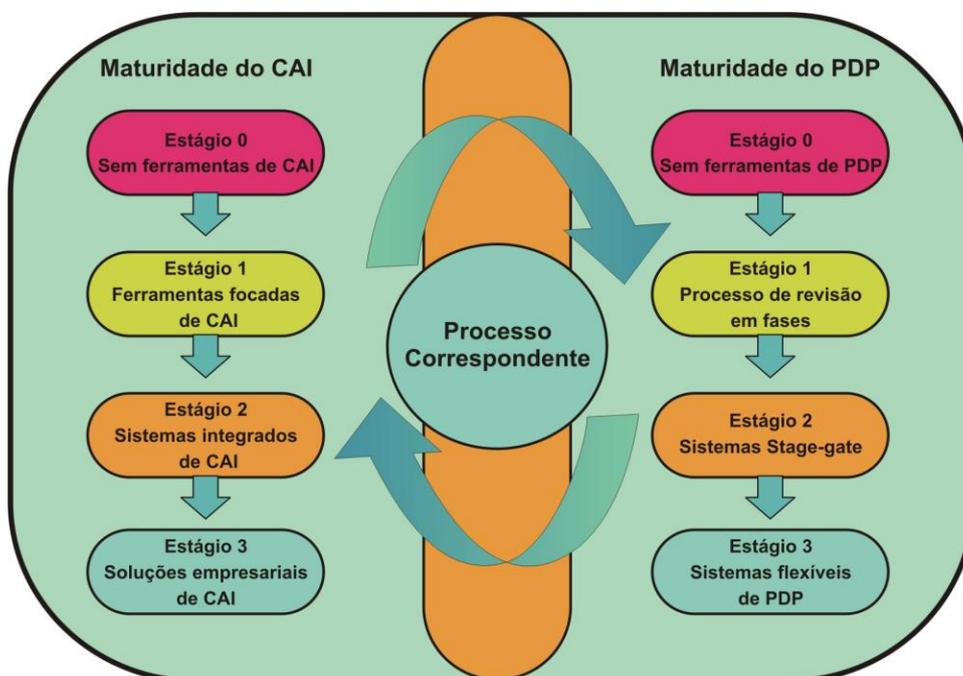


Figura 2.4 - Resumo dos modelos de maturidade do CAI e do PDP

Fonte: Hüsigg e Khon (2009, p. 8)

Como exemplo de segundo estágio, é possível citar o sistema Stage-Gate®. Empresas que utilizam este sistema podem superar os problemas dos estágios anteriores e iriam além com mecanismos multifuncionais e forte orientação para o mercado. O nível mais alto é alcançado quando as empresas implementam um processo de terceira geração, que é mais rápido e flexível.

Assim como acontece no PDP, o modelo de maturidade do CAI também segue seu caminho. O estágio “0” significa que uma organização não possui nenhuma tecnologia de informação aplicada ao PDP. No estágio 1, as pessoas estão usando ferramentas específicas focadas no PDP. Organizações na fase 2 tem soluções mais completas, que cobrem todo o processo e atividades relacionadas ao PDP. No estágio 3, o PDP é amplamente capturado pelo sistema de TI, havendo integração do PDP através de diferentes unidades de negócios e a inclusão de parceiros externos, tais

como clientes e fornecedores num sistema CAI. Nestes modelos de maturidade os estágios também são vistos como uma espécie de caminho da evolução natural ao longo do qual uma organização tem para prosseguir. Portanto, este modelo sugere uma introdução gradual das ferramentas CAI em relação ao estágio atual.

2.4 Categorias e tendências de sistemas CAI

2.4.1 Categorias dos sistemas CAI

Um passo inicial para construir um esquema de categorização para aumentar a transparência no campo de CAI e para estabelecer uma base para novas pesquisas, foi feita por Hüsigg e Kohn (2009).

Esta categorização se divide em três categorias principais, que representam importantes campos de atividades no processo de inovação e são apoiados frequentemente por ferramentas atuais do CAI. Esta pesquisa foi feita com mais de cento e cinquenta produtos CAI e destes, cento e quinze foram categorizados.

Primeiro, existe uma categoria denominada "Gestão Estratégica". Os produtos deste grupo tem em comum: o fato de ajudar os gestores de inovação a lidar com questões estratégicas, como gestão de portfólio ou cenário.

Outra categoria é chamada de "Gestão de Ideias". Este grupo gerencia a linha de frente (FFE) do processo de inovação, ou seja, a geração de ideias, coleta de ideias e a avaliação de ideias.

A terceira e última categoria trabalha com a importante questão da "Gestão de Patentes". O papel das patentes no processo de PDP é duplo. Em primeiro lugar, as patentes podem ser usadas para proteger as invenções e, em segundo, as patentes podem ser usadas para estimular invenções.

Na Figura 2.5, abaixo é mostrado o esquema desta categorização.

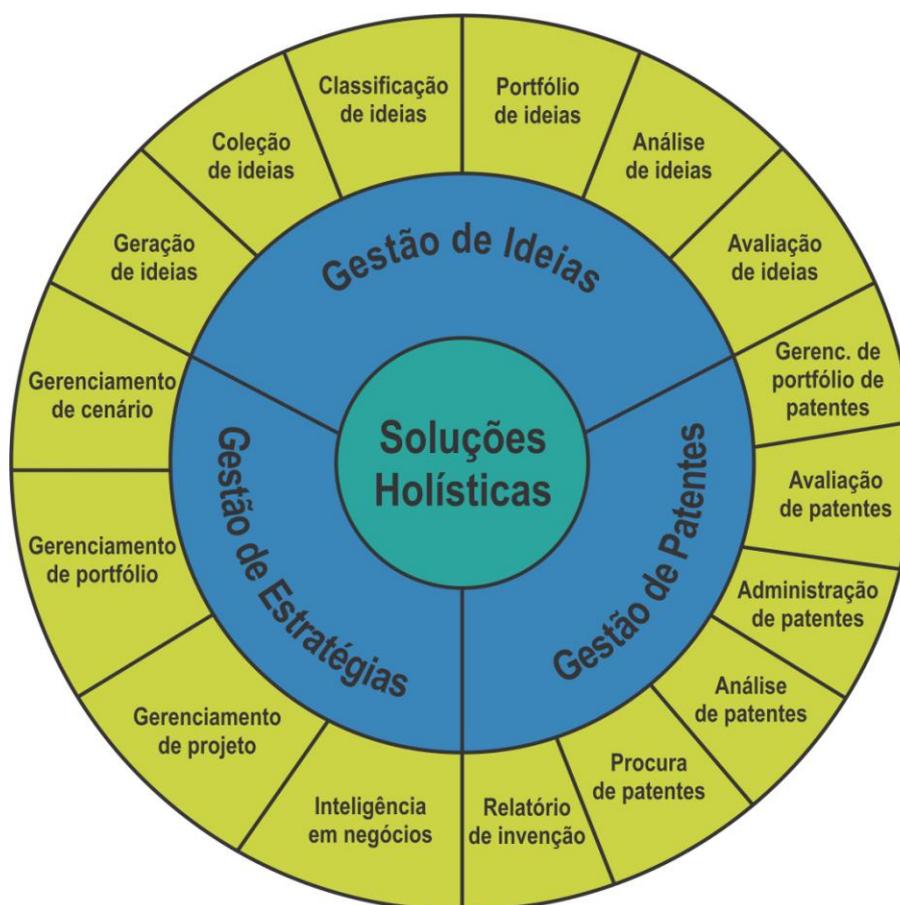


Figura 2.5 - Círculo de inovação
 Fonte: Hüsigg e Khon (2009, p.7)

Kohn e Hüsigg (2007) concluíram que estas categorias deveriam representar uma abordagem holística e compreensiva do termo CAI, ajudando a melhorar a transparência no mercado de produtos CAI.

2.4.2 Principais tendências dos sistemas CAI

Houve um grande crescimento no desenvolvimento da Tecnologia da Informação e Comunicação aplicada às atividades do PDP. As pesquisas mais abrangentes sobre o fornecimento de sistemas CAI disponíveis no mercado, foram fornecidos por Kohn e Hüsigg (2009). Eles usaram o esquema de categorização e

através de uma análise estatística dos dados de mercado, revelaram que a oferta existente de produtos de CAI não são distribuídas de forma homogênea ao longo destas categorias. Na Figura 2.6, é mostrada a distribuição dos produtos CAI em suas categorias.

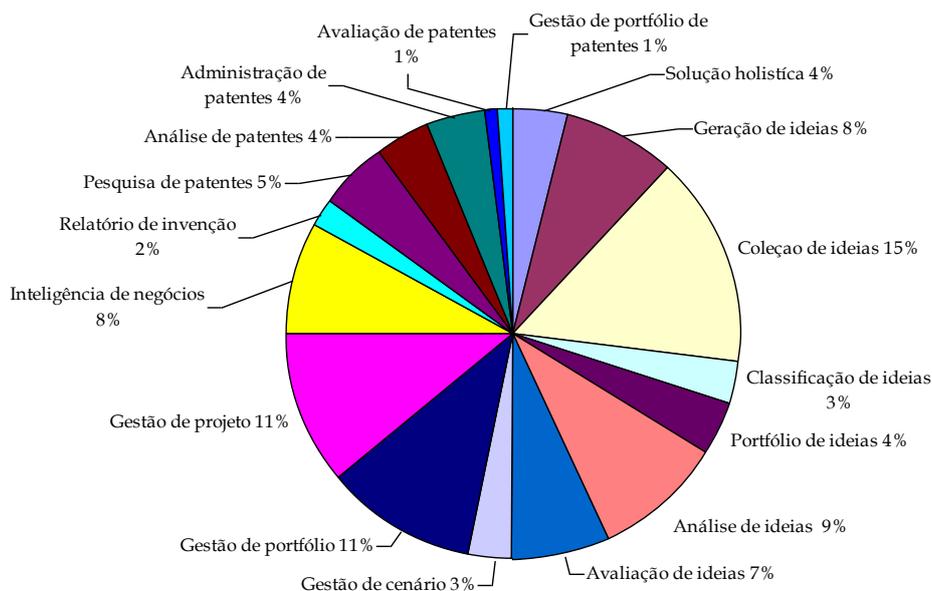


Figura 2.6 - Porcentagem das ferramentas CAI no mercado de acordo com suas categorias
 Fonte: Hüsigg e Khon (2009, p. 10).

Uma análise estatística mostra que quase metade de todas as ferramentas de CAI (46%) estão na categoria de “Gestão de Ideia”, enquanto a categoria “Gestão de Estratégia” possui 33% dos produtos e, a categoria “Gestão de Patente” possui apenas 17% dos produtos. A categoria “Solução Holística” ainda está subdesenvolvida, com apenas 4% de produtos no mercado.

O mercado de produtos CAI parece estar em uma fase de desenvolvimento interessante. Um grande número de ferramentas são oferecidas por um grande número de fornecedores, sendo que a maioria deles são pequenos. A SAP AG, uma das maiores produtoras de *software* do mundo, entrou no mercado recentemente com

uma abordagem do PLM (*Product Lifecycle Management*). Isso mostra o potencial de mercado e pode ser um sinal de partida para uma fase de consolidação. Porém, duas estratégias diferentes foram encontradas no mercado de CAI: modular contra soluções integradas. A estratégia modular consiste de produtos que estão focados em uma tarefa especial do processo de inovação, como a busca de patente ou de geração de ideias. A segunda estratégia consiste em ferramentas que tentam cobrir todo o processo de inovação e dar apoio em cada parte com módulos diferentes. Estes tipos de produtos lutam por um maior grau de integração com outras atividades de inovação e sistemas (HÜSIG; KOHN, 2009).

2.4.3 Posicionamento das publicações em CAI

Cavallucci (2011) fez um estudo com 121 artigos publicados na área de CAI, para identificar quais fases do PDP possuem mais contribuições. Para fazer este posicionamento o autor adotou o modelo de processo Stage-Gate, que é considerado como um dos modelos de processos mais acabados e um dos mais utilizados nas empresas que inovam. O processo Stage-Gate é estruturado de maneira a gerenciar todo o desenvolvimento de um novo produto, desde a ideia inicial até o lançamento no mercado. Este processo é dividido em seis estágios (*Stages*) consecutivos, separados por pontos de avaliação e decisão (*Gates*). Os estágios e pontos de decisão a serem adotados devem variar de acordo com as especificidades de cada contexto empresarial e de cada tipo de projeto (DRUMMOND, 2005). Na Figura 2.7 é mostrado o processo Stage-Gate.

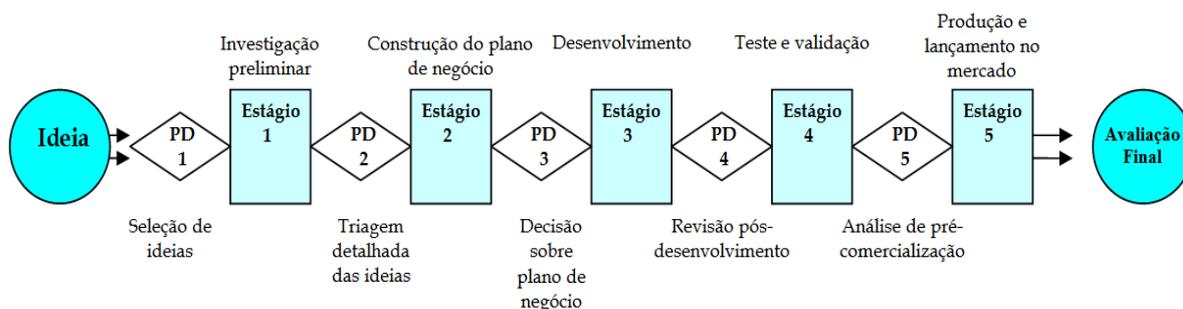


Figura 2.7 - O Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos (Stage-Gate)

Fonte: Adaptado de Cooper (1993, p.108).

Então, Cavallucci (2011) fez a classificação qualitativa do teor de cada artigo e sua potencial contribuição em alguma das fases do Stage-Gate e referenciou numa escala de valor de cinco níveis (não contribuiu para esta fase: 0; contribuiu de algum modo: 1; contribuiu pouco: 2; contribuiu mediamente: 3; contribuiu muito: 4 e contribuiu integralmente: 5).

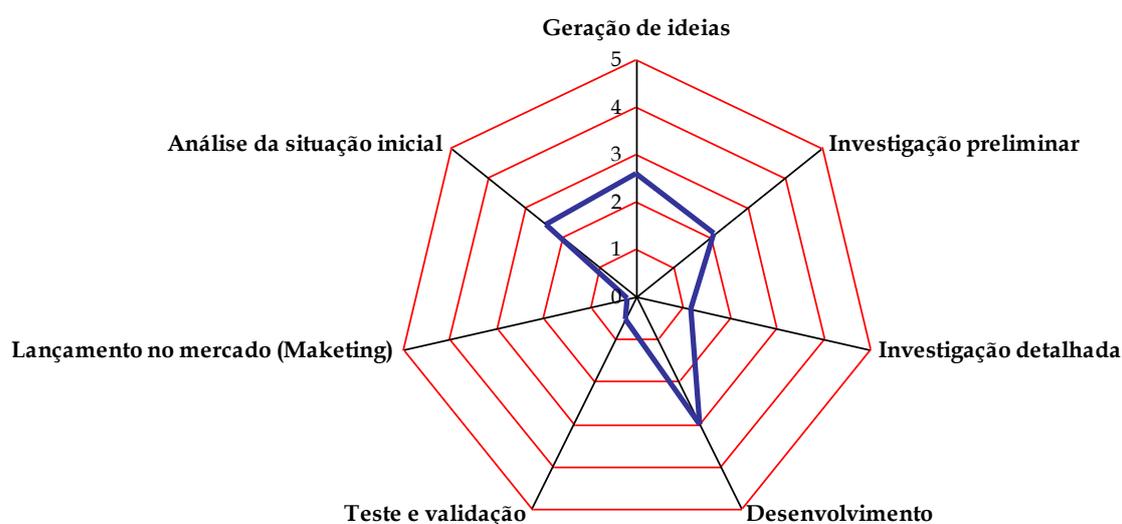


Figura 2.8 - Médias do posicionamento dos 121 artigos de CAI

Fonte: Adaptado de Cavallucci (2011, p. 381).

Após analisar os 121 artigos, a média do posicionamento dos artigos em relação às fases resultou na Figura 2.8.

Ao analisar a Figura 2.8, Cavallucci (2011) percebeu que as fases pós-projeto são pouco exploradas nos artigos. No entanto, ele argumenta que não há espaço para a inovação após um conceito ter sido validado por cálculos e desenvolvido. Notou-se também, que a fase de “teste e validação” há poucas contribuições, necessitando de desenvolvimento.

Em relação às fases iniciais, “análise da situação inicial” está presente nas contribuições, no entanto, em menor abundância que a fase de “desenvolvimento”. A

fase de “ideação” é provavelmente o campo mais lógico de relevância para a TRIZ, tanto historicamente, quanto internamente para a comunidade de CAI, que possui laços forte e evidentes com a TRIZ (CAVALLUCCI, 2011).

Desta forma, o autor fez uma síntese de como estão posicionado as publicações em CAI em relação ao processo Stage-Gate, com isto, identificando as fases que necessitam mais desenvolvimento e orientando futuras pesquisas na área.

2.5 Considerações

Ao longo deste capítulo, foram apresentados os principais conceitos de Inovação Auxiliada por Computador, além de conceitos de inovação, processo de desenvolvimento de produto, projeto conceitual e TRIZ.

Todos esses conceitos são fundamentais para caracterização e entendimento das ferramentas CAI e também contextualizam a sua importância no processo de inovação. Também foram apresentadas diversas visões de vários autores desta nova tecnologia. Estas visões se convergem, mostrando a necessidade de mais pesquisa e desenvolvimento e a importância do CAI para deixar o processo de inovação mais ágil e eficaz.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos definidos, a presente pesquisa utiliza a bibliometria para mapear e analisar as características das publicações de artigos científicos na área de *Computer Aided Innovation* (CAI) feitas nas conferências internacionais organizadas pela IFIP (International Federation for Information Processing) e nas edições especiais, sobre CAI, de revistas internacionais. O período estabelecido para a pesquisa foi de 2004 a 2013.

3.1 A bibliometria como instrumento de análise da produção científica

Pode-se considerar a ciência como um sistema de produção de informação, sendo assim, a ciência pode ser vista como uma empresa com insumos e resultados e, as medições destes insumos e resultados são feitos por meio de indicadores científicos e ter uma metodologia adequada para a formulação destes indicadores é fundamental.

A avaliação da produção científica é um processo fundamental para garantir o investimento financeiro em pesquisa e a participação da Ciência na conquista dos objetivos econômicos, sociais e políticos do país (VELHO, 1986 *apud* VANZ e STUMPF, 2010). Quanto mais produtiva é a área científica, mais rigorosa e frequente são as avaliações vigentes. Os processos de avaliação se baseiam, principalmente, em duas metodologias: a avaliação qualitativa, feita pelos pares, fortemente ancorada na reputação adquirida pelo avaliado; e a avaliação quantitativa, baseado em métodos bibliométricos e cientométricos (VANZ e STUMPF, 2010).

Para Silva (2004), a expansão da ciência e da tecnologia trouxe a necessidade de avaliação e acompanhamento do desenvolvimento e dos avanços alcançados pelas diversas áreas do conhecimento. Existem diversas formas de avaliar a ciência e os

fluxos de informações, dentre os quais pode-se citar: a bibliometria, a cientometria, a infometria e a webmetria. Cada uma destas técnicas quantitativas busca características diferentes para medir e analisar a difusão do conhecimento científico.

Contudo, ao analisar a produção científica de determinada área contribui-se de maneira eficaz para a análise do desempenho e melhoria da eficiência dos sistemas nacionais de ciência, tecnologia e inovação.

O termo bibliometria foi explorado pela primeira vez por Otlet em 1934, mas foi somente em 1969 que Alan Pritchard sugeriu a substituição do termo “bibliografia estatística” pelo termo bibliometria. Definiu-se então bibliometria como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos de livros e outros meios de comunicação, aconselhando sua utilização em todos os estudos que buscam quantificar o processo de comunicação escrita (BUFREM e PRATES, 2005).

Para Castro (1997), a bibliometria é um método quantitativo utilizado para medir e analisar o conhecimento científico e afirma que, as vantagens deste método de avaliação consistiriam em amenizar os elementos de julgamento e produzir resultados quantitativos, que tendessem a ser a soma de muitos pequenos julgamentos realizados por várias pessoas. Como uma grande parte da produção científica torna-se conhecida através da sua publicação, fica mais fácil a avaliação das atividades de pesquisa por meio desta.

Já para Vanti (2002), a bibliometria é um conjunto de métodos de pesquisas em constante evolução, desenvolvido pela biblioteconomia e pelas ciências da informação, que utiliza análises quantitativas, estatísticas e visualização de dados, fundamentalmente usados para mapear a estrutura do conhecimento de um campo científico, e também como uma ferramenta primária para a análise do comportamento dos pesquisadores em suas decisões na construção desse conhecimento.

Finalmente, uma das definições mais utilizadas em bibliometria é de Pritchard (1969), que diz “todos os estudos que tentam quantificar os processos de comunicação escrita”.

3.1.1 Principais leis da bibliometria

As principais leis bibliométricas são: Lei de Bradford (produtividade de periódicos), Lei de Lotka (produtividade científica de autores) e Lei de Zipf (frequência de palavras).

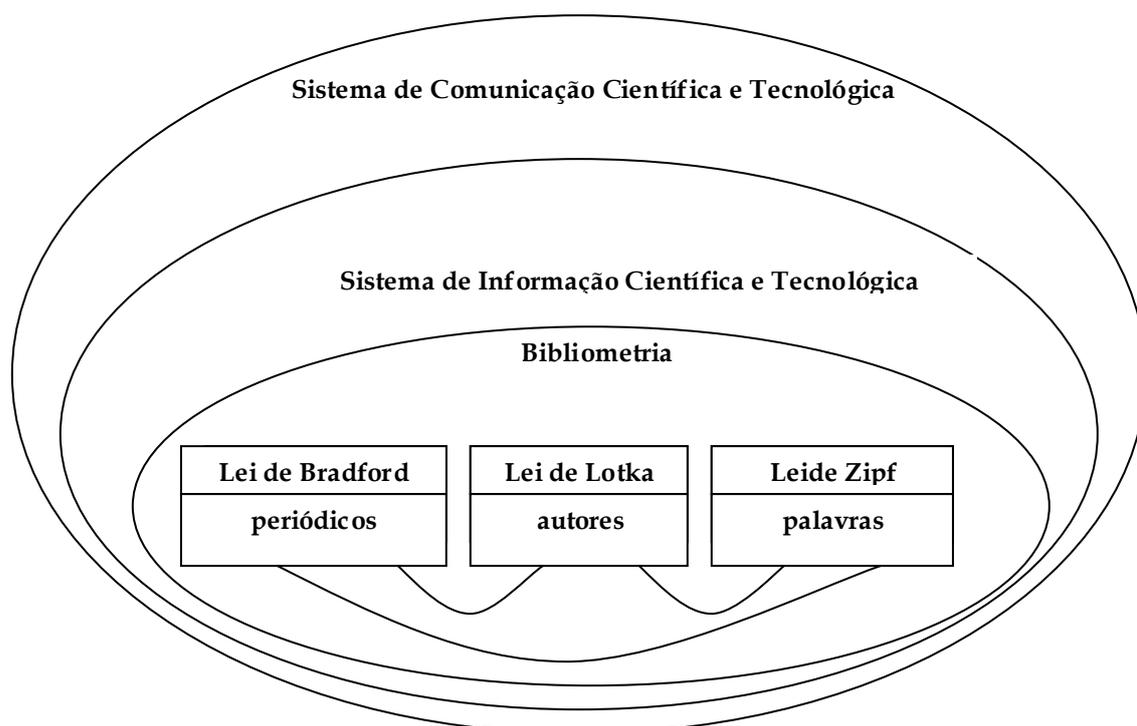


Figura 3.1 - Principais leis da bibliometria, seus focos de estudos e suas relações com os sistemas comunicação e de informação científica e tecnológica

Fonte: Adaptado de Guedes e Borschiver (2005).

