

Sistema Especialista Gerador de Indicadores de Inovação.

Instituição: ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil.

Autores:

Raquel Dias, ITA - Engenharia Aeronáutica e Mecânica- Área: Produção. E-mail: raqueld@ita.br.

Arnoldo Souza Cabral, ITA - Engenharia Mecânica - Área: Produção. E-mail: cabral@ita.br.

Takashi Yoneyama, ITA - Engenharia Eletrônica e Computação - Área: Controle. E-mail: takashi@ita.br.

Abstract

The objective of this research is to propose a model to generate indicators for assessing the degree of innovation of enterprises. The model would work as an expert system able to identify and evaluate the microeconomic variables, and the factors that influence the innovation ability of firms, revealing both their actual degree of innovation, and its potential for such. It is intended to obtain punctual indicators of innovation and performance of the different areas included in the index, revealing the influence of each variable in the overall. The quantified criteria, are subjected to an aggregation method which unifies the measurements and indicates the incorporation's share of the factors in the final results. This is a tool that will contribute, substantially, to the process of the firm's policy-making of resource allocation and to manage their level of innovation in the pursuit for competitive advantages.

Keywords: Innovation Indicators. Expert Systems. Evaluation. Degree of innovation.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é propor um modelo gerador de indicadores para avaliação do grau de inovação de empresas, sob a forma de um sistema especialista capaz de identificar e avaliar as variáveis microeconômicas, e os fatores que influenciam a capacidade de inovação das empresas, revelando tanto seu grau efetivo de inovação, quanto seu potencial para tal. Pretende-se obter, além dos índices de inovação, indicadores de desempenho, pontuais, referentes às diversas áreas incluídas na composição do índice, revelando a influência de cada variável no cômputo global do índice. Os critérios, depois de quantificados, são submetidos a um método de agregação que unifica as medidas e indicam o grau de incorporação dos fatores no resultado final. Trata-se de ferramenta que contribuirá de forma substancial para o processo de definição de políticas de alocação de recursos da firma, na administração do seu nível de inovação em busca de vantagens competitivas.

Palavras Chave: Indicadores de Inovação. Sistemas especialistas. Avaliação. Grau de inovação.

1 Introdução e objetivos.

A literatura mostra que a maioria dos estudos sobre inovação, toma como base o manual de Oslo, que carrega no seu bojo, as características dos países que o originaram,

podendo não ser adequadas ao perfil do local de sua aplicação. A motivação para este estudo residiu na preocupação em fornecer uma ferramenta que apresente indicadores adequados à realidade local, graças à facilidade para a sua customização conforme as características setoriais, tornando-se um instrumento de alto valor agregado para orientar as definições das políticas públicas e privadas, no que tange à inovação.

O objetivo desta pesquisa é propor um modelo para geração de indicadores para avaliação de cenário de inovação de empresas, e a sua implementação, através de técnicas de Inteligência artificial, sob a forma de um sistema especialista capaz de avaliar variáveis e fatores que influenciam o potencial inovativo da empresa, e gerar indicadores que revelem o seu grau de inovação. Como objetivos decorrentes têm-se os indicadores de desempenho relativos às diversas áreas responsáveis pela composição do índice de inovação, de forma a revelar o grau de influência de cada variável no cômputo global do índice, permitindo definição de políticas e de alocação de recursos, de forma orientada, para elevar seu nível de inovação, e seus resultados econômicos.

A carência de métricas eficientes para monitoramento e avaliação de resultados, e identificação da influência dos fatores facilitadores e inibidores do processo inovativo, torna o processo de definição de políticas de inovações, ainda, sem suporte concreto.

Este artigo está estruturado em 7 tópicos: 1) Introdução e objetivos, 2) Metodologia utilizada, 3) Fundamentação teórica, 4) Modelo proposto para métricas, 5) Modelo proposto para o Sistema Gerador de Indicadores de Inovação, 6) Proposta para a automação do sistema, 7) Conclusão, e finaliza com as Referências bibliográficas consultadas.

2 Metodologia.

Trata-se de pesquisa exploratória, com avaliação dos estudos já realizados sobre o tema, seguida pelo desenvolvimento de uma metodologia para avaliar e diagnosticar o nível de inovação tecnológica das firmas, a partir de uma abordagem dedutiva, baseada nas teorias e leis já existentes sobre o tema. Mostra como a inovação ocorre, e o seu relacionamento com o desempenho econômico financeiro da firma.

3 Fundamentação teórica.

Em modelos econômicos, as inovações são entendidas como um processo que altera o equilíbrio geral da empresa, promovendo auto renovação e aprendizagem organizacional, e propiciando vantagens competitivas, à medida que permitem a diferenciação de produtos, processos, e serviços. À luz da ciência econômica, é possível distinguir a evolução de seis modelos geradores de inovação: modelo caixa preta, linear, interativo, sistêmico, evolucionário e inovador. (MARINOVA, 2003).

Solow fez algumas tentativas para inserir o progresso tecnológico na equação econômica através da função de produção. Abordou a relevância da tecnologia na composição da taxa de crescimento econômico, e observou os impactos das inovações sobre os bens de capital e trabalho (SOLOW, 1976).

O modelo interativo evoluiu para o modelo sistêmico ressaltando a interconectividade e os arranjos produtivos e redes organizacionais. Nesse modelo as empresas se organizam em redes compartilhando tecnologias e conhecimentos, com flexibilidade e baixo custo,

e garantindo ambiente propício para a acumulação de habilidades e de aprendizagem em benefício comum.

O modelo baseado em redes de Rothwell surge, na década de 1980, caracterizado pela busca pelo domínio tecnológico e uso de redes, pela agilidade no desenvolvimento e pelo foco na inovação. Este modelo é marcado pela preocupação com a relação de tempo e custo de desenvolvimento, e pelo desenvolvimento de inovações em parceria, focado na qualidade, no tempo de resposta, no consumidor, na integração com os fornecedores, no uso intenso de tecnologia da informação com uso de bases eletrônicas de dados interna e externa, e com a horizontalização do processo decisório na firma.

Os sistemas de inovação estabelecem a forma como as empresas interagem com diversos outros atores no ambiente de inovação, tais como as organizações de pesquisa públicas e privadas, as universidades, os governos e as organizações sem fins lucrativos, em termos de qualidade e intensidade dessas interações. (LUDVALL, 1992). Assim as ideias suportadas por outros elementos tornam-se algo concreto que é ofertado ao mercado e/ou promovem mudanças substanciais, internas, na organização ou na sociedade como um todo. A figura 1, a seguir, Mostra o modelo adotado, neste estudo, para explicar as relações entre os fatores que promovem invenções e, conseqüentemente, as inovações.

