

REVISTA **Processos Químicos**

Revista Científica da Faculdade de
Tecnologia SENAI Roberto Mange

Ano 9
n° 18
Jul/Dez
2015

www.rpqsenai.org.br

**Redução dos Impactos Ambientais em
Recursos Hídricos Utilizando Multimetodologia**



ISSN 1981-8521

REVISTA **Processos**
Químicos

Revista Científica da Faculdade de
Tecnologia SENAI Roberto Mange



Goiânia, v.9, n.18, ano 9, jul/dez 2015.

Pedro Alves de Oliveira

Presidente do Conselho Regional do SENAI

Paulo Vargas

Diretor Regional do SENAI

Ivone Maria Elias Moreyra

Diretora de Educação e Tecnologia

Jorge Quirino Pereira Sobrinho

Gerente de Educação Profissional

Aroldo dos Reis Nogueira

Diretor da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange

Wilson de Paula e Silva

Gerente de Educação e Tecnologia

Joana Darc Silva Borges

Coordenadora da Área de Química

Corpo Editorial

Ademir João Camargo

Anselmo Eucana de Oliveira

Carlito Lariucci

Eurípedes de Almeida Ribeiro Júnior

Gilberto Lúcio Benedito Aquino

Guilherme Roberto de Oliveira

Hamilton Barbosa Napolitano

Kleber Carlos Mundim

Maria Assima Bittar Gonçalves

Roberta Signini

Solemar Silva Oliveira

Valter Henrique Carvalho Silva

Revista Processos Químicos / SENAI.

Departamento Regional de Goiás - v.9,
n.18 (jul/dez 2015). Goiânia: SENAI/
DR. Gerência de Educação Profissional /
Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto
Mange, 2015.
v.: il.

Semestral

Núcleo de Material Didático da Gerência
de Educação Profissional do SENAI/DR/GO
Capa e Diagramação: Juliano Rodrigues
Revisão Linguística: Fernanda Marques

ISSN 1981-8521

1. Educação Profissional - Periódicos. 2.
Processos Químicos.

I. SENAI. Departamento Regional de
Goiás

CDD - 540

Tiragem: 1.500 exemplares

Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange
Av. Engenheiro Roberto Mange, nº 239
Bairro Jundiá - CEP 75113-630 - Anápolis-GO
Fone: (62) 3902-6200 - Fax: (62) 3902-6226
e-mail: revistapq.senai@sistemafieg.org.br

ARTIGO CONVIDADO

- 317 *Redução dos Impactos Ambientais em Recursos Hídricos Utilizando Multimetodologia*
Leonardo R. Caixeta & Mischel C. N. Belderrain

ARTIGOS GERAIS

- 343 *Método para Avaliação do Grau de Maturidade Tecnológica no Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria Metal-Mecânica*
Almiro M. Silva Neto & Luís G. Trabasso
- 355 *Proposta da Utilização de Mapas Conceituais para o Desenvolvimento de Novos Serviços*
Luís C. Lopes & Jefferson O. Gomes
- 365 *Produto Sustentável: Mapa Cognitivo para Estruturação de Problema e Definição de Estratégia para Compras Públicas*
José Q. Neto, Jefferson O. Gomes & Carlos A. Schuch Bork
- 379 *Avaliação da Influência do Capital Intelectual nas Fases de Evolução de Empresas Startups de Base Tecnológica*
Vanessa V. P. Canhete, Jefferson O. Gomes, Marcelo F. Prim, Juliana G. Ulliana & Germana A. B. Zapata
- 387 *The Generalized Reaction Rate Theories in the Systems with Power-Law Distributions*
Cangtao Yin
- 393 *Applications of Kramers Escape Rate Theory With Power-Law Distributions*
Yanjun Zhou

OPINIÃO

- 399 *O Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Instituto Tecnológico de Aeronáutica*
Armando Zeferino Milioni & Flávio Mendes Neto