Na figura 3.1, são representadas as três principais leis bibliométricas e seus respectivos focos de estudos, considerando-as inseridas em um sistema de informação científica e tecnológica e este, num sistema de comunicação científica e tecnológica.

Além destas três leis, acrescentam-se outros estudos, que apesar de não serem considerados leis, configuram o corpo de interesses dos cientistas da informação, a saber: a Lei de Goffman, que descreve a difusão da comunicação escrita como

processo epidêmico; a Frente de Pesquisa ou Elitismo, que descreve como uma seleta pequena parte da literatura mais recente, sendo esta relacionada remota e aleatoriamente a uma parte maior da literatura e mais antiga e; a Obsolescência/Vida média/Idade da literatura, que descreve a queda da validade ou utilidade de informações no decorrer do tempo (URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, 1984).

3.1.1.1 *Lei de Bradford*

A Lei de Bradford trata da dispersão da literatura periódica científica e enuncia que “se periódicos científicos forem ordenados em ordem decrescente de produtividade de artigos sobre determinado assunto, poderão ser divididos em um núcleo de periódicos mais particularmente dedicados ao assunto e em vários grupos ou zonas, contendo o mesmo número de artigos que o núcleo. O número de periódicos (n), no núcleo e zonas subsequentes, variará na proporção 1:n:n² [...]” (PINHEIRO, 1989, p. 4).

Esta lei sugere que, no momento em que os primeiros artigos sobre um novo assunto são desenvolvidos, eles são submetidos a uma pequena seleção, por periódicos apropriados e se aceitos, estes periódicos atraem mais e mais artigos no decorrer do desenvolvimento do assunto de uma determinada área. Ao mesmo tempo, outros periódicos publicam seus primeiros artigos sobre o assunto. Se o assunto continua a se desenvolver, surge eventualmente um núcleo de periódicos, que corresponde aos periódicos mais produtivos em termos de artigos, sobre tal assunto (GUEDES e BORSCHIVER, 2005).

Bradford originalmente encontrou três zonas de produtividade e utilizou um gráfico semi-logarítimo para ilustrar a lei, cuja a curva tem forma de “S”. O autor também definiu e estabeleceu limites para a produtividade de periódicos (PINHEIRO, 1989):

- a) aqueles que produzem mais de quatro referências por ano;
- b) os que produzem entre uma e quatro referências anualmente; e

c) os que produzem uma ou menos referência por ano.

Na visão de Bradford, as revistas da terceira categoria, designadas C, são pouco significativas para o assunto, por estarem ligadas ao assunto muito remotamente.

De modo geral, os pesquisadores apontam a existência de ambiguidade, de disparidade e de incoerência entre a formulação teórica e a aplicação prática. Tanto que, na sua revisão, Drott (1982) separa os aspectos empíricos dos teóricos e afirma que nenhuma das variáveis próprias da situação empírica têm sido relacionada ao modelo teórico, mostrando a necessidade de um maior número de estudos sobre a Lei de Bradford.

No entanto, foi Brookes (1969) quem, apesar de sua posição crítica em relação à Lei de Bradford, mostrando a sua fragilidade teórica e as interpretações em desacordo com Bradford, reconhece que: “é o único meio disponível para a racionalização e maior economia no planejamento e organização de sistemas de informação e serviços de bibliotecas, reduzindo a desordem quantitativa da documentação científica”.

Para Guedes e Borschiver (2005), a Lei de Bradford é um instrumento útil para o desenvolvimento de políticas de aquisição e de descarte de periódicos, em nível de gestão de sistemas de recuperação da informação, gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico. Por meio dela, é possível estimar a magnitude de determinada área bibliográfica e o custo de toda e qualquer fração específica da bibliografia, no todo.

3.1.1.2 Lei de Lotka

A Lei de Lotka, relacionada à produtividade de autores é fundamentada na premissa básica de que alguns pesquisadores publicam muito e muitos publicam pouco e, enuncia que a relação entre o número de autores e o número de artigos publicados por estes, em qualquer área do conhecimento científico, segue a lei do inverso do quadrado $1/n^2$ ou lei de Lotka. Ou seja, em um dado período de tempo,

analisando um número n de artigos, o número de cientistas que escrevem dois artigos seria igual $\frac{1}{4}$ do número de cientistas que escrevem um (GUEDES e BORSCHIVER, 2005).

Alvarado (2008) relata que Lotka, em 1926, ao analisar a literatura da física e da química, percebeu que estes documentos e seus respectivos autores estavam em uma curva de distribuição de frequência e isso revela, aparentemente, uma relação monotônica negativa entre estas duas variáveis. Ou seja, quando o número das produções (contribuições) aumenta, o número de autores (contribuintes) diminui. Então, Lotka estabeleceu os fundamentos estatísticos de seu modelo, afirmando que o número de autores que totalizam n contribuições, em determinado campo científico, é aproximadamente $1/n^2$ daqueles que fazem uma só contribuição, e que a proporção daqueles que fazem uma só contribuição é de aproximadamente 60%.

Desde que Lotka estabeleceu esse modelo, muitos estudos têm sido realizados para pesquisar a produtividade dos autores em distintas disciplinas. Até dezembro de 2000, cerca de 250 trabalhos (compreendendo artigos, monografias, capítulos de livros, comunicações em congresso e literatura cinzenta) tinham sido produzidos, criticando, replicando ou reformulando este modelo bibliométrico (URBIZAGÁSTEGUI e LANE, 2002).

Apesar das numerosas pesquisas realizadas sobre o assunto, os resultados ainda são contraditórios ou inconclusos e parecem não proporcionar uma clara validade desta Lei. Alvarado (2008) relata que, em muitos casos, os resultados destes estudos são incomparáveis, devido à falta de padronização da forma de medição, da estimação dos parâmetros, dos procedimentos dos testes, bem como da interpretação do modelo.

Alvarado (2008), também impõe algumas discordâncias relacionadas às três possíveis formas de realizar a contagem relativa a autorias múltiplas: a contagem direta, quando somente os autores principais (os autores nomeados em primeiro lugar) são considerados, ignorando-se os autores secundários (colaboradores); a contagem completa, em que cada autor (principal e secundário) recebe o crédito de uma contribuição; e a contagem ajustada, quando se atribui a cada autor (principal e

secundário), uma fração da contribuição total, ou seja, no caso de cinco autores de um único artigo, cada autor recebe o crédito de $1/5$ do artigo. O autor ressalta também que a contagem direta e ajustada não produz diferenças essenciais e que deve-se prestar mais atenção à contagem direta.

No entanto, Alvarado (2008) comenta que, no geral, os autores concordam para uma correta aplicação do modelo de Lotka, deve-se seguir as seguintes recomendações:

a) selecionar um campo específico de produção científica. Quanto mais específico o campo, melhor o resultado;

b) selecionar uma bibliografia existente ou elaborar uma bibliografia sobre o campo específico cuja cobertura seja exaustiva. Quanto mais extensa e exaustiva melhor. Sugere-se que a cobertura dessa bibliografia seja maior ou igual a dez anos;

c) contar a produtividade de cada autor, considerando-se também os co-autores. Isso significa que deve-se adotar o método da contagem completa;

d) ordenar os dados coletados em uma tabela de frequências para facilitar a visualização dos mesmos;

e) selecionar o modelo estatístico mais adequadamente sugerido pelos dados tabulados;

f) calcular os valores esperados ou teóricos, seguindo as especificações do modelo estatístico escolhido;

g) estabelecer as hipóteses a serem testadas e a região de rejeição dessas hipóteses no nível de significância de $\alpha = 0.05$;

h) testar a qualidade do ajuste dos dados, usando-se o teste do Qui-quadrado ou Kolmogorov-Smirnov.

Na gestão da informação, do conhecimento e planejamento científico e tecnológico, a Lei de Lotka tem aplicabilidade na avaliação da produtividade de pesquisadores, na identificação dos centros de pesquisa mais desenvolvidos em dada área de assunto, e no reconhecimento da solidez de uma área científica. Ou seja, quanto mais solidificada estiver uma ciência, maior probabilidade de seus autores

produzirem múltiplos artigos, em dado período de tempo (GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

3.1.1.3 *Lei de Zipf*

A Lei de Zipf, formulada em 1949, é também conhecida como Lei do Mínimo Esforço, e descreve a relação entre palavras num determinado texto suficientemente grande e a ordem de série destas palavras (ARAÚJO, 2006).

Zipf, ao analisar a obra *Ulisses* de James Joyce, identificou uma correlação entre a quantidade de palavras diferentes e a frequência de seu uso (ARAÚJO, 2006, p. 16).

Ele descobriu que a palavra mais utilizada aparecia 2653 vezes, a centésima palavra mais utilizada ocorria 256 vezes e a ducentésima palavra ocorria 133 vezes. Zipf viu então que a posição de uma palavra multiplicada pela sua frequência era igual a uma constante de aproximadamente 26.500. Sua proposta, assim, é de que, se listarmos as palavras que ocorrem num texto em ordem decrescente de frequência, a posição de uma palavra na lista multiplicada por sua frequência é igual a uma constante.

Segundo Vanti (2002), a Lei de Zipf consiste em medir a frequência do aparecimento das palavras em vários textos, gerando uma lista ordenada de termos de uma determinada disciplina ou assunto.

Zipf observou que, por meio da disposição da palavra, era possível calcular se a frequência das palavras analisadas era alta ou baixa. Isto era possível, ao colocar as palavras em ordem decrescente. Então, a palavra de maior frequência de ocorrência correspondia à primeira posição, a segunda palavra com maior número de ocorrência correspondia à segunda posição e, assim, sucessivamente. Sendo assim, as palavras de alta e baixa frequência estabelecem a primeira e a segunda Leis de Zipf (GUEDES e BORSCHIVER, 2005).

A primeira Lei de Zipf, que estabelece a alta frequência das palavras, pode ser encontrada por meio da expressão matemática: $K=R.F$, onde K é uma constante, R é a ordem das palavras e F é a frequência das palavras. Esta fórmula se aplica apenas a

palavras de alta frequência de ocorrência em um texto (GUEDES e BORSCHIVER, 2005).

A segunda Lei de Zipf ocorre quando várias palavras apresentam a mesma frequência, geralmente essas palavras correspondem à alta ordem de séries.

Esses dois comportamentos, inteiramente distintos, definem as duas extremidades da lista de distribuição de palavras de um dado texto. Assim, é razoável esperar uma região crítica, na qual há a transição do comportamento das palavras de alta frequência para as de baixa frequência (GUEDES e BORSCHIVER, 2005).

3.2 Procedimento metodológico

Para analisar a produção científica em CAI, foi adotada uma metodologia que foi dividida em seis etapas.

3.2.1 Etapa 1 - Revisão da literatura

Levantamento e revisão da literatura em inovação tecnológica de produto, processo de desenvolvimento de produto, Inovação Auxiliada por Computador e bibliometria.

Para a consolidação do conhecimento referente ao objetivo do estudo, cabe reconstruir e compreender uma lógica fundamentada na revisão da literatura que, torna-se um processo crucial para obter clareza sobre as principais questões teóricas e metodológicas ligadas ao tema escolhido.

Através da revisão da literatura, foi possível reportar e avaliar o conhecimento produzido em pesquisas prévias, destacando conceitos, procedimentos, discussões e

conclusões relevantes para este trabalho. Este trabalho abrange pesquisa em livros, artigos, dissertações, teses, portal da CAPES e sites.

3.2.2 Etapa 2 - Delimitação do tipo de produção científica

Nesta pesquisa, foram trabalhados os dados quantitativos relativos à produção científica em CAI, disponível no portal da CAPES.

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), agência do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), têm como principais atribuições, fomentar a pesquisa científica e tecnológica e incentivar a formação de pesquisadores brasileiros.

No CNPq, a produção científica está dividida de forma hierárquica, para cada item, há uma subdivisão, conforme é demonstrado no quadro abaixo:

Produção Bibliográfica	Produção Tecnológica	Produção Artístico-cultural
<ul style="list-style-type: none"> • Artigos publicados em periódicos • Livros e capítulos • Textos em jornais e revistas • Trabalhos publicados em anais de eventos • Apresentação de trabalho e eventos • Partitura musical • Prefácio, posfácio • Tradução • Outras produções bibliográficas 	<ul style="list-style-type: none"> • Assessoria e consultoria • Extensão tecnológica • Programa de computador sem registro • Produtos • Processos ou técnicas • Trabalhos técnicos • Cartas/mapas ou similares • Curso de curta duração ministrados • Desenvolvimento de material didático ou institucional • Editoração • Outras produções técnicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Artes cênicas • Músicas • Artes visuais • Outras produções artísticas/cultural

Quadro 3.1 - Detalhamento da produção científica

Fonte: Tutoriais do CNPq (2013).

Nesta pesquisa, optou-se somente por levantar os dados referentes à produção bibliográfica, mais especificamente os artigos publicados em periódicos e trabalhos publicados em anais de eventos, destacado no Quadro 3.1.

3.2.3 Etapa 3 - Delimitação da amostra e do período de estudo

Num primeiro instante, esta pesquisa objetivava fazer uma metabusca, para obter a amostra para este estudo, em grandes bancos de dados científicos, tais como o Portal de Periódicos da CAPES, Web of Knowledge e Scopus, utilizando os termos “CAI”, “*Computer-Aided Innovation*” e “*Computer Aided Innovation*”, visando identificar estes termos nos seguintes campos: palavra-chave, resumo e título, no período de 2004 a 2013. No entanto, observou-se no decorrer da pesquisa, que a maioria dos artigos sobre CAI não são identificados com estes termos, nos devidos campos. Desta forma, ficou muito difícil identificar quais eram ou não os artigos especificamente sobre o assunto. Então, para garantir fidedignidade da amostra, optou-se por outro procedimento, descrito a seguir.

Tabela 3.1 - Conferências realizadas ao longo do período (2004 - 2013)

Ano	Nome da conferência	Número de artigos
2004	Building the Information Society	6
2005	1º IFIP - Working Conference on CAI	22
2006	Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product	10
2007	2º IFIP - Trends in Computer Aided Innovation	22
2008	Computer Aided Innovation WCC	21
2009	3º IFIP - Growth and Development of Computer-Aided Innovation	35
2011	4º IFIP - Building Innovation Pipeline Through CAI	14
2013	The 4º ICSI & 5º CAI Conference	42
Total de artigos apresentados em conferências		172

Fonte: o autor.

Para definir a amostra desta pesquisa, de maneira clara e objetiva, foram levantados os artigos apresentados nas conferências realizadas sobre o assunto e também os artigos, sobre CAI, publicados em edições especiais de revistas. Desta forma, foi possível garantir que a amostra possui uma integridade com o assunto estabelecido como foco da pesquisa.

Deste de 2004 até 2013, foram apresentados 172 artigos sobre CAI nestas conferências. Neste período, houve quatro edições especiais em revistas sobre o tema CAI, como ilustrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Publicações em edições especiais de revistas (2004 - 2011)

Ano	Revista	Número de artigos
2007	International Journal of Product Development	12
2007	International Journal of Computer Application in Technology	13
2009	Computers in Industry	10
2011	Computers in Industry	10
Total de artigos publicados em revistas		45

Fonte: o autor.

A soma dos artigos apresentados em conferências e os publicados em edições especiais de revistas totaliza 217 trabalhos, sendo este o tamanho da amostra.

O período analisado é de 2004 a 2013, pois apenas em 2004 houve a primeira conferência com tópico especial em CAI, e nos anos de 2010 e 2012, não houve nenhuma edição especial de revista ou conferências.

3.2.4 Etapa 4 - Coleta e organização dos dados

Uma vez definido o tipo e o período da amostra, a coleta de dados foi feita no Portal de Periódicos da CAPES. Este foi lançado em 2000 e, rapidamente, tornou-se

um dos principais mecanismos de atualização da comunidade acadêmica e científica brasileira com a produção científica nacional e internacional. O acesso pode ser feito de qualquer terminal ligado à Internet a partir de uma instituição participante. Alunos, professores e pesquisadores podem acessar, transferir, copiar e imprimir em partes ou na íntegra, publicações dos mais conceituados centros de pesquisa do mundo. Em 2011, o acervo deste Portal contava com mais de 29 mil títulos de periódicos, com trabalhos abrangendo todas as áreas do conhecimento, disponibilizados em versão integral (CAPES, 2011).

Para realizar a coleta de dados foi utilizada a ferramenta *EndNote Web* (THOMPSON REUTERS, 2013). Esta é melhor explicada no item 3.3.1, deste capítulo.

Após a coleta de dados é necessário fazer a organização dos mesmos, pois consideradas as maiores bases de dados multidisciplinares, tanto o Scopus como a Web of Science apresentam inconsistências na grafia de nomes. Entre os problemas mais comuns estão as diferentes formas de grafia de nomes dos autores. Por exemplo, identifica-se somente a inicial do primeiro nome ou então, as iniciais de todos os nomes, ou ainda o nome por completo. As homônimas (diferentes pessoas identificadas pelo mesmo nome) são comuns nestas bases, decorrentes muitas vezes do uso do sobrenome seguido apenas de uma inicial do nome. Em relação aos nomes das instituições, os problemas se referem à grafia das instituições em diferentes línguas, geralmente em português e inglês. Por exemplo, a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul está descrita no ISI por inúmeras formas, tais como: PUCRS, PUC RS, Rio Grande do Sul Pontifical Catholic Univ, Pont Univ Cat Rio Grande do Sul, Pont Univ Católica Porto Alegre, Pontifical Catholic Univ Rio Grande do Sul, entre outras (VANZ e STUMPF, 2010).

A constatação destas inconsistências torna necessária a padronização e organização de nomes de autores, instituições de filiação, títulos de obras, entre outros dados. Este procedimento tem por objetivo garantir maior fidedignidade dos dados, e este trabalho é realizado no *EndNote Web*.

3.2.5 Etapa 5 - Análise bibliométrica

A bibliometria possibilita a análise da estrutura do conhecimento a partir de suas informações, como também contribui para seu desenvolvimento (BUFREM e PRATES, 2005). Deste modo, o presente estudo busca analisar por meio da bibliometria as características das publicações na área de CAI. É utilizada a ferramenta computacional SCI2 para realizar este trabalho. Esta ferramenta é melhor descrita na seção 3.3.2.

3.2.6 Etapa 6 - Análise de conteúdo dos artigos

Na busca de identificar as lacunas e tendências na área de CAI, foi feita uma análise do conteúdo para levantar os temas abordados nos artigos.

Este procedimento seguiu as seguintes etapas:

- a) primeiramente foi adotado o esquema de categorização desenvolvido por Hüsigg e Khon (2009);
- b) então, foi feita a leitura do título, resumo e palavras-chave dos artigos, para encaixar o artigo na sua devida categoria, no entanto, se a dúvida persistisse, a leitura completa foi realizada;
- c) e por último, os dados foram tabulados e analisados.

Desta forma, foi possível classificar os temas desenvolvidos na área de CAI, do modo a verificar quais áreas estão mais ou menos desenvolvidas.

3.3 Ferramentas utilizadas no armazenamento e na análise bibliométrica

Nesta subseção são apresentadas as ferramentas utilizadas na realização deste trabalho.

3.3.1 EndNote Web

O EndNote Web é um *software* on-line que permite o armazenamento e a organização de referências obtidas na busca em base de dados. Também permite a inclusão automática de citações e referências na produção de textos e com a escolha de diversos estilos de normalização. É, portanto, uma ferramenta que auxilia pesquisadores, docentes e estudantes na elaboração de seus trabalhos científicos e acadêmicos (MANUAL ENDNOTE WEB, 2010).

O EndNote Web foi desenvolvido pela Thomson Reuters e está disponível gratuitamente para usuários do Portal de Periódico da CAPES, é uma ferramenta on-line de gerenciamento de referências que se integra a diversas bases de dados. O EndNote Web possibilita:

- importar referências diretamente de várias bases de dados bibliográficas on-line;
- armazenar até 10.000 referências;
- organizar as referências em pastas específicas;
- gerar bibliografia de acordo com o estilo específico de cada publicação;
- detectar e gerenciar as referências duplicadas;
- inserir automaticamente citações e formatar bibliografia no *Microsoft Word* via *While You Write™ Plug-In*;

- compartilhar as informações contidas nas pastas com outros usuários do EndNote Web.

Na Figura 3.2, é mostrada a página principal do EndNote Web.

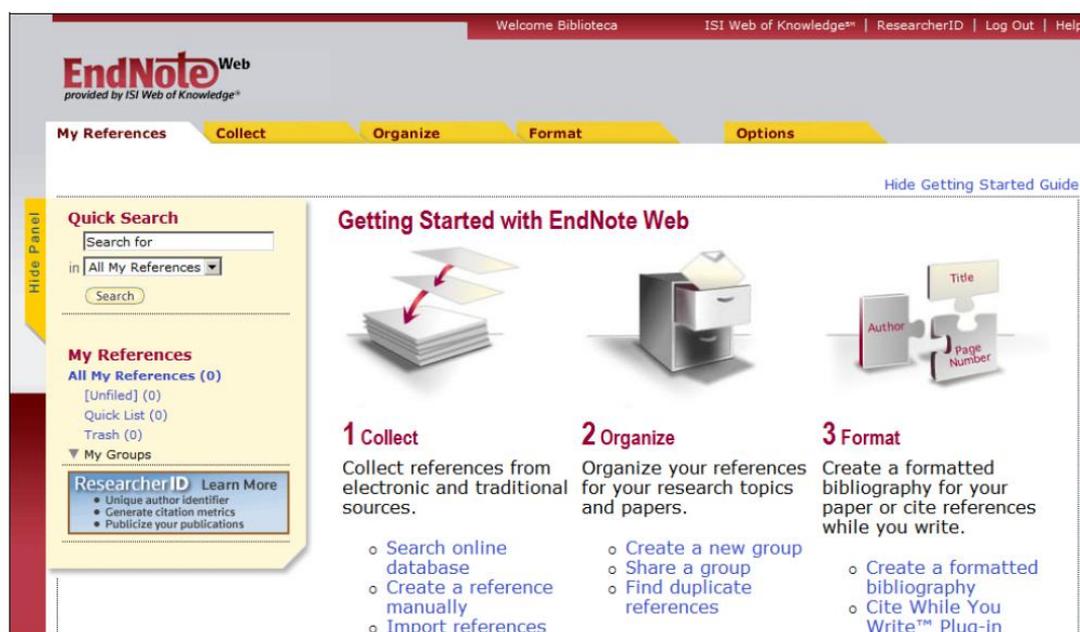


Figura 3.2 – Exemplo da página principal do EndNote Web

Fonte: Manual EndNote Web (2010).

O processo de coleta de referência utilizando o EndNote Web é muito simples. Basta fazer a pesquisa no Portal de Periódicos da CAPES ou outra base de dados e, uma vez encontrado o artigo que necessita ter a sua referência coletada, basta clicar no botão do EndNote Web para salvá-la.