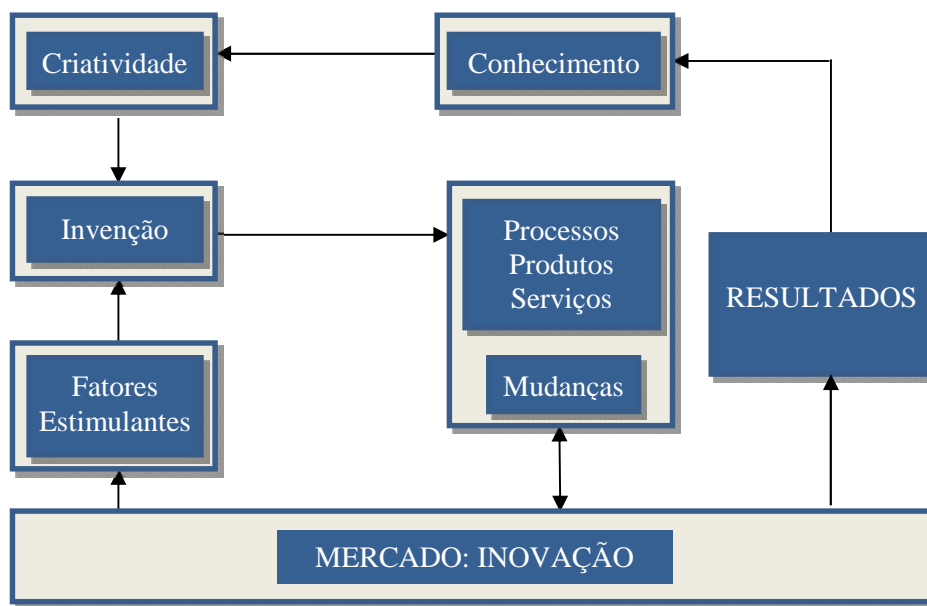


Figura 1. Relações entre os fatores que promovem as inovações

Os indicadores de inovação permitem diagnóstico rápido tático e operacional, subsidiando a definição de metas e alocação de recursos, na obtenção de vantagens comparativas e competitivas, que fomentam o processo de inovação. A Figura 2 mostra os benefícios da inovação.

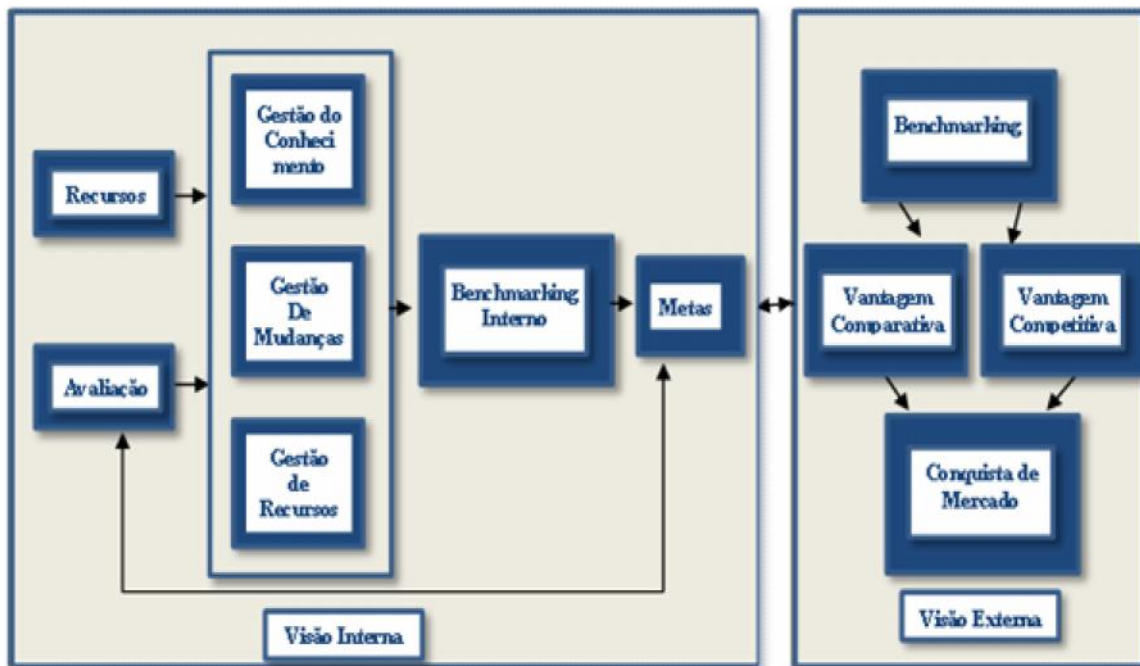


Figura 2: Benefícios do uso dos indicadores de inovação Metodologia

4 Modelo Proposto para Métricas.

Medir as inovações e seus efeitos sobre a empresa e o ambiente em que se insere é bastante complexo. Em 1992, em Oslo, surgiu o manual da OCDE que propõe uma definição de investimentos relacionados aos esforços tecnológicos. Este acrescenta seis categorias de outros investimentos a P&D, produto / projeto industrial, ensaios, análise de mercado, formação dos funcionários, patentes e licenças, e investimentos em ativos fixos relacionados com a inovação (KLOMP, 2001).

Outra abordagem para as comparações do índice de inovação das empresas foi desenvolvida no Brasil com base no manual Frascati, em trabalho realizado pelo Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências (IG) da Unicamp. ((FURTADO, 2005,2007), (FRASCATI, 2002).

Furtado recomenda que a busca por um índice de inovação para empresas requer que o ponto de partida seja os indicadores já existentes. Na realidade, existe uma quantidade crescente de indicadores que servem para descrever o processo de inovação. Eles são úteis porque logram captar aspectos relevantes desse processo. Porém quase sempre são parciais e incompletos. (FURTADO, 2005)

Para cumprir os objetivos deste estudo buscaram-se medidas que abordassem aspectos tais como, Investimento, conhecimento, recursos humanos e políticas internas como os pilares básicos para a análise, por serem comuns em todos os processos de inovação pesquisados na literatura, e que também por serem independentes quanto ao tipo de inovação e porte das firmas.

As figuras 3, e 3A, a seguir, mostram o relacionamento entre alguns dos aspectos mencionados, o processo de inovação e alguns dos impactos econômicos da inovação sobre a firma, que foram considerados no modelo proposto.