Apresentação

A Revista Processos Químicos (RPQ) tem o compromisso de promover a difusão do desenvolvimento e da inovação tecnológica para o setor produtivo qualificado, e ainda estimular e promover processos de transferência de tecnologia para a indústria brasileira, contribuindo assim para a sua competitividade. Nesse sentido, a RPQ promove o desenvolvimento de novos produtos tecnológicos de interesse do setor produtivo e atua transversalmente no setor produtivo, promovendo o desenvolvimento de novos produtos proprietários. Nesses nove anos de história, a RPQ manteve o compromisso de publicar de forma ágil, eficiente, indexada, com qualidade científica e tecnológica, artigos de interesse do setor produtivo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) avalia trienalmente todos os programas de pós-graduação stricto sensu do país e atribui aos cursos por ela credenciados uma nota que varia entre três (mínimo para credenciamento) e sete (nota máxima). As notas seis e sete são reservadas apenas aos programas que incluam Doutorado. A nota máxima para os Mestrados Profissionais é a nota cinco, que é exatamente a nota atribuída ao O Mestrado Profissional em Produção (MPEP) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Nesse décimo oitavo volume, editado em parceria com a coordenação do MPEP/ITA, a RPQ apresenta na seção Artigo Convidado o trabalho intitulado “Redução dos Impactos ambientais em Recursos Hídricos Utilizando Multimetodologia”, com ampla possibilidade de aplicações tecnológicas. Na seção Artigos Gerais, os textos “*The Generalized Reaction Rate Theories in the Systems with Power-Law Distributions*” e “*Applications of Kramers Escape Rate Theory With Power-Law Distributions*” apresentam um formalismo da Química Teórica que abrem possibilidades de inovação dentro da tecnologia molecular.

Flávio Mendes Neto
Hamilton B. Napolitano

Redução dos Impactos Ambientais em Recursos Hídricos Utilizando Multimetodologia

Leonardo R. Caixeta & Mischel C. N. Belderrain

A contaminação dos recursos hídricos naturais é um dos principais problemas da sociedade moderna. A qualidade desses recursos naturais é alterada constantemente, devido ao crescimento populacional e aos fatores de poluição doméstica e industrial. Os cuidados na utilização consciente e na minimização dos desperdícios da água em processos produtivos vêm recebendo especial atenção, pois este recurso é muito importante para as indústrias. Este trabalho tem como objetivo principal determinar um conjunto de ações para reduzir os impactos ambientais que ocorrem nos recursos hídricos devido às atividades e aos processos da indústria, utilizando uma Multimetodologia de Pesquisa Operacional. A situação problemática foi mais bem compreendida a partir da aplicação da *Metodologia Strategic Choice Approach* (SCA). Uma proposta deste trabalho é utilizar o Método Multicritério de Apoio a Decisão, *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com *Rating* no Modo de Comparação do SCA. Este trabalho traz uma abordagem multimetodológica com uma interação entre as fases de estruturação do problema, seleção das alternativas viáveis e tratamento das incertezas. Os resultados mostram que, para a redução dos impactos ambientais em recursos hídricos, é necessária a participação das empresas privadas e universidades, aplicando-se leis ambientais federais, estaduais e municipais para garantir a preservação dos recursos hídricos, sendo necessária a utilização de técnicas oxidativas avançadas para tratamento dos compostos poluidores com descartes dos efluentes acima da captação de água realizada pela indústria no corpo hídrico receptor.

Palavras-chave: *Recursos hídricos, Multimetodologia, AHP, Strategic Choice Approach.*

The contamination of natural water resources is one of the main problems of modern society. The quality of these natural resources is constantly changed, due to population growth and industrial and domestic pollution factors. Cares in the conscious use and minimization water wastage in production processes have been receiving special attention, because this resource is very important for industries. This work aims to determine a set of actions to reduce the environmental impacts that occur in water resources due to the activities and industry processes, using a Multimethodology of Operational Research. The problematic situation was well understood from the application of the methodology Strategic Choice Approach (SCA). A proposal of this work is to use Multicriteria Decision Support Method, Analytic Hierarchy Process (AHP) with Rating in the Comparison mode of the SCA. This work brings a multimethodological approach with an interaction with an interaction between the phases of structuring the problem, selection of viable alternatives and treatment of uncertainties. The results show that for the reduction of environmental impacts on water resources is necessary for the participation of private companies and universities, applying federal, state and local environmental laws to ensure the preservation of water resources, requiring the use of advanced oxidative techniques for treatment of polluting compounds with discharges of effluents above the water catchment performed by industry in the water body receptor.