3.3.2 Sci2 Tool

Este programa computacional é um conjunto modular de ferramentas projetado especificamente para o estudo da ciência. Este suporta análise temporal, geoespacial,

tópico e rede de relacionamentos e a visualização de conjuntos de dados em níveis micro (individual), meso (local) e macro (global) (Sci2 USER MANUAL, 2010).

Tabela 3.3 – Principais tipos e níveis de análise

Tipos de análise e exemplo de estudos	Micro/Individual (1-100 registros)	Meso/Local (100-10.000 registros)	Macro/Global (10.000 < registros)
Estatística Análises/Perfil	Pessoas individuais e suas experiências e perfil	Laboratórios, centros maiores, universidades ou estados	Toda a ciência de um país
Análise Temporal (quando?)	Carteira de financiamento de um indivíduo	Mapear os tópicos mais citados em 20 anos em uma base	113 anos de pesquisa em Física
Análise Geoespacial (onde?)	Trajetória de um indivíduo	Mapear o cenário intelectual de um estado	Todas as publicações de uma base
Análise de Tópico (o que?)	Base de conhecimento a partir de uma concessão	Fluxo de conhecimento em pesquisa de Química	Os mapas de tópicos de financiamento de um país
Análise de rede (com quem?)	Rede de relacionamento de um indivíduo	Rede de co-autoria	Principal competência de uma base de conhecimento

Fonte: Adaptação do Sci2 User Manual (2010, p. 8)

Os usuários desta ferramenta podem:

- acessar conjuntos de dados de ciência on-line ou carregar as suas próprias;
- realizar diferentes tipos de análise com alguns dos algoritmos disponíveis;
- usar diferentes visualizações de forma interativa para explorar e entender um conjunto de dados específicos;
- compartilhar dados e algoritmos através das fronteiras científicas.

Na figura 3.3, é mostrado uma visão geral do programa Sci2 Tool.

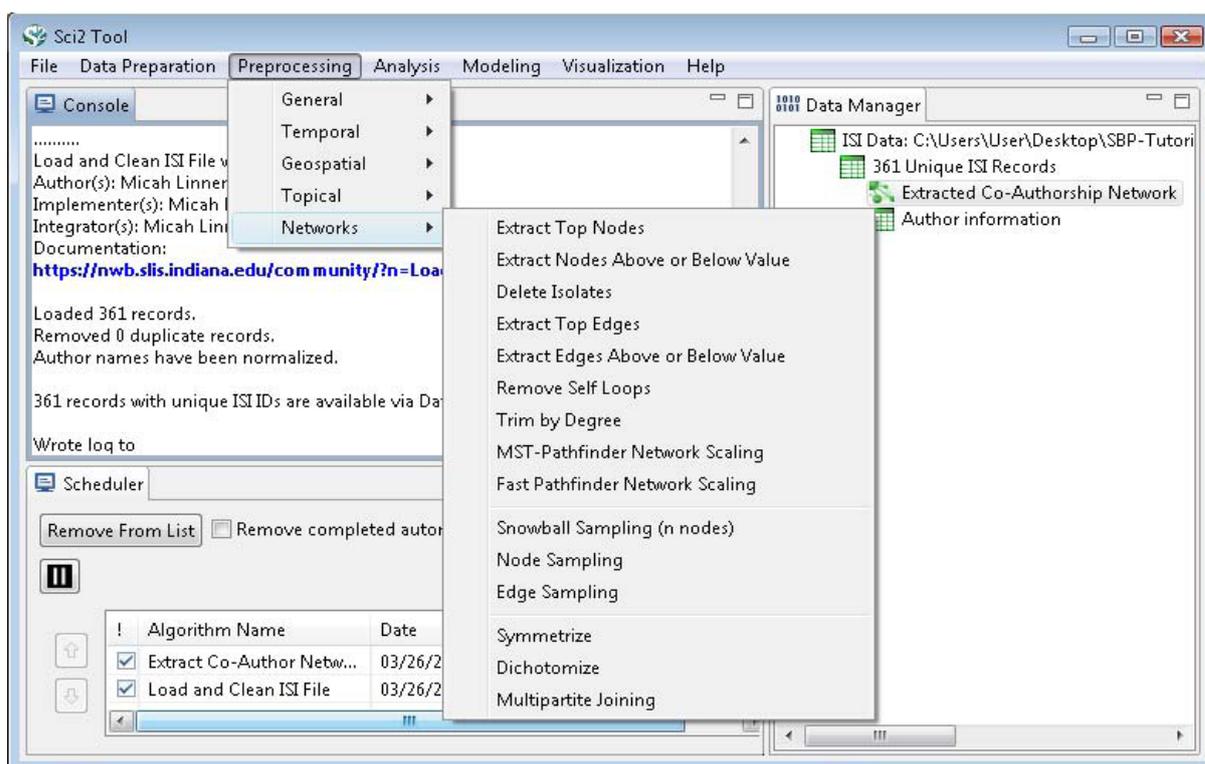


Figura 3.3 – Componentes de interface do Sci2 Tool

Fonte: Sci2 USER MANUAL (2010, P. 12)

Este *software* (SCI2) possibilitou fazer todos os tratamentos bibliométricos, tais como: levantamento do número de autores, referências, palavras-chave, citações, localidades dos artigos em termos de país e instituições, entre outras características.

Também foi utilizado o programa Microsoft Excel 2007 para realizar os cálculos necessários, além de organizar as tabelas e gráficos desta pesquisa.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos na pesquisa sob a visão da análise bibliométrica e de conteúdo dos artigos científicos publicados na área de Inovação Auxiliada por Computador (CAI). Foram selecionados 217 artigos no período de 2004 a 2013.

Com o objetivo de contribuir para uma melhor visualização dos resultados, optou-se por apresentá-los em tabelas, figuras e mapas.

Nas próximas subseções são apresentados os resultados e as análises organizadas em categorias, de forma a responder os objetivos propostos na presente pesquisa.

4.1 Produção científica em CAI no período de 2004 a 2013

Em 2004 foi publicada a primeira edição especial sobre o tema CAI no 18º Congresso Mundial de Computação, organizado pela IFIP em Toulouse, França. O tópico seis foi destinado ao CAI, ainda sob sua primeira denominação, *Computer Aided Inventing* (Invenção Auxiliada por Computador) e foram publicados neste evento seis artigos.

No ano de 2005, foi organizada a primeira Conferência em Inovação Auxiliada por Computador, no Centro de Competências em Engenharia Digital, em Ulm, Alemanha. Nesta ocasião, foram apresentados 22 artigos, os quais, não foram publicados nas bases científicas de dados (Web of Science ou Scopus), estando apenas disponível em formato PDF no Instituto Tecnológico e Estudos Superiores de Monterrey (ITESM), México.

Em 2006, houve mais uma edição especial sobre CAI na Conferência Internacional da IFIP, sob o título de “Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in

Product Design, Manufacturing, and Management”, realizada em Xangai, China. Nesta oportunidade, foram apresentados 10 trabalhos.

Já 2007 foi um ano muito produtivo e importante para a área de CAI, pois realizou-se a 2º Conferência Internacional em CAI, organizada pela IFIP. Esta foi sediada em Michigan, Estados Unidos da América. Foram apresentados 22 trabalhos, compilados no livro “Trends in Computer Aided Innovation” (LEÓN e CHO, 2007). Ainda neste mesmo ano, foram publicadas duas edições especiais, sendo uma edição com 12 trabalhos, na revista International Journal of Product Development e outros 13 trabalhos na revista International Journal of Computer Applications in Technology, totalizando 47 publicações na área.

Em 2008, houve mais uma edição especial para o CAI, organizada pela IFIP no Congresso Mundial de Computação, em Milão, Itália. O livro resultante, contendo 21 artigos, foi intitulado de “Computer-Aided Innovation (CAI)” (CASCINI, 2008).

O ano de 2009, também foi muito produtivo para a área de CAI, pois ocorreu a 3º Conferência Internacional em CAI, organizada pela IFIP e sediada em Harbin, China. E resultou o livro nomeado como “Growth and Development of Computer-Aided Innovation” (TAN; CAO; LEÓN, 2009) e nesta edição foram publicados 35 trabalhos. Neste ano, foi publicada uma edição especial na revista “Computers in Industry”, com 10 trabalhos. Desta maneira, este ano se encerrou com um total de 45 trabalhos publicados na área.

No ano de 2011, houve 24 publicações, sendo 14 na 4º Conferência em CAI, organizada pela IFIP, sediada em Strasbourg, França e o livro resultante foi intitulado de “Building Innovation Pipelines Through Computer-Aided Innovation” (CAVALLUCCI; DE GUIO; CASCINI, 2011). Outros 10 artigos foram publicados numa edição especial da revista “Computers in Industry”.

Em 2013, foi realizada a 5º Conferência em CAI, em Taiwan, totalizando 42 artigos.

No entanto, em 2010 e 2012, não houve apresentações em conferências ou publicações em edições especiais de revista sobre o assunto.

Na figura 4.1 é mostrada a distribuição dos artigos no período de 2004 a 2013. Pode-se observar que há um aumento no número de artigos publicados até 2009, porém, em 2010 não há publicações e em 2011 há uma menor quantidade de trabalhos publicados. Porém em 2013 há uma quantidade expressiva de trabalhos novamente.

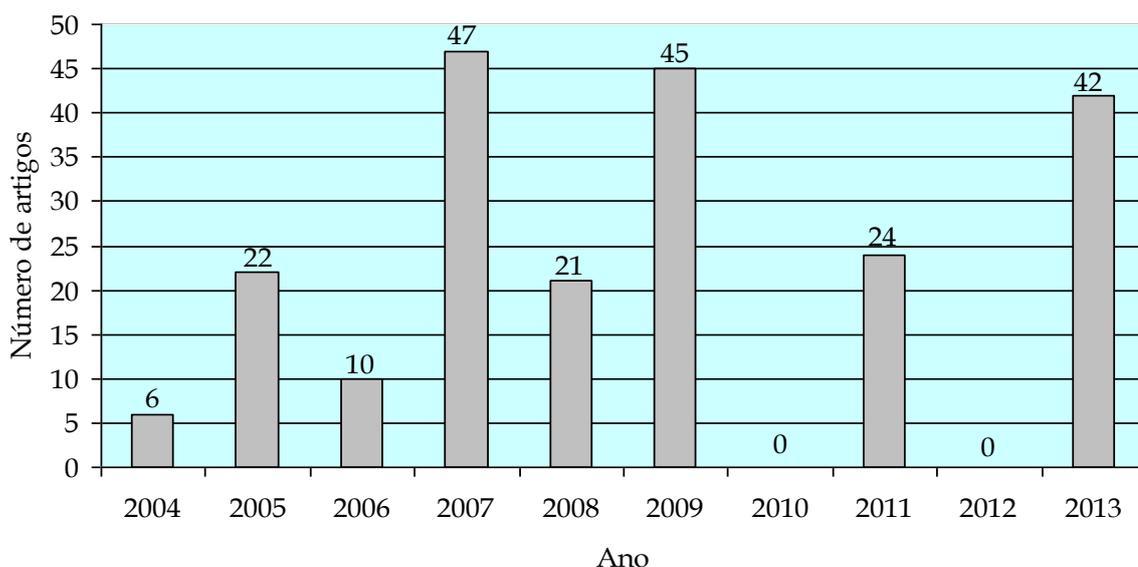


Figura 4.1 - Distribuição dos artigos no período de 2004 a 2011

Fonte: O autor.

Neste período, foram totalizados 217 artigos, para os quais, foram levantados os dados bibliométricos básicos. É possível observar na Figura 4.1, que nos anos ímpares (2005, 2007, 2009, 2011 e 2013) ocorreu o maior número de publicações, isto se deve ao fato de que são nestes anos que foram realizadas as conferências em CAI.

Na Tabela 4.1, pode-se observar, além do número de artigos, o número de autores, o número de referências citadas nos artigos, o número de citações, a média de artigos por ano, a média de autores por artigo, a média de referências por artigo e, por último, a média de citações por artigo.

Esses dados serviram de suporte para as demais análises bibliométricas que estão apresentadas nas seções a seguir.

Tabela 4.1 – Dados dos artigos analisados

Números Gerais	
Número de artigos	217
Número de autores	628
Número de referências citadas	3280
Número de citações	247
Média de artigos por ano	22
Média de autores por artigo	2,9
Média de referências por artigo	15
Média de citações por artigo	1,1

Fonte: O autor.

4.2 Tipologia autoral

4.2.1 Frequência de autores por artigo

Na Tabela 4.2, são demonstrados os resultados da pesquisa que analisa a co-autoria na área de CAI. Fica claro a preferência dos pesquisadores por trabalhar em equipe, pois a autoria individual representa apenas 12% do total. A forma mais comum de trabalho é em duplas, pois representa 30%. Artigos com três ou quatro autores representam, aproximadamente, metade dos artigos (49%).

A pressão por publicações exige dos pesquisadores esforços para publicar mais e melhor. A colaboração científica, através da co-autoria, é um dos mecanismos sociais chaves na pesquisa contemporânea, podendo ser considerada como aliada, na medida em que traz alguns benefícios, como segue abaixo (ESPARTEL *et al.*, 2011):

- a especificação ou divisão de tarefas entre os autores;

- a redução do tempo de envolvimento;
- a melhoria da qualidade do artigo;
- a redução da incerteza de aceitação do artigo, em função das diversidades entre os autores.

Tabela 4.2 – Frequência de autores por artigo

Número de Autores	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada
Autoria individual	27	12%	12%
2 autores	65	30%	42%
3 autores	52	24%	66%
4 autores	54	25%	91%
5 autores	17	8%	99%
6 autores	1	0%	100%
7 autores	0	0%	100%
8 autores	1	0%	100%
Total	217	100%	

Fonte: O autor.

Beaver (2001) apresenta várias vantagens para o trabalho em colaboração científica. Entre elas, destacam-se a eficiência, a rapidez, a sinergia, a redução do risco, a facilidade de disseminação, entre outros.

Para Hudson (1996), o principal benefício da co-autoria reside na divisão do trabalho, podendo emergir a partir da combinação de pesquisadores com diferentes habilidades ou do efeito sinérgico do trabalho entre eles. Entretanto, o autor aponta dificuldades no trabalho em co-autoria: a exigência de maior compromisso, os custos de organização e comunicação, ou ainda a possibilidade de a soma dos esforços dos pesquisadores produzir resultado menor do que o resultado isolado de um pesquisador trabalhando sozinho.

Os fatores, acima expostos, podem justificar porque a maioria dos artigos (88%) na área de CAI, foram publicados com dois ou mais pesquisadores.

4.2.2 Média de autores por artigo no período

Na Figura 4.2, foi feita a média de autores por artigo a cada ano. Verifica-se que em 2004 a média foi de 2,3 autores por artigo. No entanto, ao longo dos anos essa média vem aumentando, chegando a um pico de 3,2 autores por artigo em 2009, o que representa um crescimento de 39% em cinco anos.

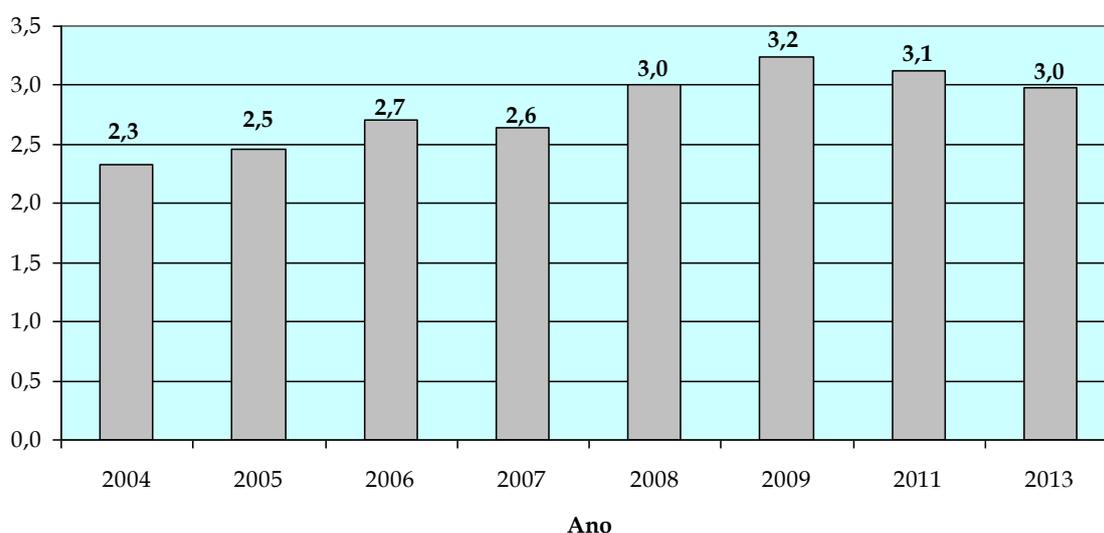


Figura 4.2 - Média de autores por artigo a cada ano

Fonte: O autor.

Espartel *et al.* (2011), aponta uma tendência de crescimento dos trabalhos em co-autoria e os principais motivadores para este crescimento são:

- maior nível de especialização na ciência;
- maior quantidade de pesquisadores, o que aumenta a probabilidade de encontrar colaboradores com os mesmos interesses;
- incremento das formas de comunicação entre pesquisadores separados geograficamente.

Também há outros fatores que podem contribuir para o crescimento, especificamente, em algumas áreas do conhecimento. Por exemplo, aqueles que utilizam métodos de pesquisas ou técnicas de análise mais sofisticadas; as que são mais propensas à interação entre pesquisadores de diferentes campos do conhecimento; ou ainda, as áreas onde é comum a formação de grupos de pesquisas (ESPARTEL *et al*, 2011). Todas estas explicações, gerais e específicas, aplicam-se adequadamente a área de CAI.

Beaver (2001) atribui o crescimento e o aumento da importância da colaboração científica a um grupo de fatores, que envolvem a especialização da ciência, a complexidade dos problemas de pesquisa e os custos de alguns equipamentos ou *software* para pesquisa.

Na Figura 4.3, pode-se observar, através das médias móveis, que o número de autores aumentou consideravelmente em relação ao número de artigos. Nota-se também, que os anos de 2007, 2009 e 2013 houve picos consideráveis na quantidade de autores sendo, 124 no ano de 2007, 146 em 2009 e, 125 em 2013.

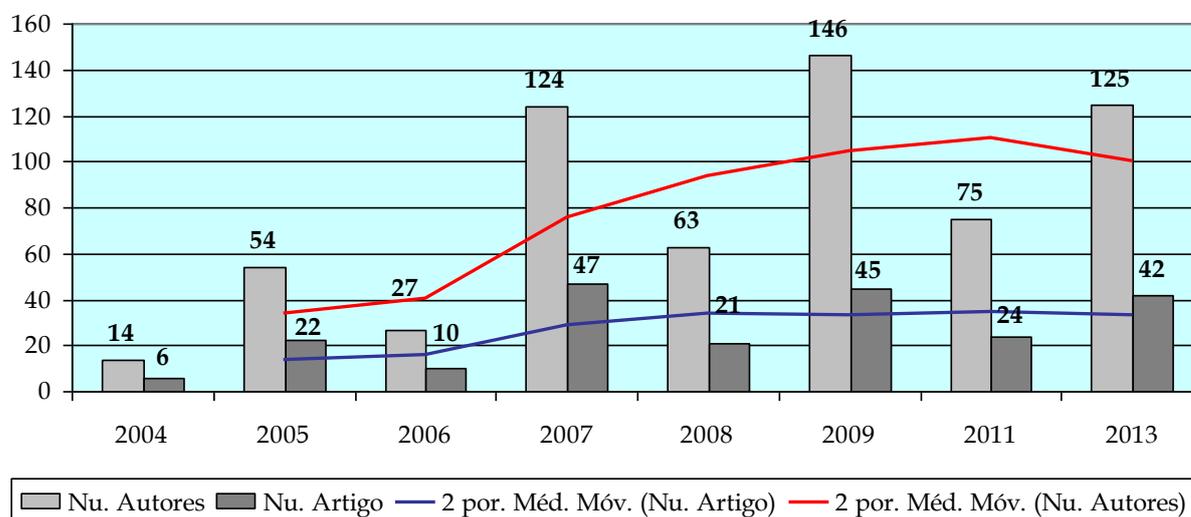


Figura 4.3 - Número de artigos e número de autores

Fonte: O autor.

De forma geral, percebe-se que o número de pesquisadores e, a colaboração entre eles vem aumentando ao longo dos anos, na área de CAI.

4.3 Lei de Lotka aplicada à área de CAI

Em relação à participação dos autores, há três formas de contagem de autoria, levando-se em consideração a contribuição de múltiplas autorias. De acordo com Ubizagástegui Alvarado (2002), são elas: a contagem direta, que conta apenas o primeiro autor da obra; a contagem completa, que conta a participação como total para cada um dos autores e a contagem ajustada, que seria a fração proporcional da contribuição de cada autor.

Portanto, na Tabela 4.3 são apresentadas as participações dos autores com a pontuação integral para cada um dos autores.

Tabela 4.3 - Número de artigos e número de autores

Número de Publicações	Número de Autores	Total de participações	Frequência relativa	Lei de Lotka
1	275	275	72,8%	43,8%
2	50	100	13,2%	15,9%
3	27	81	7,1%	12,9%
4	12	48	3,2%	7,6%
5	6	30	1,6%	4,8%
6	1	6	0,3%	1,0%
7	2	14	0,5%	2,2%
9	1	9	0,3%	1,4%
10	1	10	0,3%	1,6%
12	1	12	0,3%	1,9%
17	1	17	0,3%	2,7%
26	1	26	0,3%	4,1%
Total	378	628	100%	100%

Fonte: O autor.

Nesta pesquisa, optou-se pela contagem completa para a autoria dos artigos, referente à aplicação da Lei de Lotka, mesmo que o autor utilizasse a contagem direta. Acredita-se que a contagem completa seja mais apropriada, pois de acordo com Nicholls (1989), ela é a medida mais comum para mensurar a produtividade de

um autor. O referido autor também aponta que Lotka utilizou a contagem direta por ser mais viável na época.

O número de participação dos autores variou de um a vinte e seis publicações. Desta forma, o total de participações referentes aos 378 autores com “n” publicações é igual a 628. A quantidade de autores que tiveram apenas uma publicação é de 275, o que representa 72,8% do total de autores. O total de autores com duas publicações é de 13,2%. Porém, há somente quatro autores com mais de dez publicações, sendo um com dez, outro com doze, o penúltimo com dezessete e o último com vinte e seis.

Os dados apresentados na Tabela 4.3 foram a base de cálculo dos coeficientes C e n da Lei de Lotka generalizada. A Tabela 4.4 apresenta a comparação dos valores observados e os esperados.

Tabela 4.4 - Comparação dos valores esperados e observados

Número de Publicações	Número de autores observado	Frequência relativa observada	Número de autores esperado	Frequência relativa esperada	Divergência
1	275	72,8%	164	48,5%	110
2	50	13,2%	54	16,0%	-4
3	27	7,1%	28	8,3%	-1
4	12	3,2%	18	5,3%	-6
5	6	1,6%	13	3,8%	-7
6	1	0,3%	9	2,7%	-8
7	2	0,5%	7	2,1%	-5
9	1	0,3%	5	1,5%	-4
10	1	0,3%	4	1,2%	-3
12	1	0,3%	3	0,9%	-2
17	1	0,3%	2	0,6%	0
26	1	0,3%	1	0,2%	0
Total	378	100%	338	100%	-40

Fonte: O autor.

Assim, pode-se verificar que a maior divergência está presente na primeira frequência observada da distribuição de autores que produziram apenas um artigo. A estimativa foi de, aproximadamente, 164 autores, no entanto, houve 110 autores a

mais que o esperado. Esta divergência incide também na estimativa total de autores, pois verifica-se que há uma discrepância de 40 autores a menos que o observado. Porém, isso representa um erro de apenas 11% no total.