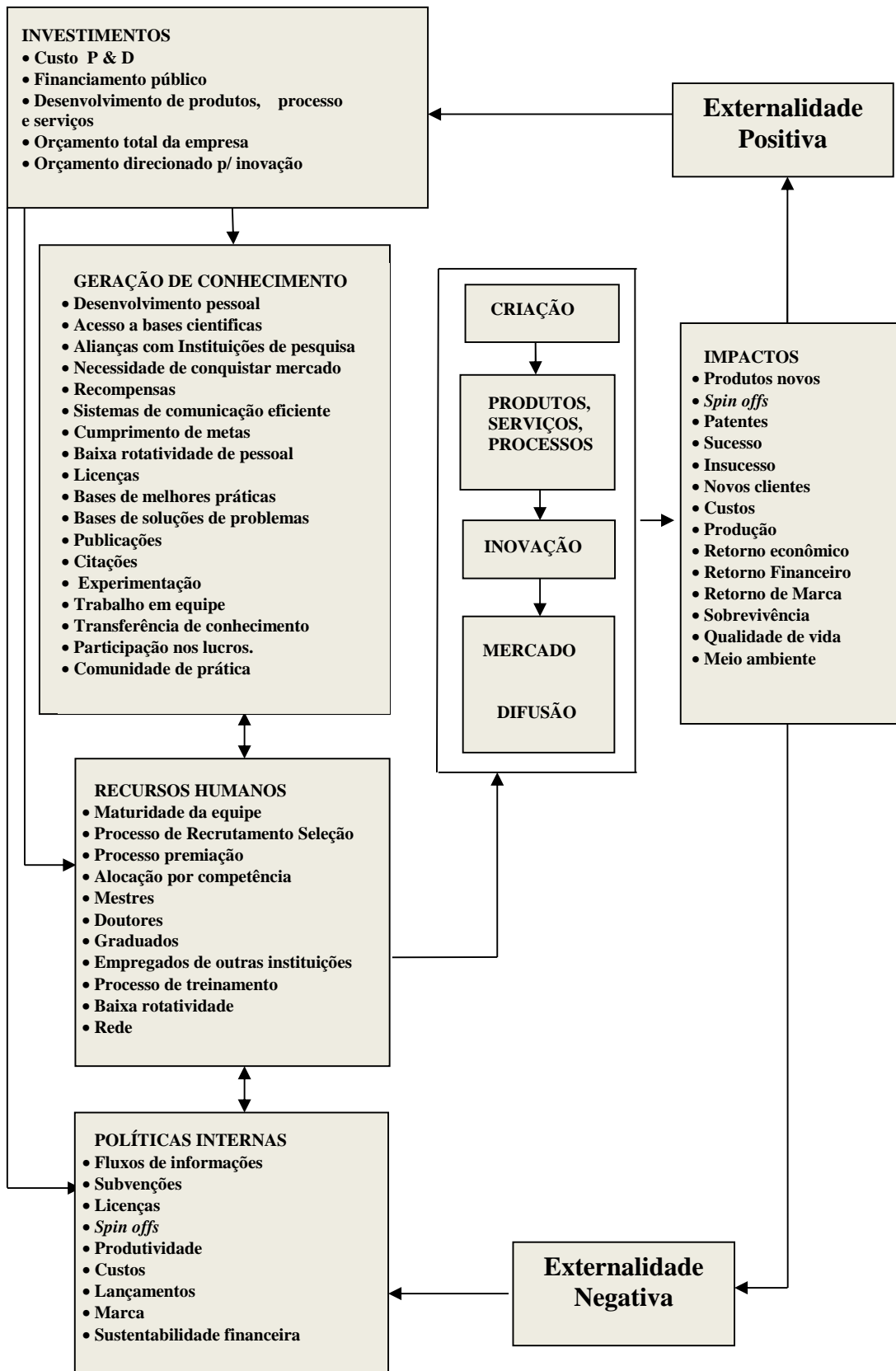


Figura 3: Modelo de avaliação proposto.



Figura 3A: Modelo de avaliação proposto.

4.1 Os Impactos Econômicos da Inovação na Organização

Medir os impactos econômicos resultantes de influência da inovação é complexo porque o efeito de fatores, como incremento nos investimentos em P&D ao longo do tempo, geralmente, é lento e o impacto vai se reduzindo, com a passagem do tempo. Além disso, há que se mencionar, ainda, que as consequências advindas da inovação não

podem ser atribuídas, a apenas um fator, mas a um conjunto de fatores que participam do processo. Existem, ainda, as consequências indiretas que atuam sobre projetos futuros, resultantes do conhecimento adquirido e acumulado, a cada produto, processo, ou serviço novo desenvolvido.

O estoque de conhecimento é alimentado tanto por pesquisas de base quanto por informações advindas de clientes, concorrentes e práticas internas da empresa. Desta forma torna-se difícil estabelecer os efeitos de uma política ou de investimentos, globalmente, devido à multiplicidade de fatores que, certamente, contribuem, embora em escalas diferenciadas, para o impacto.

Por outro lado, é possível, através da avaliação do sistema de inovação da empresa, extrair uma visão global de investimentos em inovação. A tabela 1 apresenta alguns aspectos que poderão ser utilizados para delinear o impacto econômico na empresa ocasionado pelas inovações. Ainda estamos incipientes, no Brasil, no trato econômico das inovações.

Segundo Freeman, ” *Uma parte importante deste entendimento refere-se aos aspectos econômicos do processo, tais como custos, retorno dos investimentos, estrutura de mercado, taxas de crescimento e distribuição dos possíveis benefícios. Ainda se sabe muito pouco sobre estes aspectos econômicos da inovação, mas, paulatinamente, estamos começando a construir um corpo de observações e generalizações sistemáticas, juntamente com as hipóteses explanatórias sustentadas por dados empíricos*”. (FREEMANN, 2008).

Indicadores: Impacto na empresa

- 1)Variação da Quantidade de Produtos, processos e serviços novos ou aperfeiçoados.
 - 2)Participação percentual do total de produtos e serviços novos em relação ao total de produtos da empresa
 - 3)Variação da Quantidade de *spin offs* identificados
 - 4)Variação da Quantidade de Patentes/ ou de solicitação de patentes
 - 6)Melhorias na formulação de políticas de inovação da empresa;
 - 7)Variação da Receita obtida por lançamentos de novos produtos/serviços nos últimos 2 anos em relação ao período anterior.
 - 9)Variação do Retorno sobre gastos em inovação em relação ao período anterior
 - 10)Crescimento da quota de mercado em relação ao período anterior
 - 11)Taxas de sucesso em relação ao período anterior
 - 12)Taxas de insucesso em relação ao período anterior
 - 13)Variação da Quantidade de novos clientes em relação ao período anterior
 - 14)Taxa de satisfação do cliente em relação ao período anterior
 - 15)Taxa de satisfação dos colaboradores em relação ao período anterior
 - 16)Variação da Produção real versus planejada em relação ao período anterior
 - 17)Tempo de mercado da empresa
 - 18)Variação do Tempo de retorno em relação ao período anterior
 - 19)Disponibilidade do produto real versus planejado em relação ao período anterior
 - 20)Distribuição real versus planejado em relação ao período anterior
 - 21)Cumprimento de prazos em relação ao período anterior
 - 22)Redução de custos alcançada na organização devido aos esforços de inovação.
 - 23)melhoria na estrutura e modelo de gestão organizacional.
-

Tabela 1: Medidas para avaliar os Impactos na empresa

4.2 Geração do Conhecimento

O conhecimento é adquirido através de resultados de pesquisas, da literatura científica e das técnicas e normas, dos repositórios de melhores práticas e das soluções de problemas, bem como através da experiência e observação ao longo da vida. A sedimentação do conhecimento demanda tempo, pois resulta de observação e de relacionamento com o conhecimento acumulado durante a aprendizagem ao longo do tempo. Sua transferência, em geral ocorre por contato pessoal, por publicações científicas e técnicas.