Keywords: *Water resources, Multimethodology, AHP, Strategic Choice Approach.*

Introdução

As insuficiências de alimentos, recursos energéticos e hídricos têm causado grandes preocupações para os decisores políticos⁶. Uma ação importante, neste contexto, é antecipar as demandas crescentes de alimento, água e energia para a sociedade³⁴. Este aumento na demanda está relacionado ao crescimento da população, aumento das taxas de urbanização, expansão dos estilos de vida da classe média, aumento da demanda global pelos recursos, degradação e poluição crescentes dos recursos alimentícios, energéticos e hídricos⁷².

No início do Século 21, a humanidade se deparou com o problema referente à escassez de água como uma ameaça para a vida. A falta de água afeta mais que 40% da população mundial, por razões políticas, econômicas e climáticas e 25% da população mundial apresenta problemas de saúde relacionados à água. Apesar dos esforços institucionais para a melhoria da qualidade da água e da infraestrutura sanitária, cerca de 1,1 bilhões de pessoas não têm acesso a um suprimento adequado de água e esgoto, especialmente em países da África, Ásia e América Latina¹⁴.

Os problemas ambientais relacionados à água têm se tornado cada vez mais críticos, devido, principalmente, ao crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial. Esse cenário gera problemas graves ao meio ambiente, sendo que as consequências podem ser observadas nas alterações quanto à qualidade do solo e das águas⁵².

O aumento da população, a disparidade da distribuição de renda, urbanização, extração de recursos são tendências globais que relacionam diretamente os recursos água, energia e alimentos. Os decisores políticos buscam determinar a capacidade de um país, estado ou município em garantir o abastecimento de água, o fornecimento de energia, bem como, a produção correta e segura dos alimentos. Portanto, existe uma forte relação entre os recursos hídricos, energéticos e alimentícios, denominado de Nexo Água-Energia-Alimento (WEF), esses recursos apresentam as seguintes relações⁹:

- Água na produção de alimentos: sistemas de irrigação;

- Água na produção de energia: hidrelétricas e biocombustíveis;
- Energia na produção de alimentos: colheita, transporte, processamento, embalagem e comercialização;
- Energia na purificação da água: dessalinização, tratamento de esgotos urbanos e efluentes industriais, distribuição de água e irrigação.

As aplicações de água, energia e alimento, em conjunto, garantem que os investimentos resultem em menores prejuízos para os diversos segmentos que dependem de pelo menos um destes recursos³¹.

Uma série de conferências e *workshops* foram realizados nos anos de 2011 e 2012, na tentativa de entender o nexos entre os recursos alimentícios, hídricos e energéticos. Algumas conferências e *workshops* realizados foram Rio + 20 em junho de 2012, 6º Fórum Mundial da Água, Conferência *Nexus Bonn* 2011, Congresso Mundial sobre Água, Clima e Energia e Nexo Água-Energia-Segurança dos alimentos: novos desafios e novas soluções para gestão da água⁸.

O Nexos entre Água-Energia-Alimento corresponde a uma abordagem para desenvolvimento, execução e avaliação de políticas que contemplam os recursos água, energia e segurança alimentar simultaneamente⁵⁴.

A figura 1 representa o sistema que interliga os recursos água, energia e alimentos, bem como, as ações e a complexa relação entre os recursos.