A Figura 4.4 demonstra a aproximação entre os valores observados e esperados da distribuição da produtividade dos autores.

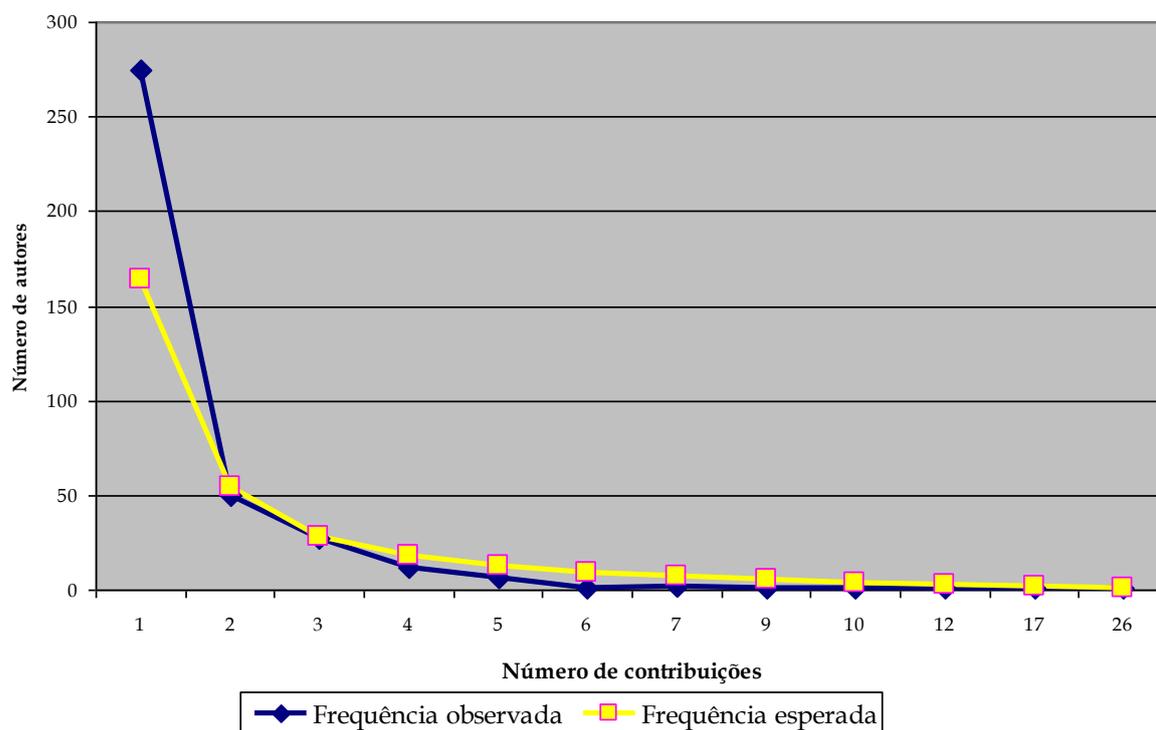


Figura 4.4 - Gráfico de dispersão dos valores observados e esperados

Fonte: O autor.

Foram encontrados 378 autores com um total de participações de 628, sendo que 72,8% deles tiveram apenas uma publicação. O modelo indica que há uma alta porcentagem de autores com baixa taxa de publicações (93,1% com até três publicações). Dado que o $n=1,5907$ e $C=0,4327$ ao 0,1 de nível de significância, o valor crítico verificado foi de 0,094. O desvio máximo foi de 0,21, ou seja, essa distribuição não se ajusta à Lei de Lotka. No entanto, isto pode ser devido à quantidade relativamente pequena de publicações analisadas.

Mesmo esta distribuição dos artigos em CAI não se ajustando à Lei de Lotka, com o nível de significância igual a 0,1, nota-se que a maioria dos valores ficaram muito próximos, como é possível perceber na Figura 4.4. Isto mostra padrões na área de CAI, similares ao que ocorre em outras áreas do conhecimento.

4.4 Características dos autores

4.4.1 Autores mais produtivos

Um dos objetivos deste estudo é identificar quais são os autores mais prolíficos da área de CAI. No entanto, foram usados dois métodos para verificar a produtividade dos autores, a contagem completa e a contagem direta.

Percebe-se que Runhua Tan é o autor mais produtivo, contabilizando 26 artigos, o que representa 12% do total de artigos. Na segunda posição encontra-se Noel Leon, com 17 artigos (7,8% do total) e o terceiro colocado é Gaetano Cascini, com 12 artigos (5,5% do total). Os demais autores publicaram dez ou menos artigos no período.

Outro ponto identificado, é que os vinte e quatro autores mais produtivos, 6,3% do total, representam 75,6% de todos os trabalhos, sendo, que somente os cinco primeiros autores representam mais de um terço da produção total, com 34,1%.

Este resultado evidencia a Lei de Lotka, pois poucos autores publicam muito e muitos publicam pouco.

Na Tabela 4.5, são demonstrados os autores mais produtivos levando em consideração a contagem completa.

Tabela 4.5 – Autores mais produtivos no período (contagem completa)

Autores	Número de Artigos	%	% Acumulado
Tan, Runhua	26	12,0%	12,0%
Leon, Noel	17	7,8%	19,8%
Cascini, Gaetano	12	5,5%	25,3%
Cavallucci, Denis	10	4,6%	30,0%
Liu, Hong	9	4,1%	34,1%
Cao, Gouzhong	7	3,2%	37,3%
De Guio, Roland	7	3,2%	40,6%
Sheu, Daniel	6	2,8%	43,3%
Aguayo, Humberto	5	2,3%	45,6%
Husig, Stefan	5	2,3%	47,9%
Jiang, Ping	5	2,3%	50,2%
Rotini, Federico	5	2,3%	52,5%
Rousselot, Francois	5	2,3%	54,8%
Tian, Yumei	5	2,3%	57,1%
Cueva, Jose	4	1,8%	59,0%
Dubois, Sebastien	4	1,8%	60,8%
Gutierrez, Jorge	4	1,8%	62,7%
Kohn, Stefan	4	1,8%	64,5%
Li, Qinghai	4	1,8%	66,4%
Liang, Yanhong	4	1,8%	68,2%
Ma, Jianhong	4	1,8%	70,0%
Wei, Zihui	4	1,8%	71,9%
Zhang, Jianhui	4	1,8%	73,7%
Zhang, Peng	4	1,8%	75,6%

Fonte: O autor.

Na Tabela 4.6, são demonstrados os autores mais produtivos, segundo o método da contagem direta, que considera apenas o primeiro autor (autor principal). Nota-se que, neste método de contagem o autor Noel Leon é o mais produtivo, com um total de nove artigos, o que representa 4,1% do total. O segundo colocado é Denis Cavallucci, com sete artigos (3,2% do total) e na terceira colocação, com seis artigos, tem-se Gaetano Cascini.

Percebe-se que estes doze autores (5,5% do total) representam, aproximadamente, 24,4% do total de artigos.

Tabela 4.6 - Autores mais produtivos no período (contagem direta)

Autores	Número de Artigos	%	% Acumulado
Leon, Noel	9	4,1%	4,1%
Cavallucci, Denis	7	3,2%	7,4%
Cascini, Gaetano	6	2,8%	10,1%
Tan, Runhua	5	2,3%	12,4%
Liu, Hong	4	1,8%	14,3%
Dubois, Sebastien	4	1,8%	16,1%
Albers, Alber	3	1,4%	17,5%
Cao, Gouzhong	3	1,4%	18,9%
Husig, Stefan	3	1,4%	20,3%
Mann, Darrell	3	1,4%	21,7%
Mital, Anil	3	1,4%	23,0%
Zhang, Fuying	3	1,4%	24,4%

Fonte: O autor.

Ao considerar os primeiros cinco autores mais produtivos, tanto na contagem direta como na completa, observa-se que os autores são os mesmos, havendo apenas uma mudança de posições. Nota-se também que os mesmos estiveram envolvidos na publicação de 37% de todos os artigos e foram os autores principais em 16,9% destas publicações.

Desta forma, fica claro quem são os principais autores na área de CAI, ou seja, aqueles que mais contribuíram para o seu desenvolvimento.

4.4.2 Autores mais citados

Esta pesquisa, também tem por objetivo saber quem são os autores mais importantes para a área de CAI. Uma forma de se fazer esta análise, é realizar a mensuração de citações de suas publicações. Este trabalho considera artigos de três bases diferentes, sendo: 128 artigos na base Web of Science; 25 na base Scopus e 64 que não foram publicados em nenhuma base científica, então não foi possível

mensurar a quantidade de citações dos autores. Então, para fazer a contagem de citações para cada autor, utilizou-se as informações de citações de cada base.

Para a análise das citações, esta pesquisa também levou em consideração a contagem completa e a contagem direta.

Na Tabela 4.7, são mostrados os resultados dos autores mais citados de acordo com a contagem completa. Percebe-se que Gaetano Cascini é o autor com a maior relevância na área, pois possui 47 citações em todos os seu trabalhos, o que representa 19% do total citações de todos os artigos. Na segunda posição, Nikolai Khomenko possui 45 citações (18% to total) e na terceira posição está Denis Cavallucci com 42 citações (17% do total).

Tabela 4.7 - Autores mais citados no período (contagem completa)

Autores	Número de Citações	%
Cascini, Gaetano	47	19,0%
Khomenko, Nikolai	45	18,2%
Cavallucci, Denis	42	17,0%
Leon, Noel	31	12,6%
Russo, Davide	28	11,3%
De Guio, Roland	26	10,5%
Kaikov, Igor	22	8,9%
Lelait, Laurent	22	8,9%
Tan, Runhua	21	8,5%
Yildiz, Ali	21	8,5%
Husig, Stefan	15	6,1%
Kohn, Stefan	15	6,1%
Rousselot, Francois	14	5,7%
Eltzer, Tomas	11	4,5%
Rissone, Paolo	11	4,5%
Zini, Manuel	11	4,5%
Aguayo, Humberto	8	3,2%
Albers, Albert	8	3,2%
Gutierrez, Jorge	8	3,2%
Maier, Tomas	8	3,2%
Zanni, Cecilia	8	3,2%

Fonte: O autor.

A bibliometria, enquanto método quantitativo de investigação da ciência, utiliza a análise de citação como uma das suas ferramentas, a fim de medir o impacto e a visibilidade de determinados autores dentro de uma comunidade científica. As citações podem medir realizações científicas individuais, de um grupo, de uma instituição, de um país, até mesmo, podem retratar a evolução da ciência ou de um campo científico (VANZ; CAREGNATO, 2007).

Na Tabela 4.8, são apresentados os resultados considerando a contagem direta. Observa-se que os quatro primeiros autores são os mesmos nas duas formas de contagem, havendo apenas uma troca de posições entre o segundo lugar e o terceiro. Gaetano Cascini mantém a primeira posição, com 39 citações, o que representa 15,1% do total. A segunda posição é ocupada por Denis Cavallucci, com 36 citações (14% do total) e Nikolai Khomenko aparece na terceira posição, com 22 citações (8,5% do total). Os quatro primeiros autores possuem quase metade de todas as citações na área de CAI (46,1%).

Tabela 4.8 - Autores mais citados no período (contagem direta)

Autores	Número de Citações	%	% Acumulado
Cascini, Gaetano	39	15,1%	15,1%
Cavallucci, Denis	36	14,0%	29,1%
Khomenko, Nikolai	22	8,5%	37,6%
Leon, Noel	22	8,5%	46,1%
Yildiz, Ali	21	8,1%	54,3%
Husig, Stefan	11	4,3%	58,5%
Tan, Runhua	10	3,9%	62,4%
Albers, Albert	8	3,1%	65,5%
Cugini, Umberto	7	2,7%	68,2%
Dubois, Sebastien	7	2,7%	70,9%
Cao, Gouzhong	6	2,3%	73,3%
Luximon, Ameersing	6	2,3%	75,6%
Zanni, Cecilia	6	2,3%	77,9%
Kohn, Stefan	4	1,6%	79,5%
Liang, Yanhong	4	1,6%	81,0%

Fonte: O autor.

Também é possível perceber, na tabela 4.8, que estes 15 autores (8,6% dos autores principais) representam 81% do total de citações.

4.5 Artigos mais citados

Nesta subseção, foram identificados os trabalhos mais relevantes para a área de CAI. Para mensurar esta relevância, foi utilizado o método de contagem de citações do artigo. As informações de citações são fornecidas pelas bases, onde os mesmos estão catalogados. Foram considerados os artigos mais importantes, aqueles que tiveram nove ou mais citações.

O trabalho que teve o maior número de citações (24) foi *Computer-aided analysis of patents and search for TRIZ contradictions*, publicado em 2007 pela revista *International Journal of Product Development*. Neste artigo, os autores destacam que a TRIZ é uma metodologia sistemática para a inovação e uma ferramenta poderosa para previsão tecnológica. No entanto, a análise de patentes necessárias para recolher os dados a serem utilizados para a atividade de previsão tecnológica é muito complicada. Então, eles destacam a necessidade de uma ferramenta específica para fazer a análise de patente, que identifique no texto a contradição técnica-física do sistema. Desta maneira, o artigo propõe uma abordagem assistida por computador para realizar tal tarefa, e o algoritmo é descrito e validado através de um exemplo prático.

O segundo trabalho de maior relevância é *From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing complexity challenges in inventive design* (CAVALLUCCI; KHOMENKO, 2007). Eles descrevem em seu trabalho que os métodos e ferramentas desenvolvidas na era da qualidade e otimização demonstraram seus limites e tornaram-se inadequadas no contexto das necessidades na era atual da inovação. Eles também declaram a incapacidade da TRIZ para enfrentar situações complexas. Então os autores propõem um programa de computador baseado na teoria OTSM-TRIZ,

para o gerenciamento de problemas complexos e um estudo prático sobre o desenvolvimento de um radar em terra, que tem por objetivo validar sua proposta.

Na Tabela 4.9 são demonstrados os resultados dos artigos mais citados no período estabelecido.

Tabela 4.9 - Artigos mais citados

Artigo	Ano	Autores	Citado
Computer-aided analysis of patents and search for TRIZ contradictions	2007	Cascini, G. Russo, D.	24
From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing complexity challenges in inventive design	2007	Cavallucci, D. Khomenko, N.	23
A fra mework for OTSM-TRIZ-based computer support to be used in complex problem management	2007	Khomenko, N. De Guio, R. Lelait, L. Kaikov, I.	22
A new design optimization framework based on immune algorithm and Taguchi's method	2009	Yildiz, A.	21
The future of computer-aided innovation	2009	Leon, N.	11
Process of two stages Analogy-based Design employing TRIZ	2007	Tan, R.	9
Parameter network as a mean for driving problem solving process	2007	Cavallucci, D. Eltzer, T.	9
Measuring patent similarity by comparing inventions functional trees	2008	Cascini, G.	9
Computer aided innovation-State of the art from a new product development perspective	2009	Husig, S. Kohn, S.	9
Automatic shape and topology variations in 3D CAD environments for genetic optimization	2007	Leon, N. Cueva, J. Silva, D. Gutierrez, J.	7
FBES model for product conceptual design	2007	Cao, G. Tan, R.	6
Shoe-last design innovation for better shoe fitting	2009	Luximon, A. Luximon, Y.	6
An ontological basis for computer aided innovation	2009	Zanni, C. Cavallucci, D. Rousselot, F.	6
Integrated Computer-Aided Innovation: The PROSIT approach	2009	Cugini, U. Cascini, G. Muzzupappa, M. Nigrelli, V.	5

Fonte: O autor.

A framework for OTSM-TRIZ-based computer support to be used in complex problem management (KHOMENKO *et al*, 2007) é o terceiro trabalho mais citado. Este artigo propõe um protótipo de programa de computador, baseado na teoria OTSM-TRIZ para o gerenciamento de problemas complexos.

O quarto artigo é A new design optimization framework based on immune algorithm and Taguchi's method (YILDIZ, 2009). Este artigo descreve uma abordagem inovadora de otimização, que oferece melhorias significativas no desempenho em relação aos métodos existentes, para resolver problemas na otimização de forma. Esta nova abordagem baseia-se em dois estágios: 1) abordagem de projeto robusto de Taguchi, para encontrar níveis adequados de parâmetros de projeto e 2) algoritmo imunológico para gerar as melhores soluções, utilizando intervalos refinados, a partir da fase anterior. Esta proposta é testada para provar a sua eficácia e, então, é aplicada na concepção otimizada de forma de uma peça de um veículo, demonstrando que o método funciona.

Observa-se também que, dos 217 artigos analisados, apenas 62 tiveram, pelo menos, uma citação. Outro fato analisado, é que dos 14 artigos mais citados, apenas um foi apresentado em conferência, os demais foram publicados em revistas científicas. Isto pode ter ocorrido devido às publicações em revistas terem mais credibilidade e prestígio, resultado a uma seleção mais rigorosa e a revisão pelos pares. E, estes 14 trabalhos mais citados representam 68% do total de citações.

4.6 Características da origem dos artigos

4.6.1 Instituições mais produtivas

Neste estudo, contabilizou-se a participação de 86 instituições ao redor do planeta. No entanto, onze artigos não identificavam a instituição de origem. Para efeito de simplificação, nos artigos que declaravam mais de uma instituição, foi

considerada apenas a instituição do primeiro autor. Também foi levado em consideração o número de pesquisadores em cada instituição e o país de origem.

Na Tabela 4.10, percebe-se que a instituição mais produtiva é Hebei University of Technology (China), que publicou 46 artigos no período, o que corresponde 21,2% do total de artigos catalogados, além de possuir 71 autores, que também é a maior quantidade entre as instituições pesquisadas e, representa 18,8% do total de autores. Um dos principais pesquisadores desta instituição é o Runhua Tan, que aparece como o autor mais produtivo na Tabela 4.5.

A segunda instituição mais produtiva é o INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Strasbourg, França. Esta instituição publicou 21 artigos no período (9,7% do total) e possui 17 autores (4,5% do total). Denis Cavallucci é um dos principais pesquisadores desta instituição, pois ele está entre os primeiros entre os autores mais produtivos.

Tabela 4.10 - Instituições mais produtivas

Instituição	País	Número de Artigos	% Artigos	Número de Pesquisadores	% Pesquisadores
Hebei University of Technology	China	46	21,2%	71	18,8%
INSA Strasbourg	França	21	9,7%	17	4,5%
ITESM	México	12	5,5%	22	5,8%
Politecnico di Milano	Itália	7	3,2%	13	3,4%
Shandong Normal University	China	6	2,8%	6	1,6%
Università degli Studi di Firenze	Itália	6	2,8%	7	1,9%
Karlsruhe University	Alemanha	5	2,3%	9	2,4%
University of Regensburg	Alemanha	4	1,8%	4	1,1%
Não informado	-	11	5,1%	22	5,8%

Fonte: O autor.

O ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey), localizado no México, ocupa a terceira posição em produtividade, com 12 artigos publicados no período (5,5% do total) e possui 22 autores que contribuíram para a área de CAI. Um dos principais pesquisadores desta instituição é Noel León.

As demais instituições têm sete publicações ou menos. Vale ressaltar os países como China, Alemanha e Itália, que possuem duas instituições cada um entre as mais produtivas. Além de que, estas oito instituições são responsáveis por quase a metade (49,3%) das publicações na área de CAI e possuem 39% dos pesquisadores.

4.6.2 Instituições mais citadas

Na busca de saber quais instituições são as de maior relevância, adotou-se o seguinte método: foram atribuídas às citações dos artigos as instituições que os mesmos estavam vinculados. Desta forma, foi possível estabelecer quais instituições concentravam mais citações.

Na Tabela 4.11, os resultados demonstram que o INSA (Institut National des Sciences Appliquées) de Strasbourg, França, é a instituição de maior relevância na área de CAI, pois possui 75 citações, o que representa 29,1% do total de citações.

Tabela 4.11 – Instituições mais citadas

Instituição	País	Citações	% Citações
INSA Strasbourg	França	75	29,1%
Università degli Studi di Firenze	Itália	44	17,1%
ITESM	México	26	10,1%
Hebei University of Technology	China	23	8,9%
Uludag University	Turquia	21	8,1%
University of Regensburg	Alemanha	15	5,8%
Hong Kong Polytechnic University	Hong Kong	6	2,3%
Politecnico di Milano	Itália	4	1,6%
Karlsruhe University	Alemanha	4	1,6%

Fonte: O autor.

A segunda instituição mais relevante, Università degli Studi di Firenze, possui 44 citações (17,1% do total) e, em terceiro lugar, fica o ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey), com 26 citações.

As nove instituições mais citadas possuem 84,5% do total de citações e somente as três primeiras instituições (INSA Strasbourg, Università degli Studi di Firenze e ITESM) possuem mais da metade das citações (56%).

4.6.4 Países mais produtivos

Identificar os países mais produtivos no mundo é fundamental para saber onde a área de CAI está se desenvolvendo. Para fazer este levantamento, foi atribuído o endereço do primeiro autor como a origem do artigo. Além de levantar o número de artigos por país, também estimou-se o número de pesquisadores e instituições por país.

Tabela 4.12 – Os países mais produtivos

País	Artigos	% Artigos	Número de Pesquisadores	% Pesquisadores	Número de Instituições	% Instituições
China	90	41%	158	42%	22	26%
França	23	11%	30	8%	3	3%
Alemanha	20	9%	33	9%	9	10%
Itália	19	9%	32	8%	7	8%
USA	14	6%	24	6%	9	10%
México	12	6%	22	6%	1	1%
Espanha	6	3%	18	5%	4	5%
Japão	5	2%	7	2%	2	2%
Inglaterra	3	1%	3	1%	2	2%
Bélgica	2	1%	6	2%	1	1%
Índia	2	1%	4	1%	2	2%
Brasil	2	1%	2	1%	1	1%
Coréia do Sul	2	1%	5	1%	2	2%
Chile	1	0%	3	1%	1	1%
Hong Kong	1	0%	2	1%	1	1%
Irã	1	0%	1	0%	1	1%
Portugal	1	0%	2	1%	1	1%
Suécia	1	0%	3	1%	1	1%
Tunísia	1	0%	4	1%	1	1%
Turquia	1	0%	1	0%	1	1%
Não declarado	10	5%	18	5%	14	16%
Total	217	100%	378	100%	86	100%

Fonte: O autor.

Na Tabela 4.12, o resultado mostra a China como o país mais produtivo, com 90 artigos, o que representa 41% do total de artigos, além de possuir 158 pesquisadores (mais que dois quintos do total de pesquisadores), além disso, possui 22 instituições, as quais representam 26% do total de instituições que produziram artigos em CAI.

Os demais países, que tiveram uma produção considerável, foram: França, com 23 artigos (11% do total); Alemanha, com 20 artigos (9% do total) e; Itália com 19 artigos (9% do total). O restante dos países tiveram produção inferior a 6%. Ao total, foram contabilizados vinte países participantes e 86 instituições.

No entanto, dez artigos não possuíam dados da origem ou da instituição as quais os mesmos estavam vinculados.

Percebe-se que os seis primeiros países (China, França, Alemanha, Itália, EUA e México) publicaram juntos 178 artigos, o que representa 82% do total. Eles também possuem 79% dos pesquisadores e 59% das instituições que contribuíram para a área de CAI.

4.6.5 Países mais citados

Após o levantamento dos países mais produtivos, é fundamental fazer o mesmo com os países de maior relevância para a área de CAI. O método utilizado foi à atribuição das citações dos artigos ao endereço vinculado ao país em questão. Assim foi possível classificar os países mais relevantes.