Este tipo de conhecimento pode ser medido através de indicadores de produtividade em publicações, quantidade de pessoal qualificado nos diversos domínios do conhecimento.

O processo de criação que resulta em inovação radical, em geral, exige intensa tecnologia e pesquisa, o que, normalmente, é obtido através de parceria com universidades e institutos de pesquisa.

As pequenas firmas raramente se aventuram a realizar pesquisa básica de forma solitária para ampliar seu conhecimento nos processos fundamentais relacionados com o que produz. Em geral, aliam-se em clusters de inovação e praticam a economia de escopo.

As pesquisas que se apresentam como estratégicas e relevantes para a firma em geral concentram-se em pesquisas aplicadas, envolvendo parceiros, e direcionadas para produção de invenções específicas demandadas pelo mercado.

O processo de inovação precisa estar suportado pelo conhecimento. O conhecimento científico cria ambiente favorável para o surgimento de conhecimento novo baseado em modelos formais. (LUNDVALL; LORENZ, 2007).

O conhecimento explícito é revelado através de dados, fórmulas científicas, especificações ou manuais, e são de fácil acesso e uso (GARUD; NAYYAR, 1994).

As fontes de conhecimentos científicos alimentam o processo de criação e aceleram a busca por novas soluções e novos produtos, que atendem, mais prontamente, o mercado, fazendo com que as firmas, que se mantem conectadas com tais fontes, sejam mais competitivas. (JENSEN et al., 2007).

A exploração do conhecimento promove a geração de inovação, que exige equipes com mais autonomia, uso intenso de tecnologias de informação e comunicação, difusão e recursos de proteção formalizados. (JENSEN et al., 2007).

A base de conhecimento sintético é dominante na indústria já que é lá que ocorrem as experimentações, tanto em busca de novas soluções, quanto no processo de análise de sugestões oriundas do relacionamento com os stakeholders.

O conhecimento tácito está estreitamente relacionado com os valores e às emoções de cada indivíduo, e abrange o conhecimento, sedimentado, obtido pelas pessoas ao longo de suas vidas, através de experiência profissional, pessoal, e de interações sociais, (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

O fato de o conhecimento ser considerado, tanto matéria prima, quanto resultado dos processos de inovação, sugere que os processos de conhecimento e de negócio devem ser geridos de forma integrada ao longo dos respectivos ciclos de vida.

Os processos inovativos, além de serem ambiente para criação, são exemplos de entrega do conhecimento como produto. Tais processos tornam-se fontes valiosas, quando o conhecimento produzido é reunido e formalizado sob a forma de bases de

lições aprendidas e melhores práticas com o objetivo de melhorar o desempenho da firma.

Gerar inovação consiste em gerir os processos de criação de valor, de conhecimento, de desenvolvimento organizacional, e de propriedade intelectual.

Ettlie, afirma que a gestão do conhecimento e das interações entre os participantes da organização, ao longo da execução dos seus processos, deve ser de baixa formalização, com trabalho flexível, estruturas informais, e organizações descentralizadas que facilitam a inovação (ETTLIE, 1984).

A Tabela 2 mostra os aspectos que podem ser considerados para revelar a vocação da empresa no que se refere à geração do conhecimento.

Indicadores: Geração do Conhecimento

Base de Conhecimento Público

- 1) Acesso às Bases de informações científicas (publicações)
- 2) Quantidade de citações em relação ao período anterior
- 3) Uso e manutenção de Base de conhecimento de melhores práticas
- 4) Uso e manutenção de Base de conhecimento de soluções de problemas.
- 5) Variação da Quantidade de publicações realizadas pelas pessoas em relação ao período anterior.
- 8) Variação da Quantidade de patentes depositadas em relação ao período anterior
- 9) Quantidade de Pedidos de patentes no período
- 10) Variação da Quantidade de Licenças / receitas de licenças em relação ao período anterior

Recursos humanos

- 1) Percentual de pessoal formado na empresa nos diversos níveis em relação ao total da empresa.
- 2) Tempo de experiência dos colaboradores por nível de escolaridade
- 3) Diversidade de pessoas treinadas nos vários níveis
- 4) Adoção de processos de recrutamento e retenção
- 5) Adoção de processos de recompensas e premiações vinculados às inovações bem sucedidas
- 6) Quantidade de Profissionais em cada nível de escolaridade, em pesquisa e desenvolvimento.
- 7) Quantidade de Profissionais de outras instituições
- 8) Quantidade de Estagiários de pesquisa e desenvolvimento
- 9) Quantidade de Colaboradores externos (fornecedores, clientes, Agencias governamentais, consultores, Universidades).
- 10) Existência de critérios para seleção e recrutamento voltados para as competências da empresa.
- 11) Quantidade de pessoas treinadas em atividades de atendimento ao cliente
- 12) Produtividade em relação ao período anterior
- 13) Quantidade de Prêmios no Período

Tabela 2: Indicadores de Geração do Conhecimento

4.3 Investimento

A avaliação do cenário de investimentos e financiamentos para a inovação pode ter como base, dentre outros, os seguintes aspectos:

Indicadores: Investimentos

1. Despesas de P & D (incluindo aquisição de software, equipamentos, formação, concepção e marketing).
 - 1) Percentual utilizado, em relação ao total de financiamento público no período.
 - 2) Percentual utilizado, em relação ao total de investimentos com recursos próprios no período.
 - 3) Percentual em relação ao total de gastos em pesquisa no período.
 - 4) Percentual em relação ao total de gastos com desenvolvimento de produtos, processo e serviços no período.
 2. Limitações de custo para o investimento
 - 1) Percentual do orçamento direcionado para pesquisa e desenvolvimento)
 3. Taxas de retorno sobre o capital investido: ROI, ROA.
-

Tabela 3: Indicadores do nível dos investimentos

4.4 Efeitos das políticas internas de inovação na empresa.

Verificação do efeito das políticas que fomentam a inovação, pode ser obtida por indicadores que deverão mostrar a influência dos fatores do desenvolvimento de inovação na empresa.

Indicadores: Eficiência no Intercâmbio de Conhecimento

- 1) Alianças entre empresas e instituições de pesquisa
 - 2) Fluxos de informação, interação dados das Instituições de pesquisas e empresas e vice versa.
 - 3) Quantidade de subvenções em relação ao período anterior
 - 4) Quantidade de licenças em relação ao período anterior
 - 5) Quantidade de spin offs em relação ao período anterior
 - 6) Produtividade em relação ao período anterior
 - 7) Taxa de redução de custos
 - 8) Relação entre investimento e incremento de publicações
 - 9) Relação entre investimento e lançamento de novos produtos
 - 10) Sustentabilidade financeira.
-

Tabela 4: Indicadores do Efeito das políticas internas de inovação na empresa

5 Modelo proposto para o Sistema Gerador de Indicadores de Inovação

O objetivo é propor um modelo lógico para um sistema gerador de indicadores de inovação. É necessário, para tal, estabelecer medidas para os fatores que promovam a inovação empresarial.

Os fatores devem ser classificados conforme sua natureza, ou seja, levando-se em conta as características relacionadas com o desenvolvimento de produtos, definições de processos, tipo de inovação, e impactos que proporcionam.

As medidas dos critérios são obtidas por um processo de avaliação que forneça procedimentos que possibilitam quantificar a atuação dos fatores nos resultados. Após os critérios terem sido medidos deverá ser aplicado um método de agregação que

forneça as medidas unificadas que indicam o grau de incorporação dos fatores no resultado final.

5.1 Normalização dos dados.

A agregação das métricas requer normalização de medidas, para que os critérios com valores elevados não omitam os efeitos dos critérios com valores baixos.

- 1) medida binária (sim ou não) (valores entre 0 e 1)
- 2) inteiro quantitativo de diferenças observadas na avaliação do critério. (requer normalização)
- 3) percentuais.

A normalização deverá mapear qualquer $n \in [0, N]$ para o intervalo de 0 a 1.

- Para $n=0$ a função deverá indicar a presença total do critério ($f(n)=1$)
- Incrementos em n indicará o decréscimo na quantificação do critério ate o limite inferior de $f(n)=0$.

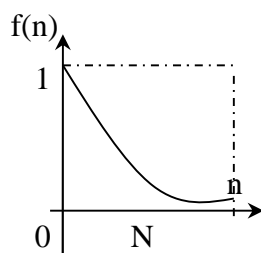


Figura 4: função utilizada.

$$f: [0, N] \longrightarrow [0, 1]$$

Exemplo: para $N=100\%$ e $n=40\% \longrightarrow f(n)=0,4$

5.2 Método de Agregação

Trata-se de método utilizado para agregar as medidas normalizadas, com o objetivo de quantificar o fator. É necessário que o avaliador estime os valores esperados para os critérios, subfatores e fatores de inovação. **di** será a diferença entre os valores normalizados da medida esperada, e os valores normalizados da medida obtida para o critério, conforme indicado pela expressão, a seguir.

$$di = \overline{ci_e} - \overline{ci_o}$$

Onde: **di** = desvios das expectativas de inovação

Ci_e = valor esperado da avaliação

Ci_o = valor obtido na avaliação

Onde, **di** poderá assumir valores positivos e negativos, desde que a medida obtida seja inferior ou superior, respectivamente, ao valor esperado.

Assim, para evitar distorções tendo em vista compensação de valores devido à falta de inovação esperada de certos fatores com o excesso de outros, vamos considerar:

Fazemos: $B_i = 1$ se $d_i < 0$ e $B_i = 0$ se $d_i > 0$

Onde:

B_i = falta de inovação (*badness*), ou que representará o desvio médio positivo entre a avaliação esperada e a avaliação obtida o qual indicará a ausência de inovação.

G_i = grau de inovação (*goodness*) ou que representará o desvio médio negativo entre a avaliação esperada e a avaliação obtida o qual indicará o grau de inovação.

Sendo que $B_i + G_i = 1$

Agregando os valores de d_i em f , obteremos:

$$f(\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_n) = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

O valor de f representará o desvio médio observado, o qual indicará o grau de inovação ou de ausência de inovação dependendo do resultado se negativo ou positivo.

Dessa forma teremos:

$$maf = f(\bar{c}_1, \bar{c}_2, \dots, \bar{c}_n) = 1 - f' = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Onde:

\bar{c}_i = valor normalizado da medida do critério i

d_i = desvio entre o valor esperado e o valor obtido para o critério i normalizado e maf medida agregada do fator F .

maf = medida agregado do fator f .

Obtermos os valores para B_i ou G_i da seguinte forma:

$$G_i = B_i - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad \text{ou} \quad B_i = G_i - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

A separação do grau de inovação, em bom ou ruim, é importante para que o gerente possa ter base para empreender ações adequadas, identificando, pontualmente, os fatores que estão abaixo do grau de inovação esperada, e vice e versa.

5.3 Critérios associados e fatores

As métricas devem expressar o objeto avaliado, bem como a forma que está sendo avaliado, quantificação e tratamento dos desvios, de maneira a não permitir distorções.

Os critérios de inovação não devem ser ambíguos, e devem ser de fácil compreensão para facilitar o processo de aplicação do modelo.

6 Proposta para Automação do Sistema Gerador de indicadores de inovação.

A estrutura do sistema está baseada na metodologia de avaliação de inovação descrita, e foram propostos fatores de inovação que se decompõem em critérios, quantificáveis por itens, e um método para unificar as métricas, e obter indicadores representativos dos fatores.

Decorrentes do processo de avaliação são obtidos valores que, representam diferenças resultantes da avaliação, quando comparada a avaliação efetiva com a esperada. Estes valores devem ser normalizados antes de serem submetidos a um processo de agregação.

A metodologia de avaliação exige uma ferramenta automatizada que apoiem a sua aplicação prática. Assim, extrapolando o campo da investigação teórica, sugeriu-se a implementação através da técnica de sistema especialista.

É possível estruturar os métodos propostos sob a forma de regras de raciocínio, tipo “**se então/senão**” denominadas por regras de produção, caracterizando o problema como solucionável, através de sistemas especialistas.

A metodologia descrita é composta por um conjunto de condições que pode ser modelado através de regras. A avaliação resulta na combinação, correta, destas cláusulas, até que os fatores estejam quantificados.

Como os valores agregados são dependentes do desvio entre os valores esperados e os obtidos, é possível obter resultados diferentes para empresas semelhantes, e resultados semelhantes para empresas diferentes, dependendo das metas definidas pelo avaliador, trazendo à tona, a importância da interpretação dos resultados das medidas de desempenho da instituição, face ao planejado.

6.1 Arquitetura Básica – Características do Sistema Especialista Proposto.

A estrutura da metodologia proposta segue as características de sistema baseado em regras. Assim a partir dos diagramas de dados, o detalhamento do sistema se concentra no projeto da base que contém as regras, que caracterizam o conhecimento adotado no modelo. As regras podem ser representadas, graficamente, por meio de árvores de contextos, que proporcionam as diversas opções de percursos a serem percorridos em busca dos objetivos. (MENDES, 1991)

6.2 Motor de Inferência:

Responsável pelo raciocínio utilizado, na navegação da base de conhecimento, em busca da solução da requisição que lhe for submetida. Pretende-se utilizar uma linguagem híbrida, de forma a compensar as possíveis limitações apresentadas pelas *shells*. (PY, 2009).

6.3 Interface com o Usuário

Trata-se de mecanismo que permite aos usuários interagir com o sistema submetendo os e respondendo perguntas e/ ou dando informações adicionais para a resolução do problema. Os dados são utilizados para configurar o sistema pra se adequar às características informadas pelo avaliador.