Na Tabela 4.13, o resultado mostra a França em primeiro lugar, com um total de 75 citações, o que corresponde a 30,4% do total.

Em segundo lugar, segue a Itália com 52 citações (21,1% do total) e, o terceiro lugar é ocupado pela China, com 34 citações (13,8% do total). México e Alemanha também possuem posição de destaque, com a quarta e quinta posições.

Somente onze países dos vinte participantes tiveram, pelo menos, uma citação. Isto representa 55% e três artigos não identificavam seu país de origem.

Tabela 4.13 – Os países mais citados

País	Citações	% Citações	% acumulada
França	75	30,4%	30,4%
Itália	52	21,1%	51,4%
China	34	13,8%	65,2%
México	26	10,5%	75,7%
Alemanha	22	8,9%	84,6%
Turquia	21	8,5%	93,1%
EUA	6	2,4%	95,5%
Espanha	4	1,6%	97,2%
Tunísia	1	0,4%	97,6%
Coréia do Sul	1	0,4%	98,0%
Chile	1	0,4%	98,4%
Bélgica	1	0,4%	98,8%
Não informado	3	1,2%	100,0%

Fonte: O autor.

Os seis países mais citados representam 93% do total de citações. Desses, cinco também figuram entre os mais produtivos. A Turquia, que é o sexto país mais citado, contudo, aparece entre os últimos na lista dos mais produtivos, pois conta com apenas uma publicação. Os Estados Unidos da América, que é o sexto país mais produtivo, aparece em sétimo entre os mais citados.

4.7 Características da literatura citada

A partir desta seção, são analisadas as referências bibliográficas dos artigos publicados nos períodos de 2004 a 2013.

4.7.1 Frequência das citações

A frequência de citações representa o número de referências bibliográficas utilizadas por um determinado documento. O número de referências em trabalhos

acadêmicos, em geral, aumenta de acordo com a maturidade do campo de estudo (DA FONSECA, 1986).

Foram levantadas 3.280 referências bibliográficas ao total. Essas referências estão distribuídas ao longo dos anos conforme a Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Frequência de citações por ano

Ano	Número de artigo	Número de citações	Média de Citações
2004	6	80	13,3
2005	22	284	12,9
2006	10	74	7,4
2007	47	755	16,1
2008	21	329	15,7
2009	45	756	16,8
2011	24	634	26,4
2013	42	368	8,8
Total	217	3280	15,1

Fonte: O autor.

Pode-se observar que a média de citações por ano tem uma certa variação, de um ano para outro, porém com uma tendência da alta, com exceções dos anos de 2006 e 2013. Na Figura 4.5, fica evidente esta tendência.

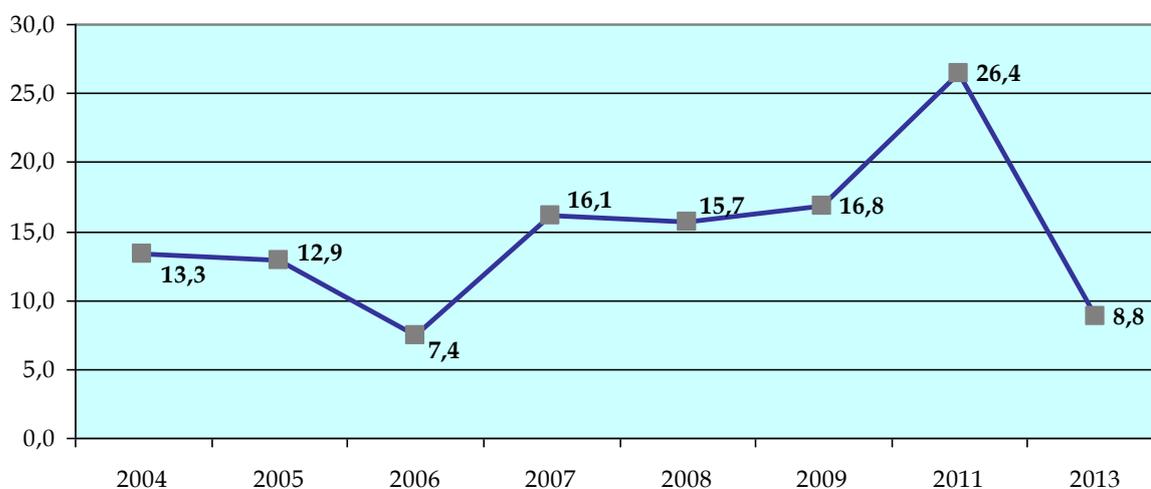


Figura 4.5 - Média de citações por artigo

Fonte: O autor.

Este crescimento pode ter ocorrido por alguns fatores: (i) a maior valorização dada às referências bibliográficas, que passam agora a serem mais utilizadas nos artigos; (ii) a elevação da exigência dos revisores para a aprovação de um artigo para publicação, o que gera a necessidade de um embasamento mais sólido, (iii) o aumento do volume de conhecimento gerado pela academia, que leva à necessidade de se referenciar mais pessoas quando aborda-se determinado assunto ou ainda, (iv) o aumento da facilidade de acesso aos meios de publicação, que permitem aumentar a base de conhecimento construído a ser pesquisada.

Percebe-se que os anos de 2007 e 2013 foram atípicos, pois as médias de 7,4 e 8,8 estão muito abaixo da média geral e, também do ano de 2005, que havia sido a terceira menor média. No entanto, no ano de 2011 houve um pico de 26,4 referências por artigo, o que representa 98% de aumento em relação ao ano de 2004 e, de 59% em relação à média geral (15,1).

4.7.2 Trabalhos mais citados

Para se entender as fontes de pesquisas dos autores, foram levantados os trabalhos mais citados nas referências bibliográficas dos artigos. Foram catalogadas as referências bibliográficas nos 217 artigos e então, foram analisadas as frequências das mesmas, de forma a classificá-las em ordem decrescente. Na Tabela 4.15, são mostrados os resultados das referências que tiveram cinco ou mais citações.

Entre os 22 trabalhos mais citados, nota-se que apenas seis são livros, representando, aproximadamente 27%, sendo os demais trabalhos (73%) em forma de artigo científico.

Percebe-se que o trabalho com a maior relevância para a área de CAI é “**Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems**”, livro escrito por Genrich Altshuller, que foi citado em 41 artigos, ou seja, foi citado em 19% dos artigos. Este livro foi, primeiramente, publicado em russo no ano de

1979, país de origem de seu autor. Em 1984, também foi publicado em inglês e outras línguas. O conteúdo desta obra inclui a descrição dos 76 padrões inventivos, diversos exemplos de como resolver problemas usando o algoritmo ARIZ, apresenta os padrões de evolução dos sistemas técnicos e os 40 princípios inventivos. Estes conceitos são alguns dos principais pilares da TRIZ.

Tabela 4.15 - Os trabalhos mais referenciados nos artigos estudados

Trabalho	Ano	Citado	Categoria	Autor
Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems	1984	41	Livro	Altshuller, Genrich
The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity	1999	32	Livro	Altshuller, Genrich
Engineering Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving	2000	17	Livro	Savransky, Semyon D.
Engineering Design: A Systematic Approach	1996	14	Livro	Pahl, Gerhard
From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing Complexity Challenges in Inventive Design	2007	9	Artigo	Cavallucci, Denis
Genetic Algorithms: In Search, Optimization, and Machine Learning	1989	8	Livro	Goldberg, David E.
Innovation Design-TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving	2002	8	Artigo	Tan, Runhua
Theory of Inventive Problem Solving	2004	7	Artigo	Tan, Runhua
Axiomatic Design: Advances and Applications	2001	7	Artigo	Suh, Nam P.
A Framework for OTSM-TRIZ-based Computer Support to be Used in Complex Problem Management	2007	7	Artigo	Khomenko, Nikolai
Computer-Aided Analysis of Patent and Search for TRIZ Contradiction	2007	6	Artigo	Cascini, Gaetano
Winning at New Product: Accelerating the Process from Idea to Launch	2001	6	Livro	Cooper, Robert G.
Constructive Memory in Design Thinking	1999	6	Artigo	Gero, John S.
Unexpected discoveries and s-inventions of design requirements: Important vehicles for a design process	2000	6	Artigo	Suwa, Masaki
The Future of Computer-Aided Innovation	2009	6	Artigo	Leon, Noel
Design Prototypes: a Knowledge Representation Schema for Design	1990	5	Artigo	Gero, John S.
The Situated Function-Behavior-Structure Framework	2004	5	Artigo	Gero, John S.
Supporting Creative Design in a Visual Evolutionary Computing Environment	2004	5	Artigo	Liu, Hong
Integrated Computer-Aided Innovation: The PROSIT Approach	2009	5	Artigo	Cugini, Umberto
Constructive Representation in Situated Analogy in Design	2001	5	Artigo	Kalinski, Joseph M.
Concept Formation in Design: Toward a Loosely-Wired Brain Model	1997	5	Artigo	Gero, John S.
Function-Behavior-Structure paths and their Role in Analogy-based Design	1996	5	Artigo	Qian, Lena

Fonte: O autor.

Altshuller (1984, p. 10) “...este é um livro o qual, descreve a nova tecnologia da criatividade, onde o processo de pensamento não é caótico, mas organizado e claramente sujeito ao controle.” Estes conceitos revolucionários sobre o processo sistematizado de criação serviu de base para o surgimento do CAI.

A segunda obra mais citada também é de Altshuller, **The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity**, com 32 citações. Este livro teve a sua primeira edição em 1969, no entanto, apenas na língua russa. A sua primeira versão em inglês só foi publicada em 1999. Neste livro, são apresentados em detalhes os conceitos básicos da TRIZ, através de um grande número de exemplos e estudos de casos. Também inclui a revisão da evolução dos sistemas técnicos, descrição do programa computacional ARIZ-61 e exemplos de uso do ARIZ-71. Além de incluir, pela primeira vez, os 40 princípios inventivos e a matriz de contradições. Apesar desta obra ter sido publicada em inglês apenas 30 anos depois da sua versão em russo, acabou se tornando uma grande referência para a área de CAI.

Engineering Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving é a terceira obra mais citada, com 17 citações. Este livro é destinado ao aprendizado e aplicação dos conceitos e técnicas da TRIZ a problemas complexos de engenharia, este aborda desde os conceitos básicos até as mais recentes pesquisas e desenvolvimento em TRIZ. O livro é dividido em cinco partes: 1) Ajuda na solução de problemas; 2) Principais conceitos da TRIZ; 3) Informações da TRIZ; 4) Preparação para a solução do problema e 5) Heurísticas e instrumentos da TRIZ. Savransky (2000) defende que a raiz de uma invenção ou inovação é solucionar um problema técnico, utilizando ferramentas e metodologias adequadas para resolver o problema de maneira eficiente, eficaz e criativa.

A quarta obra mais citada, não está relacionada com a TRIZ, mas sim, com todo o processo de desenvolvimento de produto. **Engineering Design: A Systematic Approach** (Pahl *et al.*, 1996) é uma obra internacionalmente reconhecida, os autores defendem que o projeto de engenharia eficaz deve ser cuidadosamente planejado e executado de forma sistemática. Em particular, os métodos de projeto de engenharia

devem integrar os diferentes aspectos do projeto e as prioridades do usuário final. Este livro divide o processo de projeto em fases e, em seguida, em etapas distintas, cada uma com seus próprios métodos de trabalho. Os tópicos abordados incluem: psicologia do projeto, planejamento e desenvolvimento de produtos, o processo de desenvolvimento de produto, métodos para a concepção, projeto detalhado, além de incluir o projeto para reciclagem, projeto para produto em série e modulares, garantia da qualidade e identificação de custos em projeto.

From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing Complexity Challenges in Inventive Design é a quinta obra mais citada, com 9 citações. Este artigo já foi comentado na seção 4.5 deste trabalho.

O sexto livro mais citado, **Genetic Algorithms: In Search, Optimization, and Machine Learning**, possui uma abordagem que não é baseada na TRIZ e sim, nos Algoritmos Genéticos. Estes são algoritmos de otimização global, baseados nos mecanismos de seleção natural e da genética. Eles empregam uma estratégia de busca paralela e estruturada, mas aleatória, que é voltada em direção ao reforço da busca de pontos de "alta aptidão", ou seja, pontos nos quais a função a ser minimizada (ou maximizada) tem valores relativamente baixos (ou altos). O ponto de partida para a utilização de Algoritmos Genéticos, como ferramenta para solução de problemas, é a representação destes problemas de maneira que os Algoritmos Genéticos possam trabalhar adequadamente sobre eles. A maioria das representações são genótípicas, utilizam vetores de tamanho finito em um alfabeto finito. E têm aplicações nas áreas de configuração de sistemas complexos, alocação de tarefas, seleção de rotas e outros problemas de otimização e aprendizado de máquina.

Pode-se afirmar que estas obras formam a base do conhecimento do CAI.

4.7.3 Autores mais citados

O levantamento dos autores mais citados na área de CAI foi realizado para mapear quem são os pensadores que formam a base do conhecimento desta área. Na Tabela 4.16, mostra o Genrich Altshuller como a maior referência na área, totalizando

97 citações, em segundo lugar, Runhua Tan, com 50 citações e em terceiro, Denis Cavallucci, com 45 citações. Esta tabela considera apenas os autores que tiveram oito ou mais citações.

Tabela 4.16 – Os autores mais citados.

Citado	Autor
97	ALTSHULLER, Genrich
50	TAN, Runhua
45	CAVALLUCCI, Denis
30	LEON, Noel
26	KHOMENKO, Nikolai
26	SAVRANSKY, Semyon
25	CASCINI, Gaetano
24	PAHL, Gerhad
22	GERO, John S.
21	MANN, Darrell
16	SUH, Nam P.
13	DOMB, Ellen
12	DUBOIS, Sebastien
11	GOLDBERG, David E.
10	COOPER, Robert G.
9	CUGINI, Umberto
9	KOHN, Stefan
8	LIU, Hong

Fonte: O autor.

Altshuller foi um brilhante pensador da ex-URSS, que estudou patentes de diversas áreas para melhorar a obtenção das soluções criativas contidas nas mesmas. Em seus estudos, Altshuller encontrou determinados padrões no processo de soluções de problemas, com base nesses padrões identificados, elaborou uma metodologia para a solução de problema denominada de TRIZ. Na sua carreira, ele publicou dezenas de livros e cerca de 400 artigos sobre TRIZ.

O segundo lugar é ocupado por Runhua Tan, com 50 citações. Este autor também é o mais produtivo na área de CAI. Tan é vice-presidente da Universidade

de Tecnologia de Hebei (China), além de professor e chefe do Instituto de Projetos para a Inovação desta universidade. Também é vice-presidente do Grupo de Estudos em CAI na IFIP e chefe da Associação Chinesa de TRIZ.

Denis Cavallucci ocupa a terceira posição, com 45 citações. Ele é professor de Engenharia de Inovação no Instituto Nacional de Ciências Aplicadas de Strasbourg, França. Também é vice-diretor do Laboratório de engenharia de projetos e diretor de publicações do Grupo de Estudos em CAI da IFIP (WG 5.4), e recentemente tornou-se membro do conselho editorial da Elsevier.

Noel Leon possui 30 citações e ocupa a quarta posição. Ele é professor e pesquisador do Instituto Tecnológico e de Estudos Superiores de Monterrey, México. Ele é o segundo autor mais produtivo e o quarto mais citado. Fica evidente a importância deste autor para a área.

4.8 Lei de Zipf aplicada às palavras-chave dos artigos em CAI

Na figura 4.6, são apresentadas as frequências das palavras-chaves identificadas nos 217 artigos desta pesquisa, de acordo com a Lei de Zipf.

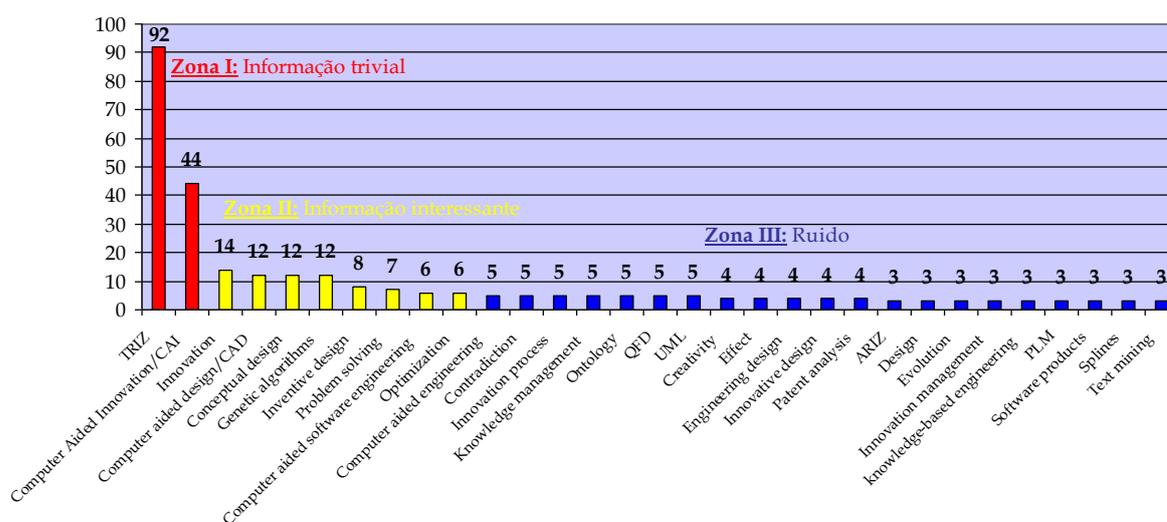


Figura 4.6 - Frequência das palavras-chaves encontradas nos 217 artigos

Fonte: O autor.

As palavras-chaves são um dos recursos utilizados na recuperação da informação. Quando bem elaborado, conseguem representar com bastante clareza o conteúdo do texto. Espera-se que por meio das palavras-chaves, o usuário ou leitor possa verificar se o documento recuperado atende suas necessidades informacionais ou não, evitando a necessidade de ler todo o texto.

Para Fujita (2004, p. 258), é preciso escolher as palavras-chave adequadas para melhor representação do texto.

Mesmo com o conhecimento sobre o assunto do texto, o autor, ao determinar palavras-chave deverá ter em mente, não somente o assunto principal do texto, mas principalmente o objetivo de representação documentária do conteúdo textual para a recuperação por um leitor cuja demanda de informação seja compatível ao assunto representado pela palavra-chave.

A Figura 4.6 apresenta as palavras-chave com maior e menor números de frequências e foram analisadas de acordo com as zonas de distribuição apresentadas por Quoniam *et al.* (2001), zonas que analisam o valor das informações de acordo com o número de ocorrências das palavras. Na zona I encontram-se as informações triviais ou básicas, que nesta pesquisa corresponde às palavras-chaves TRIZ e *Computer-Aided Innovation/CAI*. TRIZ obteve 92 ocorrências e *Computer-Aided Innovation/CAI*, por sua vez obteve 44 ocorrências.

Na zona II, considerada uma zona de informações interessantes, sete palavras tiveram uma alta ocorrência, sendo elas: com 14 ocorrências, *Innovation*, com 12 ocorrências cada, *Computer Aided Design/CAD*, *Conceptual Design* e *Genetic algorithms*; com oito ocorrências, *Inventive Design*; com sete ocorrências, *Problem Solving*; com seis ocorrências cada, *Computer Aided Software Engineering* e *Optimization*.

Na zona III, conhecida como ruído, estão as palavras com frequências de cinco a um. Nesta zona se encontram as palavras que têm com característica possuir conceitos ainda não emergentes (QUONIAM, 2001).

Ao analisar a Figura 4.6, observa-se que TRIZ é a palavra-chave mais utilizada nos artigos, com 92 aparições, isto representa que 42% dos artigos utilizaram este termo. Isto mostra como os fundamentos de CAI estão fortemente ancorados na TRIZ.

Computer Aided Innovation/CAI, ocupa a segunda posição, com 44 aparições, ou seja, foi utilizada em 20% dos artigos. Percebe-se que o termo CAI é ainda pouco explorado, pois aparece apenas em 1/5 dos artigos.

Na zona de informações interessantes, encontram-se outros termos fortemente relacionados com a área de CAI. *Conceptual Design* (projeto conceitual), que é a fase inicial do processo de projeto, que buscando solucionar os problemas do projeto e é considerada uma fase criativa do processo. O termo *Innovation* (inovação) também mostra o foco principal da área. *Computer Aided Design/CAD*, consolidada como uma ferramenta importante para a fase de projeto detalhado, no entanto, tem pouca aplicabilidade nas fases iniciais do PDP. Estudos buscam aprimorar as ferramentas de CAD visando sua utilização, também, nas fases iniciais do PDP. *Genetic algorithms* (algoritmos genéticos), este conceito tem sido aplicado nos desenvolvimentos de ferramentas de CAI por ser uma ferramenta importante utilizada na busca de soluções aproximadas em problemas de otimização.

Estas análises, nas palavras-chave, mostram os principais termos e conceitos envolvidos no desenvolvimento da área de CAI.

4.9 Temáticas abordadas pelos artigos

Na busca de identificar as lacunas e tendências na área de CAI, foram levantados os temas abordados pelos artigos e classificados de acordo com as categorias criadas por Hüsigg e Khon (2009), as quais, formam o que os autores chamaram de círculo da inovação, conforme a Figura 4.7. Estas categorias foram

elaboradas pelos os autores para classificar os *software* na área de CAI disponíveis no mercado, de modo a verificar as principais tendências na oferta de produtos CAI.

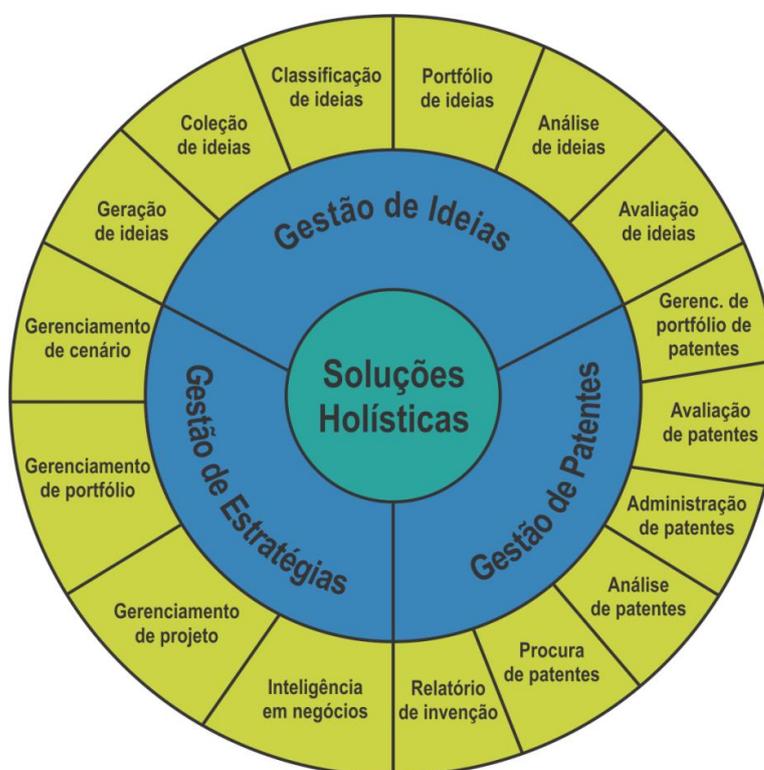


Figura 4.7 - Círculo da Inovação
Fonte: Hüsigg e Khon (2009, p. 10).