Nesse momento o sistema deverá estabelecer o contexto do conhecimento que será utilizado, devido às características informadas. Isto porque o avaliador poderá desejar se limitar a avaliar apenas uma área da empresa e/ou determinados fatores.

Deve existir, também um conjunto de atributos *default* que funcionará como padrão, caso o avaliador opte por não especificar os fatores para avaliar sua empresa. A proposta é a de construção de uma interface gráfica, intuitiva de forma a exigir o mínimo de treinamento para seu uso. (LIAO, 2005).

6.4 Base Conhecimento

Trata-se de repositório de informações e de conhecimento representativo do modelo para avaliação que será utilizado, e deverá conter todas as regras específicas que permitam chegar a uma conclusão de diagnóstico. Nela serão armazenados os critérios e as formas de quantificação, a função de normalização, regras para configuração do escopo da avaliação, e o modelo de agregação dos fatores e subfatores, bem como os pesos atribuídos aos fatores, padrão default de avaliação, critérios de parada do sistema, críticas de dados de entrada, e a fórmula de cálculo a ser adotada. (OH, 2012).

A figura 5, a seguir, descreve como a base de conhecimento está organizada para que, através de seu processamento, possa suprir o motor de inferência com conhecimento para executar as seguintes funções:

- 1) Identificar o tipo da firma e o setor a firma se insere.
- 2) Identificar tipo de capital predominante e o porte da firma.
- 3) Identificar o que a firma oferece ao mercado, e o tipo de inovação predominante.
- 4) Identificar caso seja por adoção se a inovação é na firma, região, país, ou mundo.
- 5) Calcular o desempenho de global, por área e por tipo de inovação praticada.
- 6) Identificar a contribuição de cada fator no desempenho.

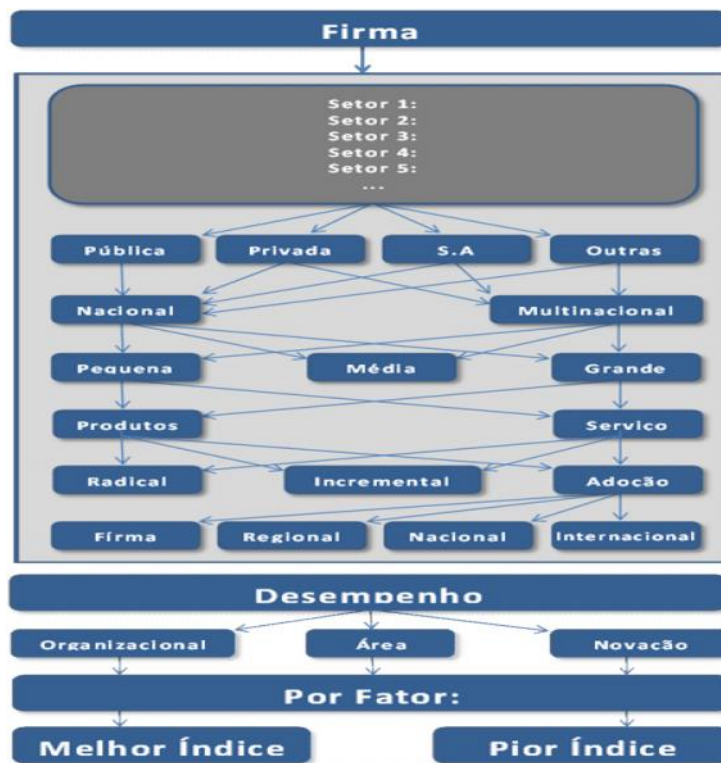


Figura 5 - Esquema da base de conhecimento para diagnóstico

A Figura 6 , a seguir, apresenta como a base de conhecimento estará organizada para suprir o motor de inferência para que possam ser executadas as funções que resultam em Benchmarking.

- 1) Comparar o desempenho da firma considerando tipo de inovação praticada.
- 2) Dentro de cada tipo de inovação praticada comparar o desempenho da firma por setor com empresas similares, regional ou nacional.
- 3) Comparar o índice encontrado e mostrar a distância em relação ao melhor e ao pior índice, em termos regional ou nacional.
- 4) Dentro de cada tipo de inovação praticada comparar o desempenho da firma com todas as empresas e mostrar os índices encontrados em relação ao melhor e pior índice, em termos regional ou nacional.
- 5) Comparar o desempenho global da firma com o setor, e mostrar os índices encontrados em relação ao melhor e pior índice, em termos regional ou nacional.



Figura 6 : esquema de Benchmarking

6.5 Mecanismo de aprendizagem

Trata-se de mecanismo que permite a aprendizagem automática através o uso. Este recurso permite atualizar a base de conhecimentos. (RABUSKE, 1995).

6.6 Sistema de justificação

Trata-se de mecanismo que oferece justificativas para o usuário e tem a capacidade de responder questões, que mostram o caminho percorrido dando explicações, sobre como e porque se chegou a uma conclusão.

6.7 Projeto e Formalização.

A estrutura da metodologia proposta segue as características de um sistema baseado em regras. Assim a partir do Diagrama apresentado, o detalhamento do sistema focaliza o detalhamento da base de conhecimento que contém as regras da metodologia que se apresenta.

Os critérios da metodologia proposta possuem árvores de contexto que se ramificam em função dos itens que compõem tais critérios. As regras podem ser representadas, graficamente, por árvores de contexto que oferecem os diversos caminhos a serem percorridos rumo aos objetivos. A figura 7, a seguir, mostra um exemplo de regra utilizado e sua representação gráfica através de árvores.

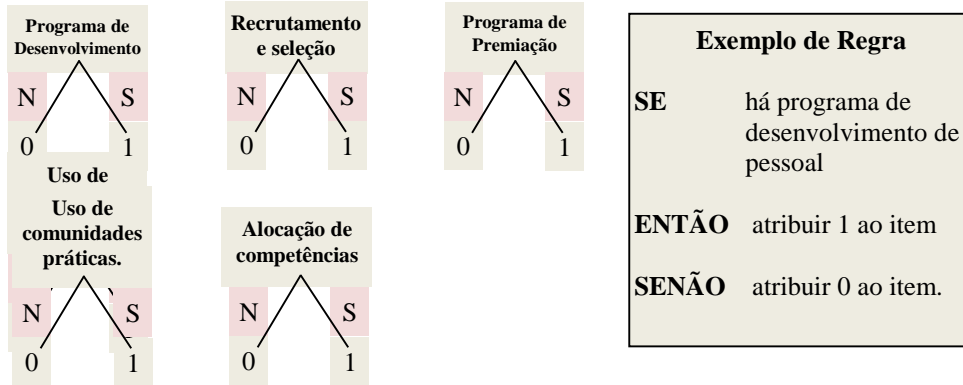


Figura 7: exemplo de Árvore de decisão.

Quando os resultados forem percentuais atribuir-se-á o valor % ao item. Quando os resultados forem números, aplicar-se-á a normalização mapeando o valor para o intervalo [0,1]. Depois de Normalizados os valores, serão agregados para compor os subfatores. Os subfatores comporão os fatores, e a os fatores as áreas.

A Figura 7, a seguir, apresenta o diagrama de contexto que mostra a funcionalidade do sistema e seu contexto.

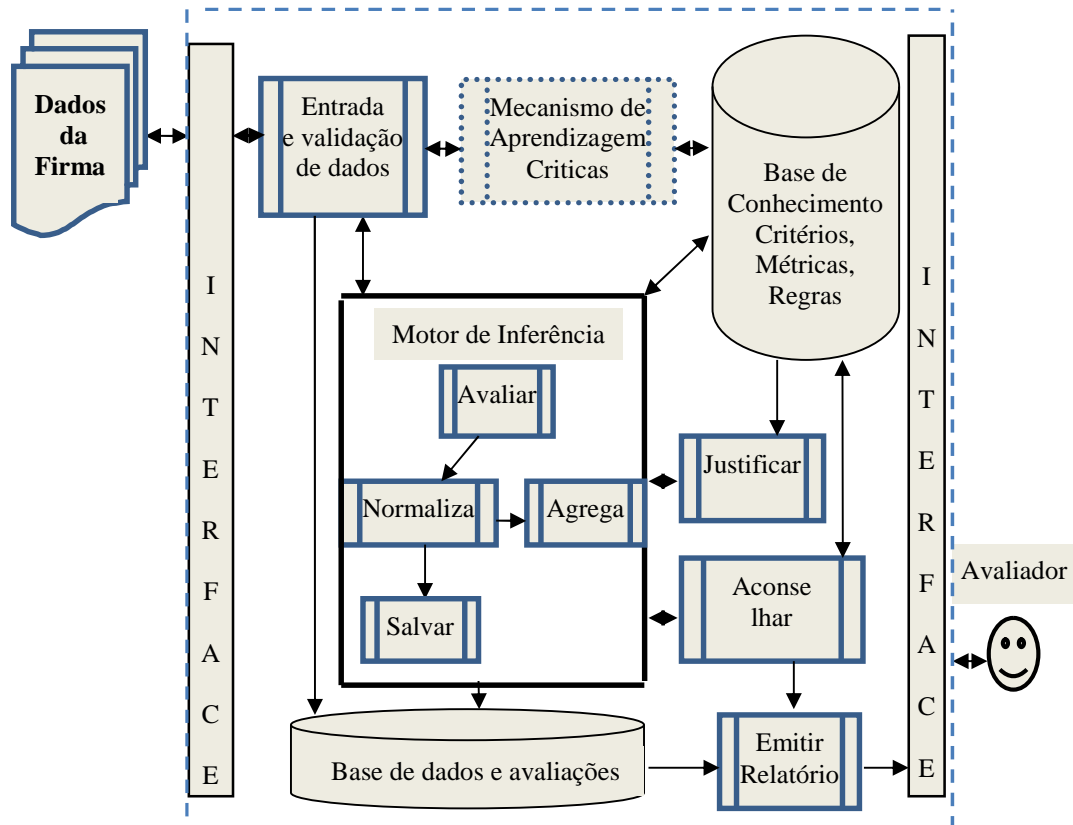


Figura 8 – Modelo: Diagrama Nível 1.

A *shell* CLIPS foi a ferramenta escolhida para implementação por abordar problemas modelados por regras, e permitir construir sistemas, rapidamente, por possuir mecanismo para busca, e estrutura de representação do problema incorporada à sua estrutura. Os mecanismos de busca adotados podem ser retroativos, partindo das conclusões, para provar as premissas, e/ou, proativos partindo da análise das premissas para se obter uma conclusão. Estas características devem ser observadas na implementação, porque é determinante na estratégia de processamento do conhecimento que se deseja adotar. (GIARRATANO,2007).

O sistema pode ser usado como referência para aferir o grau de inovação das firmas, já que propõe metodologia que incorpora modelo de definição, e de avaliação da inovação. O relatório final mostrará os fatores e o resultado da agregação destes, permitindo uma análise setorial detalhada. A tabela 5 mostra a simulação de um dos relatórios.

	AREAS BASICAS PARA AVALIAÇÃO	ESPERADO	REALIZADO	DESVIO	GRAU
5	INVESTIMENTOS	0,44	0,39	0,05	0,89
1	Crescimento custos P&D/Período anterior (%)	0,60	0,70	-0,10	1,17
1	- Quantidade de Projetos de inovação (/período anterior	0,40	0,30	0,10	0,75
1	Custos desenvolvimento produtos/ período anterior (%)	0,40	0,45	-0,05	1,13
1	Custos desenvolvimento serviços/ período anterior (%)	0,40	0,00	0,40	0,00
1	Custos desenvolvimento processos/ período anterior (%)	0,40	0,50	-0,10	1,25
4	ORÇAMENTO	0,40	0,23	0,18	0,56
1	recursos próprios/período anterior (%)	0,50	0,30	0,20	0,60
1	Recursos públicos/ total recursos (%)	0,50	0,20	0,30	0,40
1	Orçamento Inovação/orçamento total (%)	0,30	0,20	0,10	0,67
1	Receitas de licenças/período anterior (%)	0,30	0,20	0,10	0,67
15	GERAÇÃO DE CONHECIMENTO	0,86	0,75	0,11	0,88
1	Acesso a bases científicas (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Alianças com instituições de pesquisa(S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Sistema de comunicação interna eficiente(S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Conquista de novos mercados(S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Programa de recompensas (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Base de melhores praticas (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Base de solução de problemas (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Estímulo a experimentação (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Transferência de conhecimento (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Programa de participação nos lucros (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Uso de comunidade de pratica (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Trabalho em equipe (S/N)	1,00	0,00	1,00	0,00
1	Licenças/período anterior (%)	0,20	0,00	0,20	0,00
1	Publicação/período anterior (%)	0,40	0,20	0,20	0,50
1	Taxa de citações/ período anterior (%)	0,30	0,10	0,20	0,33
12	RECURSOS HUMANOS	0,58	0,36	0,23	0,61
1	Programa de desenvolvimento de pessoal (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Processo de recrutamento e seleção (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Processo de alocação por competência (S/N)	1,00	1,00	0,00	1,00
1	Uso de rede e comunidades (S/N)	1,00	0,00	1,00	0,00
1	Processo de premiação (S/N)	1,00	0,00	1,00	0,00
1	Quantidade de empregados de outras instituições/período anterior (%)	0,30	0,30	0,00	1,00
1	Taxa de rotatividade (%)	0,10	0,10	0,00	1,00
1	Produtividade/período anterior (%)	0,40	0,40	0,00	1,00
1	Quantidade de mestres/período anterior (%)	0,33	0,20	0,13	0,61
1	Quantidade de doutores/período anterior (%)	0,34	0,10	0,24	0,29
1	Quantidade de graduados/período anterior (%)	0,33	0,10	0,23	0,30
1	Media de maturidade da equipe/período anterior (%)	0,20	0,10	0,10	0,50
12	POLITICAS INTERNAS	0,94	0,53	0,42	0,56
1	Fluxos de informações? (S/N)	1,00	1,00	0,00	0,00
1	Subvenções (S/N)	1,00	0,00	1,00	1,00
1	Spin offs (S/N)	1,00	0,00	1,00	1,00
1	Cumprimento de Metas de produtividade (%)	1,00	0,80	0,20	0,20
1	Cumprimento de Metas organizacionais (%)	1,00	0,60	0,40	0,40
1	Cumprimento de Metas de lançamentos (%)	1,00	0,50	0,50	0,50
1	Estratégias de Marketing (S/N)	1,00	1,00	0,00	0,00
1	Cumprimento de Metas de receitas. (%)	1,00	0,70	0,30	0,30
1	Cumprimento de Metas de produção (%)	1,00	0,40	0,60	0,60
1	Cumprimento de Metas de vendas. (%)	1,00	0,50	0,50	0,50
1	Quantidade de projetos de inovação/período anterior (%)	0,30	0,20	0,10	0,33
1	Quantidade de sucessos (%)	1,00	0,60	0,40	0,40