Para realizar esta classificação, foram realizadas a leitura e análise do título, resumo e palavras-chave dos 217 artigos desta pesquisa e, caso alguma dúvida persistisse, uma leitura completa do artigo. No entanto, não foi possível classificar alguns artigos nestas categorias. Então, foram criadas duas categorias denominadas de “Fundamentos” e “Outros”. A primeira categoria, “Fundamentos”, foi criada para os artigos que não se enquadravam em nenhuma categoria estabelecida por Hüsigg e Khon, mas que estavam diretamente ligados aos fundamentos teóricos da área de CAI. Já a segunda categoria criada, “Outros”, foi com o objetivo de classificar os artigos que não tinham nenhuma relação direta com o CAI.

Este estudo, ao identificar e classificar a temática dos artigos de acordo com o trabalho de Hüsigg e Khon (2009), visa mostrar as áreas do CAI mais e menos desenvolvidas, além de identificar as tendências e, também correlacionar a teoria com a prática, uma vez que podemos comparar os estudos científicos realizados na área com mercado mundial de *software* de CAI.

Na Figura 4.8, é demonstrado o resultado da pesquisa de Hüsigg e Khon (2009) no mercado mundial de *software* de CAI. Este estudo levantou 115 *software*, os quais foram classificados dentro de quatro grandes áreas, “Gestão de Ideias”, “Gestão de Patentes”, “Gestão Estratégica” e “Soluções Holísticas”.

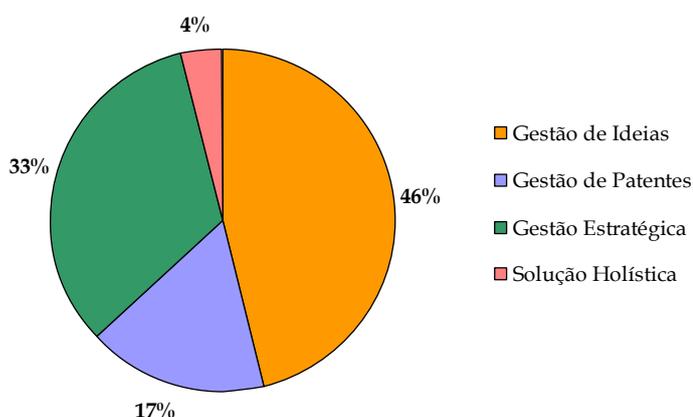


Figura 4.8 - Resultado da pesquisa de Hüsigg e Khon (2009) no mercado de *software* de CAI
Fonte: Adaptado de Hüsigg e Khon (2009, p. 10).

É possível identificar a área de “Gestão de Ideias” como sendo a mais desenvolvida, contendo 46% do total de ferramentas de CAI. Enquanto “Gestão Estratégica” possui 33% dos *software* catalogados pelos autores e, apenas 17% destes *software* objetivam a “Gestão de Patentes”. As “Soluções Holísticas” representam apenas 4% do mercado, mostrando que esta categoria de solução ainda está subdesenvolvida.

Para Hüsigg e Khon (2009), houve um grande crescimento no desenvolvimento da TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) para as atividades de Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP). No entanto, há diversas áreas subdesenvolvidas, tais como, “Classificação de Ideias” e “Gestão de Cenário”. Além que, há uma grande quantidade de soluções de CAI, que são fornecidas por uma grande quantidade de empresas e a maioria delas são pequenas. E para o mercado consumidor, ainda está muito confuso o potencial benefício destas ferramentas dentro do contexto e necessidade de cada empresa.

Ao observar o resultado desta pesquisa na Figura 4.9, percebe-se que a categoria “Gestão de Ideias” é a mais desenvolvida, com 51% dos temas abordados nos artigos. A segunda categoria mais abordada é “Gestão Estratégica”, com 23% dos artigos. A categoria “Fundamentos” é a terceira mais desenvolvida, com 14% dos artigos. A Categoria “Gestão de Patentes” é a mais subdesenvolvida, com apenas 5% das abordagens. E por último, a categoria “Outros”, ficou com sete por cento do total.

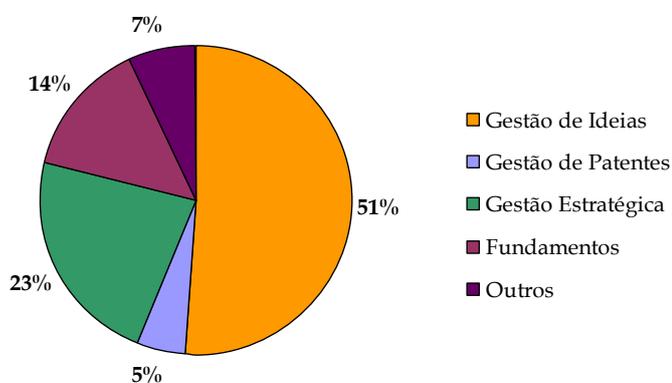


Figura 4.9 – Classificação dos temas dos artigos de acordo com as categorias de Hüsigg e Khon (2009)
Fonte: O autor.

Ao comparar os resultados obtidos por Hüsigg e Khon (2009) e o desta pesquisa, observa-se que em ambas, a categoria “Geração de Ideias” é a mais desenvolvida. Isto é natural, uma vez que um dos objetivos das ferramentas de CAI é ajudar nas

fases iniciais e criativas de um projeto. Cavallucci (2011), relata que a criatividade é cada vez mais reconhecida no âmbito geral da atividade de projeto, e está no centro de muitas reflexões. E como prova disto, pode-se tomar o grande aumento nas contribuições científicas ao longo dos últimos anos com foco na fase criativa no campo da ciência da informação. Na pesquisa de Cavallucci (2011), na qual ele faz o posicionamento 125 artigos de CAI de acordo com as fases do processo Stage-Gate, também conclui que a fase “Geração de Ideias” estava entre as mais desenvolvidas.

Ao comparar a categoria “Gestão Estratégica” em ambas as pesquisas, percebe-se que o mercado de *software* dá mais importância a essa categoria que a comunidade científica, pois 33% das ferramentas de CAI disponível no mercado são desta categoria. No entanto, apenas 23% dos artigos abordam esta temática.

O mesmo acontece na categoria “Gestão de Patentes”, onde 17% dos *software* de CAI disponível no mercado são desta categoria. E na comunidade científica, esta percentagem é ainda menor, com apenas 5% dos artigos tratando deste tema. A área de gestão de patente é de fundamental importância para a solução de problemas técnicos, pois muitos dos problemas de um projeto já podem ter sido resolvidos ou ainda uma patente pode ser adaptada ou inspirar novas ideias. Leon (2009), comenta que apesar de muitos examinadores de patente serem céticos sobre a adoção de instrumentos computacionais como um substituto para a arte tradicional de análise, o desenvolvimento de um meio de reduzir o número de documentos para analisar é considerado uma alta prioridade, além de reduzir o envolvimento humano e quantidade de documentos a serem lidos.

A categoria criada para esta pesquisa, denominada de “Fundamentos” abrangeu 14% dos temas. Nesta categoria, foram classificados os artigos que tratam os fundamentos teóricos do CAI, ou seja, que tem por objetivo identificar e caracterizar lacunas e tendências na área, de modo a organizar o desenvolvimento e crescimento desta área.

Por último, a categoria “Outros” ficou com uma proporção de sete por cento. Nesta categoria, foram classificados os artigos que não foram possíveis enquadrar nas outras quatro categorias.

De modo geral, ao comparar os dois gráficos, percebe-se que os comportamentos entre o mercado de produtos CAI e a comunidade científica são proporcionais, ou seja, apesar dos números serem um pouco diferentes, as proporções se mantêm, “Gestão de Ideias” sendo a área mais desenvolvida, seguida de “Gestão Estratégica” e por último a “Gestão de Patentes”.

Na Tabela 4.17, é apresentada a evolução dos temas abordados nos artigos no período de 2004 a 2013.

Tabela 4.17 - Evolução dos temas ao longo do período

Ano	Gestão de ideias	%	Gestão de patentes	%	Gestão de estratégias	%	Fundamentos	%	Outros	%	Total
2004	1	17%	0	0%	0	0%	5	83%	0	0%	6
2005	15	68%	1	5%	3	14%	3	14%	0	0%	22
2006	6	60%	0	0%	3	30%	1	10%	0	0%	10
2007	28	60%	3	6%	11	23%	5	11%	0	0%	47
2008	7	33%	2	10%	9	43%	2	10%	1	5%	21
2009	29	64%	2	4%	7	16%	4	9%	3	7%	45
2011	7	29%	0	0%	9	38%	8	33%	0	0%	24
2013	18	43%	3	7%	7	17%	2	5%	12	29%	42
Média		47%		4%		22%		22%		5%	

Em 2004, foram publicados os primeiros seis artigos em um tópico especialmente destinado ao CAI. É possível perceber a grande preocupação destes artigos com os fundamentos teóricos sobre a área, pois 83% dos mesmos estão nesta categoria. Um exemplo disto é o trabalho de Cascini (2004), “*State-of-the-art and trends of computer-aided innovation tools - Towards the integration within the Product Development Cycle*”, que já buscava identificar as futuras necessidades no desenvolvimento de ferramentas de CAI, através da integração do Gerenciamento do Ciclo de Vida do produto (PLM - *Product Lifecycle Management*).

Em 2005, no primeiro congresso sobre CAI, a maioria dos artigos estava na categoria “Gestão de ideias”, com 68% dos trabalhos. Na segunda posição, as categorias “Gestão Estratégica” e “Fundamentos” empatam com 14%. Então é publicado o primeiro artigo na área de “Gestão de Patentes”.

Em 2006 e 2007, um padrão se estabelece. A categoria “Gestão de Ideias” é abordada em 60% dos artigos em ambos os anos. No entanto, somente em 2007 são publicados três artigos na área de “Gestão de Patentes”. Referente a “Gestão Estratégica” há um equilíbrio nas proporções publicadas na área, sendo 30% em 2006 e 23% em 2007. Na categoria “Fundamentos”, o equilíbrio é ainda maior, pois em 2006 houve uma proporção de 10% dos artigos e em 2007 houve 11% de trabalhos.

O ano de 2008 foi atípico, pois a categoria “Gestão de Ideias” teve apenas 33% dos trabalhos nesta área. Enquanto a categoria “Gestão Estratégica” foi a mais abordada, com 43% dos trabalhos. E as categorias “Gestão de Patentes”, “Fundamentos” e “Outros” ficaram com as seguintes proporções, 4%, 9% e 7% respectivamente.

Em 2009, os padrões de 2005, 2006 e 2007 se repetiram. A categoria “Gestão de Ideias” volta figurar como o tema mais abordado, com 64% dos trabalhos. “Gestão Estratégica” fica na segunda colocação, com 16% dos artigos. As demais categorias somaram 20% dos trabalhos.

O ano de 2011 também é atípico, pois a categoria de “Gestão de Ideias” é apenas a terceira categoria com maior número de trabalhos, somando apenas 29% dos artigos. A área mais explorada foi “Gestão Estratégica”, com 38% dos trabalhos. E em segundo lugar ficou a categoria “Fundamentos”, com 33% dos trabalhos.

Em 2013, a grande surpresa foi à categoria “Outros” com 29% dos trabalhos, sendo que a soma dos demais anos chega a 12%. Isto provavelmente ocorreu devido à quinta conferência em CAI ter sido feita em conjunto com quarta conferência em Inovação Sistemática, pois os trabalhos foram publicados todos juntos. Já a categoria “Gestão de Ideias” foi a que teve mais trabalhos, 43% do total. E na terceira posição

ficou a categoria “Gestão Estratégica”, com 17% do total. “Fundamentos” e “Gestão de Patentes” somaram 12% dos artigos.

Ao analisar os dados como um todo, percebe-se que a média ao longo do período da categoria “Gestão de Ideias” ficou em 47%, mostrando ser a área mais desenvolvida, mesmo que nos últimos dois anos esta área tenha sido menos explorada. Também percebe-se que a área de “Gestão de Patentes” é a menos explorada, com uma média de apenas 4% (totalizado somente 11 trabalhos), mostrando que há muito a ser feito. A categoria “Gestão Estratégica”, ficou com uma média de 22%, mas ao longo do período mostrou grande variação, chegando ao pico em 2008 com uma proporção de 48% dos artigos. Um fato interessante é a categoria “Fundamentos”, que teve, pelo menos, uma publicação ao longo dos anos analisados, mostrando a grande preocupação com esta área do CAI.

Na Figura 4.8, são mostrados os resultados da pesquisa de Hüsigg e Khon (2009), demonstrando a distribuição dos *software* de CAI disponível no mercado nas subcategorias.

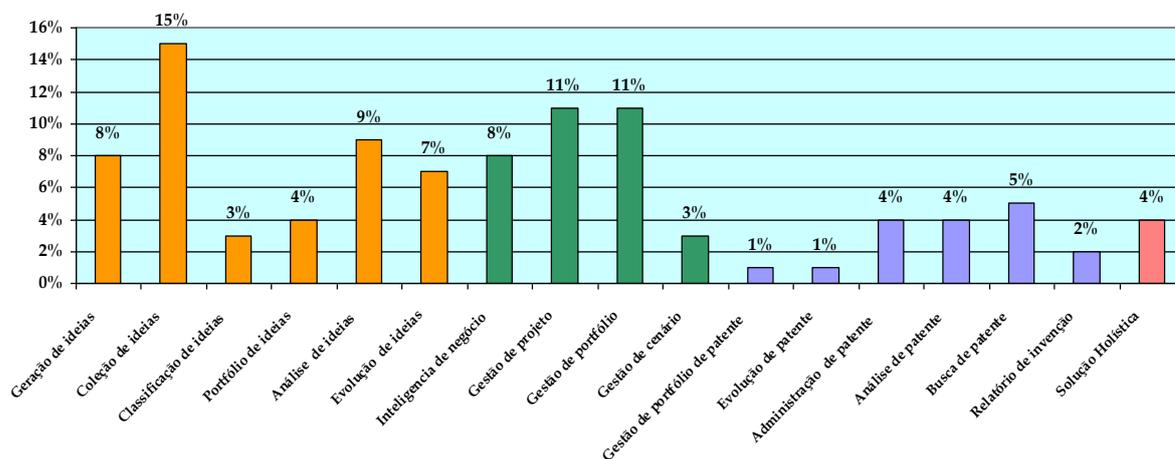


Figura 4.8 – Classificação dos *software* de CAI nas subcategorias do círculo da inovação

Fonte: Adaptado de Hüsigg e Khon (2009, p. 10).

Percebe-se que a subcategoria “Coleção de ideias” é a mais ofertada pelo mercado, com 15% do total, seguido de “Gestão de projeto” e “Gestão de portfólio”, com 11% cada. Isto pode se dar devido à relativa simplicidade destes tipos de *software*. Dentro da categoria “Gestão de Ideias”, outras três subcategorias tem bom destaque, que são, “Análise de ideia”, “Geração de ideia” e “Evolução de ideia”, contabilizando 9%, 8% e 7% respectivamente.

Referente a categoria “Gestão Estratégica”, percebe-se que a subcategoria “Inteligência de negócios” tem 8% das ofertas, enquanto, “Gestão de cenário” possui apenas 3% das ofertas.

Ao observar a categoria “Gestão de Patente”, percebe-se que a subcategoria “Busca de patente” tem a maior oferta no mercado, com 5% do total, seguido de perto por “Administração de patente” e “Análise de patente”, ambas com 4% do total ofertado.

Na figura 4.9, são demonstrados os resultados desta pesquisa em relação à classificação dos temas abordados nos artigos, de acordo com a categorização de Hüsigg e Khon (2009).

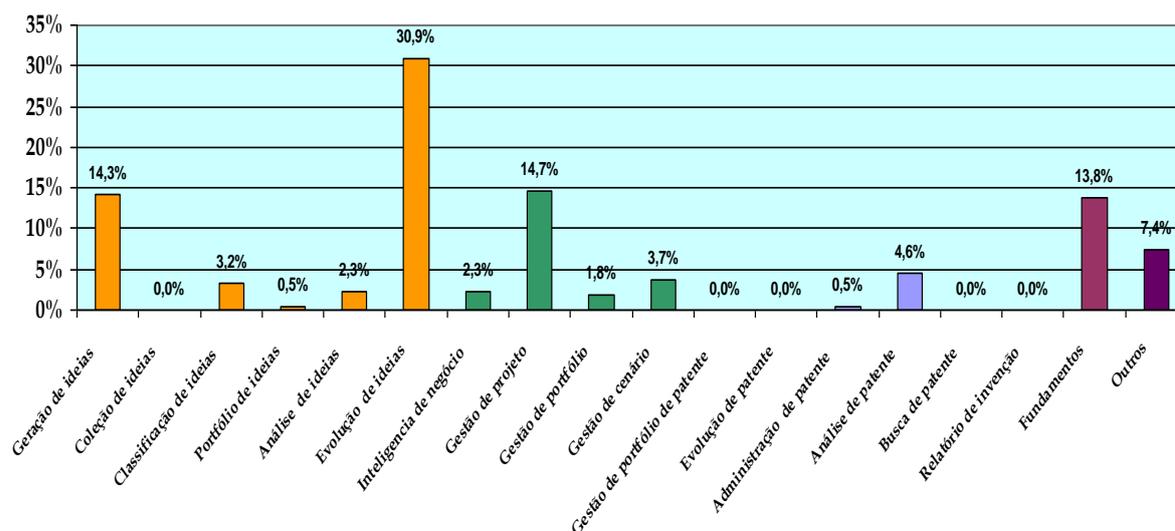


Figura 4.9 – Classificação dos temas abordados nos artigos publicados em CAI
 Fonte: O autor.

Ao analisar os dados da Figura 4.9, nota-se que o tema mais abordado nos artigos deste estudo é “Evolução de ideia”, com 30,9% do total. Nesta subcategoria, estão muitos trabalhos que abordam a otimização dos sistemas técnicos, ou seja, melhorar alguma ideia já existente. León (2009), argumenta que a melhoria do desempenho é comumente obtida primeiro por meio de mudanças quantitativas no projeto paramétrico em busca de otimização, mas uma vez que a melhoria resultante atinge o seu limite e outras melhorias de desempenho não são possíveis, novas mudanças devem ser realizadas por meio de mudanças qualitativas ou mudanças de paradigmas que levam à inovação. O autor também comenta que, tradicionalmente há dois tipos de problemas, os problemas que podem ser resolvidos por métodos de otimização e os que não podem ser resolvidos por tais métodos. Estes argumentos podem responder, de certa forma, o por que deste tema ser o mais abordado.

A segunda subcategoria mais abordada foi “Gestão de Projetos”, com 14,7% do total. León (2009), ressalta que o Processo de Desenvolvimento de produto está cada vez mais exigente e complexo. Portanto, a utilização de *software* de apoio à inovação torna-se um fator-chave no PDP, que pode orientar as equipes de projeto através da complexidade do mercado. Como ferramentas de gerenciamento de ciclo de vida do produto estão sendo integradas com métodos e ferramentas de gestão do conhecimento, novas alternativas surgem a respeito da criação de novos paradigmas de Engenharia. A capacidade de suportar todas as fases do processo de desenvolvimento de produtos de uma forma mais integrada será um dos fatores competitivos mais importantes para estes sistemas nos próximos anos. Em uma visão de engenharia simultânea, de fato, as fases de projeto conceitual, otimização e projeto detalhado devem ser integrados. Para reduzir o tempo de desenvolvimento e aumentar a eficácia, os processos de projeto e desenvolvimento de produto tem de ser considerados como uma interação contínua destas fases.

A subcategoria “Geração de ideias” foi o terceiro tema mais abordado, em 14,3% dos trabalhos. León (2009), comenta que há muitos métodos heurísticos

universais para soluções de problemas aplicados ao projeto conceitual, como *Brainstorming*, *Mind Mapping*, Pensamento Lateral, Matrix Morfológica, *Synectics* e TRIZ, entre outros. No entanto, TRIZ constitui a base de vários pacotes de *software* contendo métodos, procedimentos e diretrizes que ajudam a resolver projeto e outros problemas tecnológicos, uma vez que auxilia na geração de conceito. Portanto, TRIZ suporta a geração de conceitos criativos de projetos que envolvem resolução por eliminação de contradições. Ênfase especial foi colocada sobre o desenvolvimento de ferramentas CAI baseado em TRIZ. Por estas razões, a comunidade científica de CAI aborda tanto este tema.

A quarta subcategoria mais abordada foi “Fundamentos”, em 13,8% dos artigos.

Uma subcategoria importante, porém pouco explorada na comunidade científica de CAI, foi “Análise de patente”, pois apenas 4,6% dos trabalhos abordaram este tema.

Ao comparar os resultados das Figuras 4.8 e 4.9, percebe-se uma diferença no comportamento do mercado de *software* e da comunidade científica de CAI. Esta diferença é natural, pois em alguns pontos os objetivos são diferentes. Por exemplo, a subcategoria mais desenvolvida no mercado de *software* é “Coleção de ideias”. No entanto, na comunidade científica esta subcategoria não tem desenvolvimento. Provavelmente isto se dá à simplicidade desta subcategoria. Já na comunidade científica, a subcategoria mais desenvolvida é “Evolução de ideias”, porém na oferta do mercado de *software*, esta subcategoria representa apenas 7% do total.

Então, ao analisar este comportamento de modo geral, nota-se que a comunidade científica prefere abordar os temas mais complexos da área, enquanto o mercado de *software*, ainda concentra a grande parte de suas ofertas em produtos menos complexos, como “Coleção de ideias”.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo objetivou levantar e caracterizar as frentes de pesquisa na área de Inovação Auxiliada por Computador (CAI), além de identificar as lacunas e tendências, por meio de uma análise bibliométrica e de conteúdo, considerando as publicações feitas nas conferências da IFIP e em tópicos especiais de revistas científicas.

Foram analisados 217 artigos nesta pesquisa, sendo 172 artigos publicados em conferências e 45 em revistas científicas. Observou-se que os anos mais produtivos foram os de 2007, 2009 e de 2013, anos em que ocorreram a segunda, a terceira e a quinta conferência em CAI, organizada pela IFIP. Os anos de 2010 e 2012 foram atípicos, não havendo nenhuma publicação na área, sendo uma das razões a não realização de conferências nestes anos.

Ao analisar a tipologia autoral na área de CAI, percebe-se que ao longo dos anos houve um aumento considerável na média de autores por artigo, ou seja, o número de autores cresceu mais que o de artigos. Isto pode ter ocorrido devido a alguns fatores, tais como: o amadurecimento do tema ao longo do período, encorajando mais pesquisadores a se engajarem nesta área; a necessidade de publicar mais e melhor, pois a co-autoria corrobora para a divisão de tarefas e redução do tempo de desenvolvimento do trabalho; além da colaboração científica poder melhorar a eficiência, a sinergia e a redução de riscos no desenvolvimento da pesquisa. Segundo Acedo *et al.* (2006), nas últimas décadas verificou-se um incremento considerável na produção de artigos em co-autoria, originalmente e mais intensamente nas ciências naturais, e mais recentemente nas ciências sociais.

Ao verificar a aderência da Lei de Lotka à área de CAI, observou-se que 72,7% dos autores tiveram apenas uma publicação, sendo 67,7% a mais do que o proposto por Lotka, mostrando também uma alta porcentagem de autores com baixa taxa de publicações, ou seja, 92,3% dos autores possuem até três publicações. Os resultados

no presente estudo indicam que a distribuição de autores da área de CAI não se ajusta à Lei de Lotka. Mas isto pode ter ocorrido devido ao período curto da análise (7 anos, descontando os dois anos em que não houve publicações), uma vez que o método é indicado para períodos superiores a dez anos.