Tabela 5: simulação de cálculo de um dos relatórios do sistema.

7 Conclusão.

Este trabalho abordou tema, disperso na literatura, contribuindo com uma ferramenta de alto valor agregado, modelo viável para aplicação prática. O conjunto dado pela metodologia proposta, e pelo sistema constitui um trabalho que preenche uma lacuna não, plenamente, ocupada pelas abordagens, até então conhecidas.

O modelo propõe um plano de avaliação da inovação, abordando critérios objetivos e relevantes para diagnóstico do cenário de inovação da firma. Os avaliadores desempenham papel imprescindível, já que se espera deles, informações como metas e expectativas de inovação para a empresa.

Cabe lembrar que, quando implementados, adequadamente, os indicadores de inovação propiciam diagnóstico rápido voltado para o plano tático e operacional da organização, auxiliando na definição de metas e alocação de recursos, bem como na gestão objetiva do processo de inovação.

No entanto, é importante ressaltar que cada processo de inovação deva ser examinado para que sejam utilizados indicadores adequados que representem o processo inovativo, propiciando maior eficiência na alocação dos recursos. É necessária a utilização conjunta dos indicadores para uma melhor reflexão do processo inovativo.

A razão de se propor o uso de sistemas especialistas como técnica para automação do modelo, reside no fato de tais sistemas possuírem características interessantes por serem, necessariamente, modulares, altamente, flexíveis, possibilitando a configuração em conformidade com as características contextuais locais, e por permitirem expansão da base de conhecimento, tanto pelo engenheiro do conhecimento, quanto automaticamente quando suportado por mecanismos de aprendizagem.

A metodologia apresentada constitui se em produto novo a ser disponibilizado às firmas para que possam realizar auto avaliação de forma a identificar os fatores que se destacam como facilitadores e inibidores do seu processo criativo.

A partir do uso da presente metodologia, as firmas poderão realizar benchmarking interno comparando indicadores, tais como inovação e lucratividade, qualidade e inovação, e benchmarking externo quando se dispuserem a participar de *surveys* com outras empresas.

Melhorias ou adaptações neste trabalho podem ser realizadas incluindo outros atributos relacionados com o desenvolvimento de produtos, bem como outras funcionalidades que se fizerem necessárias, ao longo do tempo.

A estrutura de avaliação apresentada está voltada para empresas assim estudos podem ser conduzidos para propor uma metodologia para avaliar instituições públicas.

Referências Bibliográficas.

CANOVA, Thomas" **Apresentação baseada no curso “Indicadores de Inovação”**, Brasil, 2010.

ETTLIE, J.E.; BRIDGES, W.P.; O'KEEFE, R.D. **Organization strategy and structural differences for radical versus incremental innovation**. Management Science, v.30, n.6, 1984.

FURTADO, André et al IBI – **O ranking das empresas – Inovação Índice Brasil**. Instituto de Geociências (IG) da Unicamp, 2005.

_____, André et al – **Manual informativo sobre o procedimento de adesão das empresas**. Unicamp. São Paulo, 2007.

FRASCATI Manual: **Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development**, 6th edition, ISBN 978-92-64-19903-9, 2002

FREEMANN, C., Soete, L. A Economia da Inovação Industrial, Unicamp. 2008.

GARUD, R.; NAYYAR, P.R. **Transformative capacity: continual structuring by intertemporal technology transfer**. Strategic Management Journal, v.15, 1994.

GIARRATANO, J.C. **Clips – User's Guide**. Nasa Lyndon B. Johnson Space Center. Dez. 2007.

KLOMP, L; Van Leeuwen, G. **Linking innovation and firm performance: a new approach**. International Journal of the Economics of Business, v. 8, n.3, 2001.

LIAO, S. H. **Expert system methodologies and applications**—a decade review from 1995 to 2004. Expert Systems with Applications, Vol. 28, 2005.

LUNDVALL, B-Å; LORENZ, E. **Modes of Innovation and Knowledge Taxonomies in the Learning economy** Paper to be presented at the CAS workshop on Innovation in Firms Oslo, October-November, 2007.

LUDVALL, B. **A National systems of innovation: towards a Theory of innovation and interactive learning**. London: 1992.

MARINOVA, D.; Phillimore, J. **Models of innovation**. In. Shavinina, L.V. (org), The international handbook on innovation. Oxford: Elsevier Science, 2003.

MENDES, Raquel Dias. **“Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação”**. Ci. Inf., Brasília, v. 26, n. 1, Jan. 1997.

MOLINARI, C. (2003). **Protótipo de um sistema especialista baseado em regras de produção para elaboração de roteiros turísticos no alto vale do Itajaí**. Disponível: http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&ved=0CFYQFjACOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.unidavi.edu.br%2F%3Fpagina%3DFILE%26id%3D56841&ei=R1XWT7vkHujA0AH9xcWNAw&usq=AFQjCNEsL_GzQuHImzVbZFU19WsoLeEwzg&sig2=mmVI8sBuSaiSK7xdffLehA, acessado em jan/13.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. Criação de conhecimento na empresa. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

OH, J.; Yang, J.; Lee S. **Managing uncertainty to improve decision-making in NPD portfolio management with a fuzzy expert system**. Expert Systems with Applications, Vol. 39, 2012.

OECD - ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Manual de Oslo: proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**. OECD, 1997. Traduzido pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos em 2004.

PY, M. X. (2009). **Sistemas Especialistas: uma introdução**. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/cmp135/trabs/mpy/sistemasespecialistas.pdf>, acessado em junho de 2012

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**; tradução de Elizabeth M. Pinto Braga; revisão técnica de Jorge ^a Garcia Gomex. 3ed. RJ Campus 1991.

RABUSKE, Renato Antonio. **Inteligência Artificial**. Florianópolis : UFSC, 1995.

ROTHWELL, R; Zegveld, W. **Reindustrialization and technology** New York: ME. Sharpe 1985.