Na busca de se identificar os pesquisadores mais relevantes na área de CAI, destacam-se quatro autores, Denis Cavallucci, Gaetano Cascini, Noel León e Runhua Tan. Eles são responsáveis tanto pela quantidade quanto pela qualidade das publicações em CAI, pois estes autores aparecem tanto como os autores mais produtivos como os mais citados. Desta forma, é possível afirmar que eles representam a frente de pesquisa em CAI.

O tema CAI tem sido desenvolvido em muitos países, porém 82% da produção científica está concentrada em seis países. No entanto, cinco países se destacam pela grande quantidade e qualidade de suas publicações, são eles, Alemanha, China, França, Itália e México. Então, é possível concluir que estes países, no momento, são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do CAI no mundo.

Ao analisar as características da literatura referenciada nos artigos, observou-se que os conceitos da TRIZ estão muito presentes no embasamento teórico dos pesquisadores da área de CAI. Isto se explica pelo fato das ferramentas de CAI terem sido desenvolvidas a partir dos métodos e ferramentas da TRIZ. No entanto, notaram-se outros conceitos que foram muito referenciados, tais como, Algoritmos Genéticos e Metodologia de Projetos. Fica evidente que a fundamentação teórica na área de CAI está fortemente vinculada a estes conceitos.

A análise de frequência das palavras-chave mostrou que ainda TRIZ é o principal termo utilizado, e CAI/ *Computer Aided Innovation*, ocupa apenas a segunda posição, mostrando que este termo é ainda pouco explorado.

Ao verificar a temática abordada nos artigos, percebeu-se que a categoria “Gestão de Ideias” foi a mais desenvolvida, com 51% dos trabalhos. Dentro desta categoria, nota-se duas grandes áreas de destaques, “Evolução de Ideias” e “Geração de Ideias”, responsável por mais de 45% do total de artigos. Isto mostra uma certa

tendência na produção científica em CAI. Outra subcategoria relativamente bem desenvolvida “Gestão de Projetos”, com 14,7% do total, mostra a grande preocupação da comunidade científica em melhorar esta área do PDP. Também como um ponto positivo, percebeu-se a grande quantidade de trabalhos na categoria “Fundamentos” (13,8%), que teve como principais objetivos estabelecer os fundamentos teóricos do CAI, além de quantificar e qualificar a área, de modo a contribuir com o seu crescimento e desenvolvimento.

Também foi possível identificar uma lacuna importante na área de CAI. A categoria “Gestão de Patente”, foi a menos desenvolvida, com apenas 5% dos trabalhos abordando esta temática. E o estudo está basicamente concentrado em uma única subcategoria denominada de “Análise de Patente”, com 4,5% dos trabalhos. Deste modo, fica evidente a necessidade de haver mais desenvolvimento nesta área que é tão importante para o processo de inovação.

Algumas limitações da pesquisa foram percebidas: os artigos estavam distribuídos em três bases diferentes, e o programa bibliométrico (Sci2 Tool) apenas trabalha com uma base de cada vez. Isto evitou que algumas análises mais complexas fossem realizadas. Outra limitação foi que os artigos da primeira e da última conferência em CAI não estão indexados em uma base de dados científica, sendo assim, não foi possível mensurar o número de citações destas obras.

Este trabalho buscou identificar as origens e fronteiras do conhecimento em CAI, contribuindo para a quantificação e mapeamento da produção científica desta área, além de proporcionar uma estruturação da literatura e estabelecer um panorama que possa orientar futuros desenvolvimentos na área de CAI.

As recomendações apresentadas a seguir dizem respeito à aplicação dos conceitos de bibliometria na área de CAI.

Finalmente, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser feitas:

- a) análise de conteúdo, para quantificar e mapear os temas abordados e, conseqüentemente avaliar a sua evolução ao longo do período;
- b) análise de co-autoria inter-institucional e internacional, para verificar como os pesquisadores se relacionam no desenvolvimento do tema;
- c) um estudo mais profundo referente a literatura citada, para poder levantar e compreender melhor os conceitos envolvidos no tema CAI;

Espera-se que esta dissertação tenha contribuído para um olhar mais profundo sobre o tema CAI, uma vez que nela foram evidenciados os principais temas estudados, autores, instituições e regiões onde se concentra a produção de conhecimento desta área emergente.

REFERÊNCIAS

ALTSHULLER, Genrich. **Creativity as an exact science**. Luxembourg: Gordon and Breach. 1984.

ALVARADO, Rubén Urbizagástegui. **A Lei de Lotka**: modelo lagrangiano de poisson aplicado a produtividade de autores. *Perspectivas em ciência da informação*, v. 8, n. 2, 2008.

ARAÚJO, Carlos Alberto. **Bibliometria**: evolução história e questões atuais. Em *Questão*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2007.

BEAVER, Donald de B. **Reflections on scientific collaboration (and its study)**: past, present, and future. *Scientometrics*, v. 52, n. 3, p. 365-377, 2001.

BACK, N., FORCELLINI, F.A. **Projeto de Produtos**. Apostila da disciplina de projeto conceitual e projeto para manufatura do programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, Florianópolis, 2003.

BUFREM, L.; PRATES Y. **O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação**. *Ciência da Informação*. V. 34, n.2, p. 9-25, 2005.

CASCINI, G. *et al.* **Computer-aided patent analysis**: finding invention peculiarities. IFIP, Volume 250. *Trends in Computer Aided Innovation*, Ed. Springer, p. 167-178, 2007.

CASCINI, Gaetano. **Computer-Aided Innovation (CAI)**: IFIP 20th World Computer Congress, Proceedings of the Second Topical Session on Computer-Aided Innovation, WG 5.4/TC 5 Computer-Aided Innovation, September 7-10, 2008, Milano, Italy. Springer-Verlag New York Incorporated, 2008.

CASTRO, C. de M. **Ciência e universidade**. Rio de Janeiro. Zahar, 56 p. 1997.

CAVALLUCCI, D. **A research agenda for computing developments associated with innovation pipelines**. *Computer in Industry*, volume 62, p. 377-383, 2011.

CAVALLUCCI, Denis; DE GUIO, Roland; CASCINI, Gaetano (Ed.). **Building Innovation Pipelines Through Computer-aided Innovation: 4th IFIP WG 5.4 Working Conference, CAI 2011, Strasbourg, France, June 30 - July 1, 2011, Proceedings**. Springer, 2011.

COOPER, R. G. **Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch**. Second Edition. Reading: Addison-Wesley Publishing. Cap. 5-8, 1993.

DA FONSECA, Edson N.; (org.). **Bibliometria: Teoria e Prática**. São Paulo: Cultrix, 1986.

DE CARVALHO, M. A. **Modelo prescritivo para a solução criativa de problemas nas etapas iniciais do desenvolvimento de produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica); Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

_____. **Metodologia IDEATRIZ para a ideação de novos produtos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção); Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DEQUAN, G.; RUNHUA, T. **Idea generation for fuzzy front end of new product development using CAIs**. International Technology and Innovation Conference 2006. Ed. IEEE. P. 1224-1227, 2006.

DROTT, M. C. **Bradford's law: theory, empiricism and the gaps between, Library trends**, 41-52, Summer, 1981.

DRUMMOND, P. H. F. **O planejamento tecnológico de uma empresa de base tecnológica de origem acadêmica por intermédio dos métodos Technology Roadmapping (TRM), Technology Stage-Gate (TSG) e Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) Tradicional**. Dissertação de Mestrado, UFMG, 2005.

ESPARTEL, Lélis Balestrin et al. **Co-Autoria em Ensino e Pesquisa em Administração e Contabilidade no Brasil: Uma Década em Análise**. Revista de Administração IMED, v. 1, n. 1, 2011.

FINEP. **Glossário de Termos e Conceitos.** Disponível em http://www.finep.gov.br/o_que_e_a_finep/conceitos_ct.asp#indiceI. Acessado em 16 de dezembro de 2011.

FUJITA, Mariângela Spotti Lopes. **A representação documentária de artigos científicos em educação especial:** orientação aos autores para determinação de palavras-chaves. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v. 10, n. 3, p. 257-272, 2004.

GUEDES, V.; BORSCHIVER, S. **Bibliometria:** uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. In: CIFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação, Salvador, Anais... Salvador: ICI/UFBA, 2005.

HUDSON, John. Trends in multi-authored papers in economics. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 10, n. 3, p. 153-158, 1996.

HÜSIG, S., KOHN, S. **Computer Aided Innovation - State of the Art from a New Product Development Perspective.** *Computers in Industry*, volume 60, p. 551-562, 2009.

IFIP. **Information Technology Applications.** Disponível em http://www.ifip.org/bulletin/bulltcs/tc5_aim.htm. Acessado em 11 de fevereiro de 2013.

JIANHUI, Z. *et al.* **Technology innovation of product using CAI system based on TRIZ.** IFIP, Volume 250. *Trends in Computer Aided Innovation*, Ed. Springer, p. 97-106, 2007.

LEÓN, N., *et al.* **Automatic shape variation for optimization and innovation:** shape optimization of cylinderhead gasket using CFD. IFIP - International Federation for Information Processing, Volume 250, *Trends in Computer Aided Innovation*, ed. León, N. (Boston: Springer), p. 179-188. 2007.

LEÓN-ROVIRA, Noel; CHO, Su (Ed.). **Trends in Computer Aided Innovation: Second IFIP Working Conference on Computer Aided Innovation, October 8-9 2007, Michigan, USA.** Springer, 2007.

LEÓN, N., CHO, S. K. **Computer Aided Innovation**. Computers in Industry, volume 60, 2009, p. 537-538.

LEÓN, N., *et al.* **Predicting innovation acceptance by simulation in virtual environments**. IFIP AICT 304, ed. Tan, R., Cao, G., León, N. p. 9-16. 2009.

LIVOTOV, P. **Innovative product development and theory of inventive problem solving**. TriS Europe, Innovator, 2008.

MUELLER, Suzana P. M. **O periódico científico**. In: CAMPELO, B. S.; CENDRÓN, B. V.; KREMER, J. M. (Org.). Fontes de informação para pesquisadores e profissionais. Editora da UFMG, 2006.

NICHOLLS, Paul T. **Bibliometric modeling process and the empirical validity of Lotka's law**. Journal of the American Society for Information Science. V.40, p. 379-385, 1989.

OCDE. **3º Edição do Manual de Oslo**: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica, versão português: FINEP, Rio de Janeiro, 2005.

PAHL, G. *et al.* **Projeto na engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produto, métodos e aplicações. São Paulo: E. Blücher, 2005.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro. **Lei de Bradford**: uma reformulação conceitual. 1989.

PRITCHARD, A. **Statistical bibliography or bibliometrics?** Journal of Documentation, [s. 1.], v. 25, n. 4, p. 338-349, 1969.

QUONIAM, Luc. *et al.* Inteligência obtida pela aplicação de *data mining* em base de teses francesas sobre o Brasil. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 20-28, maio./ago. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v30n2/6208.pdf>>. Acesso em: 24 Nov. 2012.

ROZENFELD, H., *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produto**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAVRANSKY, Semyon D. **Engineering of creativity: Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving.** CRC Press, 2002.

SILVA, M. R. **Análise bibliométrica da produção científica docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Especial da UFSCar: 1998-2003.** dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 2004.

SREEBALAJI, V.S.; SARAVANAN, R. **Development of an Eco-Friendly electrical discharge machine (E-EDM) using TRIZ approach.** IFIP AICT 304, p. 242-248, 2009.

TAN, Runhua; CAO, Guozhong; LEON, Noel (Ed.). **Growth and Development of Computer Aided Innovation: Third IFIP WG 5.4 Working Conference, CAI 2009, Harbin, China, August 20-21, 2009, Proceedings.** Springer, 2009.

URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, Rubén. **A bibliometria no Brasil.** Ciência da Informação. Brasília, 13 (2), 1:91-105, jul./dez., 1984.

URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, Rubén. **A produtividade dos autores na literatura de enfermagem: Um modelo de aplicação da lei de Lotka.** Informação & Sociedade: Estudos, V. 31, p. 14-20, 2002.

URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, Rubén. **A lei de Lotka na bibliometria brasileira.** Ciência da Informação. V. 16, n. 1, p. 63-78, 2006.

VANTI, N. A. P. **Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento.** Ciência da Informação, Brasília, v.31, n.2, p. 152-162, 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ci/v31n2/12918.pdf> >. Acesso em: 28 Mar. 2013.

VANZ, S. A. S.; CAREGNATO, S. E. **Estudos de citação: uma ferramenta para entender a comunicação científica.** Em Questão, v. 9, n. 2, 2007.

VANZ, S. A. S., STUMPF, I. R. C. **Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos.** Inf. & Soc.: Est., João Pessoa, v. 20, n. 2, p. 67-75, 2010.

WEL, Q. *et al.* **Construction and applications of TRIZ based CAI system.** Intelligent Computing and Intelligent Systems, Ed. IEEE, p. 225-228, 2010.

WITTER, Geraldina Porto. **O Ambiente Acadêmico como fonte de Produção Científica.** Informação & Informação, Londrina, v. 1, n. 1, p. 22-26, 1996. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/informacao/viewarticle.php?id=31>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

XU, J., *et al.* **Fostering continuous innovation in design with an integrated knowledge management approach.** Computer in Industry, volume 62, p. 423-436, 2011.

APÊNDICE

Referências dos artigos analisados

Nesta seção são listadas as referências bibliográficas dos 217 artigos utilizados neste estudo.

ABREGO, R; HUANG, J. Systematic Innovation for the Retention and Development of Human Talent. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

ADAMS, C.; TATE, D. Computer-Aided TRIZ Ideality and Level of Invention Estimation Using Natural Language Processing and Machine Learning. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 27-37, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300004 >.

AKBARI, M. Applying TRIZ in Artificial Intelligence. **1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer Aided Innovation**. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 7 p. 2005.

ALBERS, A. et al. Comparison of strategies for the Optimization/Innovation of crankshaft balance. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 201-210, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700020 >.

_____. Optimization with Genetic Algorithms and Splines as a way for Computer Aided Innovation. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 7-18, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800001 >.

_____. Development of an engine crankshaft in a framework of computer-aided innovation. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 604-612, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600008 >.

AMATO, A.; MORENO, A.; SWINDELLS, N. DEPUIS project: Design of environmentally-friendly products using information standards. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 135-143, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to

ISI://WOS:000258428800011 >.

ANDERL, R.; RASSLER, J. PML, an object oriented process modeling language. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 145-156, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800012 >.

ANNARUMMA, M.; PAPPALARDO, M.; NADDEO, A. Methodology development of human task simulation as PLM solution related to OCRA ergonomic analysis. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 19-29, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800002 >.

BEATY, S.; GEORGIEV, I.; JOHNSON, G. Computer-Aided Innovation With the Semantic WEB. **1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer Aided Innovation**. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 10 p. 2005.

BECATTINI, N. et al. Computer-Aided Problem Solving - Part 1: Objectives, Approaches, Opportunities. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 117-131, 2011a. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200010 >.

_____. Computer-Aided Problem Solving - Part 2: A Dialogue-Based System to Support the Analysis of Inventive Problems. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 132-148, 2011b. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200011 >.

_____. Creativity through the eyes of innovation experts and novices: similarity and differences. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

BELKADI, F. et al. Innovative PLM-based approach for collaborative design between OEM and suppliers: Case study of aeronautic industry. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 157-168, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800013 >.

BEN MAHMOUD, H. et al. A multiobjective-optimization approach for a piloted quality-management system: A comparison of two approaches for a case study. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 460-466, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300010 >.

BRUESEKE, U.; GAUSEMEIER, J. Employment of Bibliometric Analysis in the Strategic Early-warning. **1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer Aided Innovation**. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 11 p. 2005.

BULTEY, A.; DE BEUVRON, F.; ROUSSELOT, F. A substance-field ontology to support the TRIZ thinking approach. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 113-124, 2007. ISSN 09528091 (ISSN).

BURKI, L.; CAVALLUCCI, D. Measuring the Results of Creative Acts in R&D: Literature Review and Perspectives. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 163-177, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000303103200013 >.

CAMELO, D.; VIDAL, R.; MULET, E. A Heuristic Approach to the Convergence of Solution Space in CAI. **1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer Aided Innovation**. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 10 p. 2005.

CAO, G.; GUO, H.; TAN, R. Effect and effect chain in functional design. In: WANG, K.; KOVACS, G. L., *et al* (Ed.). **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**. New York: Springer, v.207, 2006. p.412-420. (International Federation for Information Processing). ISBN 1571-57360-387-34402-0.

CAO, G.; TAN, R. FBES model for product conceptual design. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 22-36, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846966288&partnerID=40&md5=b978bfa4731fdd3ecf0f8e4fc8427a43> >.

CAO, G.; TAN, R.; LIAN, B. Research and implementation of product functional design based on effect. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 67-76, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000251055700007 >.

CARDILLO, A. et al. A Novel Paradigm for Computer-Aided Design: TRIZ-Based Hybridization of Topologically Optimized Density Distributions. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 38-50, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000273429300005 >.

_____. Computer-aided embodiment design through the hybridization of mono objective optimizations for efficient innovation process. **Computers in Industry**, v.

62, n. 4, p. 384-397, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300003 >.

CASCINI, G. State-of-the-art and trends of computer-aided innovation tools - Towards the integration within the Product Development Cycle. **Building the Information Society**, v. 156, p. 461-470, 2004. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000226961300040 >.

CASCINI, G.; AGILI, A.; ZINI, M. Building a Patents Small-World Network as a Means for Computer Aided Innovation. **1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer Aided Innovation**. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 10 p. 2005.

CASCINI, G.; RUSSO, D. Computer-aided analysis of patents and search for TRIZ contradictions. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 52-67, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846999862&partnerID=40&md5=25797dbe66580e73301fa0f8ed16283d> >.

CASCINI, G.; RUSSO, D.; ZINI, M. Computer-aided patent analysis: finding invention peculiarities. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 167-178, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700017 >.

CASCINI, G.; ZINI, M. Measuring patent similarity by comparing inventions functional trees. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 31-42, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800003 >.

CAVALLUCCI, D. A research agenda for computing developments associated with innovation pipelines. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 377-383, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300002 >.

CAVALLUCCI, D.; ELTZER, T. Parameter network as a means for driving problem solving process. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 125-136, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549165671&partnerID=40&md5=1ccb6411f1b14d52bd51b7ae5e973f31> >.

CAVALLUCCI, D.; KHOMENKO, N. From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing complexity challenges in inventive design. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 4-21, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0->

33846995432&partnerID=40&md5=2ea4eef18ea04a526e91397ccf16fe64 >.

CAVALLUCCI, D.; LEON, N. Towards "inventiveness-oriented" CAI tools. **Building the Information Society**, v. 156, p. 441-452, 2004. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000226961300038 >.

_____. Computer-supported innovation pipelines: Current research and trends. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 375-376, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300001 >.

CAVALLUCCI, D.; ROUSSELOT, F.; ZANNI, C. Representing and selecting problems through contradictions clouds. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 43-56, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800004 >.

_____. Monitoring the Impact of Solution Concepts within a Given Problematic. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 1-8, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300001 >.

CEBRIAN-TARRASON, D.; VIDAL, R. How an ontology can infer knowledge to be used in product conceptual design. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 57-68, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800005 >.

CEVENINI, C. et al. Development of the ALIS IP ontology: Merging legal and technical perspectives. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 169-180, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800014 >.

CHANG, P. Applying FMEA on Value Management incorporating TRIZ Model-illustrated on bridge seismic code reinforcement. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

CHEN, T.; SHAO, Y.; TANG, X. Problem Solving Process Research of Everyone Involved in Innovation Based on CAI Technology. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 321-327, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300035 >.

CHEN, Y.; TSAI, J.; LI, S. Innovative Design on a Golf Training Device. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 12 p. 2013.

CHEN, Z.; TAN, R. Study on integrating application method for AD and TRIZ. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 421-432, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000238318500058 >.

CHINKATHAM, T.; CAVALLUCCI, D.; KNITTEL, D. Robust Inventive Solution Concept by Optimization. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 10 p. 2013.

COLOMBO, G.; PUGLIESE, D.; RIZZI, C. Developing DA applications in SMEs industrial context. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 69-82, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000258428800006 >.

COMPANY, P. et al. Computer-aided sketching as a tool to promote innovation in the new product development process. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000270631600007 >.

CONRARDY, C.; DE GUIO, R. Automatic Extraction of a Contradiction Genealogic Tree from Optimization with an Object-Oriented Simulator. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 71-94, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000303103200007 >.

CRAWFORD, B.; DE LA BARRA, C.; LETELIER, P. Communication and creative thinking in agile software development. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 205-216, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000258428800017 >.

CUGINI, U. et al. Integrated Computer-Aided Innovation: The PROSIT approach. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 629-641, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000270631600011 >.

CUGINI, U.; CASCINI, G.; UGOLOTTI, M. Enhancing interoperability in the design process, the PROSIT approach. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 189-199, 2007. ISSN 1571-5736.

DE CARVALHO, M. Effective New Product Ideation: IDEATRIZ Methodology. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 127-140, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300014 >.

DE OLIVEIRA, L. DE CARVALHO, M. Computer Aided Innovation from the Perspective of Bibliometrics Analysis: a Literature Review. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

DEWULF, S.; THEETEN, V. **INNOVATION THROUGH VARIATION. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDED INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.**: 11 p. 2005.

DORR, N.; BEHNKEN, E.; MULLER-PROTHMANN, T. Web-based Platform for computer aided innovation. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 229-237, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800019 >.

DUBOIS, S.; ELTZER, T.; DE GUIO, R. A dialectical based model coherent with inventive and optimization problems. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 575-583, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600005 >.

DUBOIS, S. et al. A model for problem representation at various generic levels to assist inventive design. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 105-112, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549088356&partnerID=40&md5=6a5810cc1a40183bead328bebc65aea> >.

DUBOIS, S.; RASOVSKA, I.; DE GUIO, R. Comparison of non solvable problem solving principles issued from CSP and TRIZ. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 83-94, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800007 >.

_____. Towards an Automatic Extraction of Generalized System of Contradictions Out of Solutionless Design of Experiments. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 70-79, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300008 >.

DUIN, H. et al. Towards a framework for collaborative innovation. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 193-204, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: <

<Go to ISI>://WOS:000258428800016 >.

DURAN-NOVOA, R. et al. Inventive problem solving based on dialectical negation, using evolutionary algorithms and TRIZ heuristics. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 437-445, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300008 >.

ELTZER, T.; DEGUIO, R. Constraint based modelling as a mean to link dialectical thinking and corporate data. Application to the Design of Experiments. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 145-155, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700015 >.

GAN, D. et al. The Prompt Design of CNC Grinder Based on Flexible Product Platform. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 108-116, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300012 >.

GANGFENG, W. et al. Process Innovation Knowledge Accumulation Method Based on Bilayer Social Wiki Network. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

GAO, C. et al. Research and Development for Technology Evolution Potential Forecasting System. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 276-285, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300030 >.

GEIS, S.; MAIHÖFER, M.; OVTCHAROVA, J. **EFFICIENT AND SUSTAINABLE DEFECT AND DECISION ANALYSIS FOR AN INNOVATIVE VEHICLE LIFECYCLE MANAGEMENT** 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.: 12 p. 2005.

GERO, J.; KANNENGIESSER, U. Locating creativity in a framework of designing for innovation. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 57-66, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700006 >.

_____. Understanding Innovation as Change of Value Systems. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 249-257, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300027 >.

GRAZIOSI, S. et al. A systematic innovation case study: new concepts of domestic appliance drying cycle. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 181-192, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800015 >.

GUO, J. et al. Forecasting Process of Disruptive Technology Based On Function Innovation. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

HAQ, M.; RUDOLPH, S. **A DESIGN LANGUAGE FOR GENERIC SPACE FRAME STRUCTURE DESIGN 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005**. ULM, GERMANY.: 15 p. 2005.

_____. A design language for generic space-frame structure design. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 77-87, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549119883&partnerID=40&md5=2535d572b848bf854aa5735085e44d91> >.

HE, L.; NIU, Z.; CHEN, D. Research on development of color sorter using TRIZ. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 465-470, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500063 >.

HESMER, A. et al. Supporting the sytematization of early-stage-innovation by means of collaborative working environments. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 135-144, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700014 >.

HSIEF, F. A Novel Scheme to Support Intra-enterprise Collaboration and Automation of Workflows based on Cooperation of Agents. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 12 p. 2013.

HOUSSIN, R.; COULIBALY, A. An approach to solve contradiction problems for the safety integration in innovative design process. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 398-406, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300004 >.

HUA, Z.; HUANG, F.; WANG, W. A method of product improvement by integrating FA with TRIZ software tools. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 122-135, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846995431&partnerID=40&md5=dabb8822fd652b35f2ae501cfca535fc> >.

HUANG, C.; LIN, J.; TARNG, Y. Development of an auto-painting technology for dental burs. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 137-146, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549167255&partnerID=40&md5=2d6eed3e91149d3a35055fda53a76c4c> >.

HUSIG, S. The CAI-NPD-Systems Maturity Model as Forecasting Method: From Closed CAI 1.0 to Holistic CAI 2.0 Solutions. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 29-42, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200004 >.

HUSIG, S.; KOHN, S. Computer aided innovation-State of the art from a new product development perspective. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 551-562, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600003 >.

_____. "Open CAI 2.0" - Computer Aided Innovation in the era of open innovation and Web 2.0. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 407-413, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300005 >.

IKOVENKO, S. TRIZ and Computer Aided Inventing. **Building the Information Society**, v. 156, p. 475-485, 2004. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000226961300042 >.

JOST, A.; PFENNIG, L. **COMPUTER AIDED INNOVATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDED INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.:** 8 p. 2005.

KHOMENKO, N.; DE GUIO, R. OTSM Network of Problems for representing and analysing problem situations with computer support. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 77-88, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700008 >.

KHOMENKO, N. et al. A framework for OTSM-TRIZ-based computer support to be used in complex problem management. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 88-104, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549151199&partnerID=40&md5=b592252172f28c0f61d5083d2462b524> >.

KOHN, S.; HÜSIG, S. Development of an empirical-based categorisation scheme for CAI software. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 33-46, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549111990&partnerID=40&md5=c8617d4df3cb76825c7d91936014c6ca> >.

KOHN, S. et al. **DEVELOPMENT OF AN EMPIRICAL BASED CATEGORISATION SCHEME FOR CAI SOFTWARE. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDED INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.:** 15 p. 2005.

KUHN, O.; LIESE, H.; STJEPANDIC, J. Engineering optimisation by means of knowledge sharing and reuse. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 95-106, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800008 >.

_____. Methodology for Knowledge-Based Engineering Template Update. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 178-191, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200014 >.

LAN, W. et al. Yield Improvement for MCM IC Assembling. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.

LEON, N. The future of computer-aided innovation. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 539-550, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600002 >.

LEON, N. et al. Computer Aided Optimization/Innovation of Passive Tracking Solar Concentration Fresnel Lens. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 57-70, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200006 >.

_____. **AUTOMATIC SHAPE VARIATIONS IN 3D CAD ENVIRONMENTS. 1ST**

IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION
NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY. ULM, GERMANY.: 13 p. 2005.

_____. Automatic shape and topology variations in 3D CAD environments for genetic optimisation. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 59-68, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549163324&partnerID=40&md5=7a076dbec8932788420cd69fce2a8f47> >.

_____. Automatic shape variations for optimization and innovation. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 179-188, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700018 >.

_____. Predicting Innovation Acceptance by Simulation in Virtual Environments (Theoretical Foundations). **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 9-16, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300002 >.

_____. Optimization vs innovation in a CAE environment - Towards a 'Computer Aided Inventing' Environment. **Building the Information Society**, v. 156, p. 487-495, 2004. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000226961300043 >.

_____. **AUTOMATIC CHANGES IN TOPOLOGY OF PARTS IN 3D CAD SYSTEMS. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.: 12 p. 2005.**

LEON, N.; URESTI, E.; ARCOS, W. Fan-shape optimisation using CFD and genetic algorithms for increasing the efficiency of electric motors. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 47-58, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549103324&partnerID=40&md5=e047f4f4405fdc20bd62dac9b9f95b45> >.

LI, K. et al. The Computer Aided Innovation System Based on the Wide Area Network and Mobile Terminal. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

LI, H.; TAN, H.; PING, J. Based on TRIZ Functional Analysis for Utility Model Patents Design Around. **The Joint International Conference on Systematic**

Innovation & Computer Aided Innovation. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

LI, L.; LI, G.; HUANG, S. Research on product innovative design method driven by client demands. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 433-439, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500059 >.

LI, Q. et al. Product Integrated Innovation Based on Function. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 59-69, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300007 >.

LI, S. Et al. Applying Extenics in the Project-based Learning to Improve Students' Innovation Ability. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 6 p. 2013.

LI, X. et al. Research on TRIZ and CAIs Application Problems for Technology Innovation. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 193-202, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300021 >.

LI, Y. et al. Research on Computer Aided Innovation Model of Weapon Equipment Requirement Demonstration. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 154-159, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300016 >.

LIAN, B. et al. Axiom-based potential functional failure analysis for risk-free design. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 107-114, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700011 >.

LIANG, Y. et al. Computer-Aided Analysis of Patents for Product Technology Maturity Forecasting. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 295-303, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300032 >.

LIANG, Y.; TAN, R. A text-mining-based patent analysis in product innovative process. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 89-96, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700009 >.

LIN, C. Using Zen Meditation Practices for “In the Zone” Systematic Innovation Thinking. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

LIU, F. et al. Study on Capturing Functional Requirements of the New Product Based on Evolution. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 286-294, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300031 >.

LIU, H. **GENERATIVE DESIGN SUPPORTED BY EVOLUTIONARY APPROACH. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDED INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.:** 9 p. 2005.

LIU, H. et al. A Sustainable Model of Function Decomposition Based on Effect. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 1-6, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200001 >.

LIU, H.; LI, Y. Generative design supported by evolutionary computing approach. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 69-76, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549145318&partnerID=40&md5=57acdc97a21a8444bd01cf02c14a859e >.

LIU, H.; LIU, X. Generative art images by complex functions based genetic algorithm. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 125-134, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700013 >.

LIU, S.; SHI, D.; ZHANG, Y. A Planning Approach of Engineering Characteristics Based on QFD-TRIZ Integrated. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 117-126, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300013 >.

LIU, X.; LIU, H. Creative tower generated by computational intelligence. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 33-43, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700004 >.

LIU, X.; LIU, H.; ZHENG, Y. Creative Conceptual Design Based on Evolutionary DNA Computing Technique. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 231-241, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to

ISI>://WOS:000273429300025 >.

LIVOTOV, P.; MURNIKOV, D. **COMPUTER-AIDED APPROACH FOR SCENARIO PLANNING OF INNOVATION STRATEGIES AND ITS APPLICATION FOR INNOVATIVE CONCEPT DEVELOPMENT IN SOFTWARE ENGINEERING** 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.: 8 p. 2005.

LOZANO, D.; NADAL, R.; DASÍ, M. **TRIZ APPLIED FOR ECO-INNOVATION IN DESIGN FOR DISASSEMBLY.** 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.: 15 p. 2005.

LU, Y. Computer simulation of a 3D free-form surface normal machining by 4SPS + RPS and 5SPS/UPU parallel machine tools. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 147-153, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549091361&partnerID=40&md5=10bb97df046f3858846fbbf13ff12a2f> >.

LUXIMON, A.; LUXIMON, Y. Shoe-last design innovation for better shoe fitting. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 621-628, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600010 >.

MA, J.; TAN, R. Modeling the variability with UML for TRIZ based CAI system. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 406-411, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500056 >.

MA, J. et al. Construction of the Dependence Matrix Based on the TRIZ Contradiction Matrix in OOD. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 219-230, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300024 >.

MA, L. et al. UXDs-Driven Transferring Method from TRIZ Solution to Domain Solution. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 51-58, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300006 >.

MA, L.; TAN, R. The determination method and resolving procedure of design conflict based on evolution pattern and prerequisite tree. **Knowledge Enterprise:**

Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management, v. 207, p. 457-464, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500062 >.

MA, Q. et al. Flexible Product Platform Based on Design Parameters. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 7-15, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200002 >.

MALININ, L. APPLICATION OF TRIZ TO DESIGN OPTIMIZATION PROBLEMS. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDED INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.: 9 p. 2005.

MANN, D. SYSTEMATIC CREATIVITY ALGORITHMS: NEW PARADIGM OPPORTUNITIES FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMATIC CREATIVITY ALGORITHMS: NEW PARADIGM OPPORTUNITIES FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE ULM, GERMANY.: 7 p. 2005.

_____. Defining 'breakthrough' product design solutions. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 136-145, 2007a. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846968120&partnerID=40&md5=3f4110bc210619049b4b5e943a0c8394> >.

_____. Emergent contradictions: A synthesis of TRIZ and complex systems theory. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 23-32, 2007b. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700003 >.

MICHELINI, R.; RAZZOLI, R. Product lifestyle design: Innovation for sustainability. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 217-228, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800018 >.

MITAL, A.; DESAI, A. Enhancing the product development process through a sequential approach part I: Product design. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 146-170, 2007a. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846962818&partnerID=40&md5=d7b1c3606d66f9cede98af86906babfd> >.

_____. Enhancing the product development process through a sequential approach part II: Assembly and disassembly. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 171-185, 2007b. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: <

<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846951131&partnerID=40&md5=959b8bf43b211beded887017af93bedf> >.

_____. Enhancing the product development process through a sequential approach part III: Manufacturing. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 186-206, 2007c. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846973343&partnerID=40&md5=1693ad860ef9e38e3ceb72fbdbe8c4c8> >.

NYBACKA, M.; LARSSON, T.; ERICSON, A. Collaboration in automotive winter testing - Real-time simulations boosting innovation opportunities. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 211-220, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700021 >.

OK, M.; KWON, T. A conceptual framework of the cooperative analyses in Computer-Aided Engineering. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 239-245, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800020 >.

PAN, C.; ZHANG, J. Optimization and Innovation of Screw Joints of Micron-Wood-Fiber Molded Products. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 314-320, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300034 >.

PARK, D.; KIM, D.; JUNG, M. Idea creation system & intensive thinking activities with TRIZ in industrial company. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

PING, E. et al. Study on Radical Innovation Technology Prediction Based on TRIZ Final Ideal Solutions and Technology Evolution. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 14 p. 2013.

RAMIREZ, C. et al. CAI for Minimizing Movement of Solar Tracking Concentrators. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 43-56, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200005 >.

RAO, K.; SELLADURAI, V.; SARAVANAN, R. TRIZ Tool for Optimization of Airport Runway. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304,

p. 80-88, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300009 >.

REGAZZONI, D.; NANI, R. TRIZ-based patent investigation by evaluating inventiveness. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 247-258, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800021 >.

RUNHUA, T. **PROCESS OF TWO STAGES ANALOGY-BASED DESIGN EMPLOYING TRIZ. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY. ULM, GERMANY.:** 10 p. 2005.

RUSSO, D. A Computer Aided Strategy for More Sustainable Products. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 149-162, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200012 >.

SHAHDAD, M.; FILMORE, P. Applying TRIZ to Graphic Design using Genetic Algorithms. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

SHELTON, K.; ARCISZEWSKI, T. Formal innovation criteria. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 21-32, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549141318&partnerID=40&md5=bd44715515aa22f500038142315f431f> >.

SHEU, D.; CHIU, S. Using Mathematical Methods to Identify TRIZ Model of Solutions: Examples of Relevant Trends Identifications. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

_____. Ho, C. L. Product Trimming Through Integration Using Affinity Measures and Dendrogram. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.

_____. CHEN, R.; RAU, H. Failure-Avoidance Oriented Problem Solving Method for Product Improvement. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.

SHI, D.; SHI, X.; ZHAO, C. The Innovative Solution of Typical Engineering Based on Function Model. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation: Third Ifip Wg 5.4 Working Conference, Cai 2009**, v. 304, p. 258-265, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300028 >.

SIRE, P. Lessons learnt in the introduction of TRIZ at IBM Corporation. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

SLOCUM, M. S. Computer aided comprehensive Design for Six Sigma (DFSS) and Axiomatic Design (AD): Computer Aided Performance Excellence (CAPE). **Building the Information Society**, v. 156, p. 471-474, 2004. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000226961300041 >.

SORLI, M. et al. **FOSTERING INNOVATION IN PRACTICE THROUGH TRIZ-BASED CAI TOOL. 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY. ULM, GERMANY.:** 14 p. 2005.

_____. Fostering innovation in practice through TRIZ-based CAI tools. **International Journal of Computer Applications in Technology**, v. 30, n. 1-2, p. 3-20, 2007. ISSN 09528091 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-41549105840&partnerID=40&md5=78e0ddb5f958f3c53c4c97a520d70c56> >.

SOSA, R.; GERO, J. Computational explorations of compatibility and innovation. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 13-22, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700002 >.

SREEBALAJI, V.; SARAVANAN, R. Development of an Eco-Friendly Electrical Discharge Machine (E-EDM) Using TRIZ Approach. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 242-248, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300026 >.

SUN, J. et al. Method for PE Pipes Fusion Jointing Based on TRIZ Contradictions Theory. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 17-26, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300003 >.

SUYANG, L. et al. Applying Extenics in the Project-based Learning to Improve Students' Innovation Ability. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 6 p. 2013.

SYAL, G.; SUYAM-WELAKWE, N.; TIXIER, V. Technical Facets of a New Methodology to Describe Processes Contemplating Networking of Computer Aided Engineering Methods. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 95-105, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000303103200008 >.

TAKEYASU, H.; TAKEYASU, K. A Hybrid Method to Improve Forecasting Accuracy An Application to Production Data of Various Noodles. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 17 p. 2013.

_____. A Hybrid Method to Improve Forecasting Accuracy in the Case of the Processed Cooked Rice. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 12 p. 2013.

TAKEYASU, K.; HIGUCHI, Y.; NAKATUKA, M. Optimization in Allocating Goods to Shop Shelves Utilizing Genetic Algorithm – An Application to the Shop Shelves for Yogurt Sales data. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 14 p. 2013.

TAKEYASU, T.; ISHIO, C. Questionnaire Investigation on Jewelry / Accessory and its Sensitivity Analysis Utilizing Bayesian Network. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 25 p. 2013.

_____. KAWAMURA, K. Consumers' Activities for Brand Selection Questionnaire Investigation To Automobile Purchasing Case. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

TAN, R. Process of two stages Analogy-based Design employing TRIZ. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 109-121, 2007a. ISSN 14779056

(ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846946461&partnerID=40&md5=4b0df8c6c19f17c83cb05cbfc58771dc> >.

_____. UXDs-driven contradiction solving for conceptual design using CAIs. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 1-11, 2007b. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700001 >.

_____. Eliminating technical obstacles in innovation pipelines using CAIs. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 414-422, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300006 >.

TAN, R. et al. UXDs-driven conceptual design process model for contradiction solving using CAIs. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 584-591, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600006 >.

TELES, V.; RESTIVO, F. Innovation in information systems applied to the shoes retail business. **Computer-Aided Innovation (Cai)**, v. 277, p. 107-118, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000258428800009 >.

TELLEZ, H.; NOEL, L. Computer aided innovaton of crankshafts using genetic algorithms. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 471-476, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500064 >.

TSAI, J.; CHEN, Y. Design for a Balls Collector with TRIZ-based Systematic Innovation Method. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.

_____. Design for a Multi-Functional Armrests of a Toilet Stool with TRIZ-based Systematic Innovation Method. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.

VERHAEGEN, P. et al. Identifying candidates for design-by-analogy. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 446-459, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300009 >.

VIDAL, R. et al. Exploring the inclusion of design factors in computer aided inventing. **Building the Information Society**, v. 156, p. 453-459, 2004. ISSN 1571-

5736. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000226961300039 >.

WALKER, A.; COX, J. Virtual product development models: Characterization of global geographic issues. **Computer-Aided Innovation (CAI)**, v. 277, p. 119-131, 2008. ISSN 1571-5736. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000258428800010 >.

WANG, J.; LIU, H. Study of 3D Model Function-Coded Genome in Evolutionary Design. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 141-153, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000273429300015 >.

WANG, L. et al. Research on Extracting the Laws of Product Function Evolution based on Patent Knowledge Mining. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 15 p. 2013.

WANG, S. Development of a Brainwave Consciousness-based Entertainment Toys with TRIZ-based Systematic Innovation Method. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 6 p. 2013.

WEI L. et al. Research on Multi Biological Effects Modeling Method Based on Symbols. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

WEI, Z. et al. The Application of LT-Table in TRIZ Contradiction Resolving Process. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 266-275, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000273429300029 >.

WEIGT, M.; SEIDEL, M. Methodical Support of the Fuzzy Front End of the Innovation Process and Implications for Software Engineering. **1ST IFIP TC5 Working Conference on Computer Aided Innovation**. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 13 p. 2005.

WENDAN, Y. et al. Research on Petri Nets Model of Concept Design. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

WUTTKE, F.; BOHN, M.; SUYAM-WELAKWE, N. Early Robust Design Approach

for Accelerated Automotive Innovation Processes. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 16-28, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200003 >.

XIE, J.; TANG, X.; SHAO, Y. Research on Product Conceptual Design Based on Integrated of TRIZ and HOQ. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 203-209, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300022 >.

XIN-JUN, Z.; BIN, F.; MING-XI, H. RESEARCH ON PRODUCT TECHNICAL FORECASTING SYSTEM BASED ON TRIZ 1ST IFIP TC5 WORKING CONFERENCE ON COMPUTER AIDE INNOVATION NOVEMBER 14-15 2005. ULM, GERMANY.: 8 p. 2005.

XU, J. et al. Fostering continuous innovation in design with an integrated knowledge management approach. **Computers in Industry**, v. 62, n. 4, p. 423-436, May 2011. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290608300007 >.

YAN, H. et al. The Research of Platform-Based Product Configuration Model. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 89-96, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300010 >.

YANG, B.; TAN, R.; TIAN, Y. Development of a CAI system of standard solutions based on TRIZ. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 477-482, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500065 >.

YANG, B. et al. Development of standard solutions CAI system with UML and XML. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 157-165, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700016 >.

YANG, H.; CHENG, H. The TRIZ Applications on Radical Innovations. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

YANG, W. et al. Application of TRIZ Theory in Patternless Casting Manufacturing Technique. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 169-174, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300018 >.

YANG, Y.; SHAO, Y.; TANG, X. A Study on the Application of the Extended Matrices Based on TRIZ in Constructing a Collaborative Model of Enterprise Network. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation: Third Ifip Wg 5.4 Working Conference, Cai 2009**, v. 304, p. 175-184, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300019 >.

YANG, X. et al. Research on the Extraction Method of Sustainable Design Criteria Based on Patent Knowledge Mining. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

YEZERSKY, G. General theory of innovation - An overview. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 45-55, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700005 >.

YILDIZ, A. A new design optimization framework based on immune algorithm and Taguchi's method. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 613-620, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600009 >.

YOO, S. et al. Future of CAE and implication on engineering education. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 221-229, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700022 >.

YU, H. et al. The Defect Detection of Fibre Boards Gluing System Based on TRIZ. **Building Innovation Pipelines through Computer-Aided Innovation**, v. 355, p. 106-116, 2011. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000303103200009 >.

YU, H.; FAN, D.; ZHANG, Y. The Research of Improving the Particleboard Glue Dosing Process Based on TRIZ Analysis. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 97-107, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300011 >.

YU, K.; LAU, T. Practical problem solving by TRIZ enriched with weighted average scoring. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 80-95, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846978066&partnerID=40&md5=26a1348f267e57d7afbb56be20285f49> >.

ZANNI-MERK, C.; CAVALLUCCI, D.; ROUSSELOT, F. An ontological basis for

computer aided innovation. **Computers in Industry**, v. 60, n. 8, p. 563-574, Oct 2009. ISSN 0166-3615. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000270631600004 >.

ZHANG, C. et al. A Study on DFSS Design Pattern Innovation. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 11 p. 2013.

ZHANG, F.; LIU, H.; ZHANG, L. The innovative design of reciprocating seal for hydraulic cylinder based on TRIZ evolution theory. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 440-449, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500060 >.

ZHANG, F. et al. Study on Product Innovative Design Process Driven by Ideal Solution. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 160-168, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300017 >.

ZHANG, F.; XU, Y. Research on technical strategy for new product development based on TRIZ evolution theory. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 96-108, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846969533&partnerID=40&md5=342c1c61a9a0b27ee7013a053b431a73 >.

ZHANG, J. et al. Innovative design of the seal structure of butterfly valve based on TRIZ. **Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management**, v. 207, p. 450-456, 2006. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000238318500061 >.

_____. Technology innovation of product using CAI system based on TRIZ. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 97-106, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700010 >.

_____. Needs Evolution-driven Product User Needs Information Acquisition Supported by CAI System. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 16 p. 2013.

ZHANG, M.; KIRKOVSKY, A.; PESETSKY, S. **Engineering Creativity and Knowledge Management Powred by RCA, Ontology and TRIZ. 1ST IFIP TC5**

Working Conference on Computer Aided Innovation. November 14-15 2005. Ulm, Germany.: 11 p. 2005.

ZHANG, P. et al. Implementation of Complexity Analyzing Based on Additional Effect. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 304-313, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300033 >.

ZHANG, P.; TAN, R. Using the CAI software (InventionTool 3.0) to solve complexity problem. **Trends in Computer Aided Innovation**, v. 250, p. 115-123, 2007. ISSN 1571-5736. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000251055700012 >.

ZHANG, R.; LIANG, Y. A conceptual design model using Axiomatic Design and TRIZ. **International Journal of Product Development**, v. 4, n. 1-2, p. 68-79, 2007. ISSN 14779056 (ISSN). Disponível em: < http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846999296&partnerID=40&md5=7853efb9e5b56bc3833ed4daf9c4909a >.

ZHAO, C.; SHI, D.; WU, H. Innovating Method of Existing Mechanical Product Based on TRIZ Theory. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 210-218, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300023 >.

ZHAO, R.; CHENG, S.; GUO, Z. Experimental Study of Packaging Structure Design Based on TRIZ. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation.** June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.

ZHAO, X.; ZHANG, S. The Evolvement of Automobile Steering System Based on TRIZ. **Growth and Development of Computer-Aided Innovation**, v. 304, p. 185-192, 2009. ISSN 1868-4238. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000273429300020 >.

ZHAO, X. Research on New Kind of Plough with TRIZ and Design of Experiment. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation.** June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 5 p. 2013.

_____. Design and Development of TRIZ Online Education Platform based on XML and ASP. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation.** June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 6 p. 2013.

ZHOU, X. et al. A Unified Model of Inventive Problem Solving Method integrating Classical TRIZ with Extenics. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 9 p. 2013.

_____. An expression of ideality based on TRIZ, Extenics and Lattice Theory. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 5 p. 2013.

ZOU, D. at al. The Application Analysis of TRIZ in Solving Problems of the Glasses for Nearsightedness. **The Joint International Conference on Systematic Innovation & Computer Aided Innovation**. June 27-29, 2013. Hsinchu, Taiwan. 8 p. 2013.