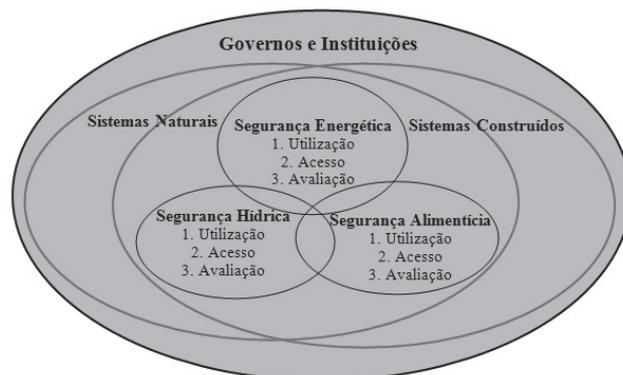


Figura 1. Relação para garantia de segurança entre os recursos água, alimentos e energia⁹.

O nexa entre os recursos Água, Energia e Alimento apresenta a ligação entre estes recursos e descreve como avaliar, executar ações, bem como, formas de abordagem para utilizar corretamente estes recursos.

Recursos Hídricos

O aumento populacional e a aceleração das atividades econômicas têm causado crescente utilização dos recursos hídricos e aumento das restrições referentes à degradação dos corpos hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9433/97) tem por objetivo assegurar a disponibilidade de água, em padrões de qualidade, promovendo a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Estas ações requerem a utilização e aplicação de instrumentos no gerenciamento dos corpos hídricos, incluindo o direito de uso das águas¹³.

Os recursos hídricos são essenciais para a garantia da qualidade de vida, bem como para a produção agropecuária, industrial, prestação de serviços e para todas as atividades humanas. Nos diferentes ambientes, a água é o principal elo entre os componentes, sendo, por isso, identificadora da qualidade ambiental de um ecossistema, de uma região ou bacia hidrográfica³³.

Uma bacia hidrográfica compreende diversos caminhos para as águas que convergem para um curso principal, carregando uma boa quantidade de material de origem natural e antrópica, se estiver inserido em um núcleo urbano e/ou agrícola cujas águas têm suas características modificadas⁵⁶.

Os recursos hídricos são importantes para muitos segmentos industriais, portanto é necessária a utilização consciente, reaproveitamento e tratamento adequado garantem a permanência dos padrões de qualidade.

Impactos Ambientais nos Recursos Hídricos

A degradação dos recursos hídricos está relacionada às atividades agroindustriais. Muitos compostos resultantes dessas atividades são transformados em outros materiais e inseridos no ciclo hidrológico por processos naturais que podem modificar as características hidrogeoquímicas do sistema⁷¹.

A contaminação e poluição do meio ambiente e das águas que o compõem acontece através dos compostos

químicos de origem industrial que causam prejuízos e problemas à saúde do homem, prejudicando ainda os demais seres vivos. Esses compostos apresentam uma variedade de substâncias químicas e, por consequência, a possibilidade reduzida de aplicação de um método de descarte universal, confiável e eficiente, surgindo, desta forma, possibilidades de desenvolvimento de métodos de descarte alternativos para a descontaminação das águas e do meio ambiente⁵⁸.

As indústrias da transformação que realizam análises e pesquisa são exemplos de empresas que se destacam quanto à poluição ambiental, principalmente no que diz respeito à contaminação de águas naturais. O agravante principal que explica o descarte dos poluentes químicos pelas indústrias e laboratórios é o fato de que o controle e o descarte dos resíduos originam custos elevados para as empresas, de forma que, em grande parte dos processos industriais, a destinação final destes compostos é realizada sem o menor discernimento e controle⁵⁹.

Portanto, uma das principais causas dos impactos ambientais nos corpos hídricos receptores está relacionada com as atividades e processos da indústria, impactando na qualidade de vida das pessoas residentes em uma determinada região.

Legislação Ambiental

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio de Normas e Resoluções sobre corpos de águas nº 357 de 2005 e águas subterrâneas, nº 396 de 2008, enfatiza o gerenciamento de resíduos em relação à preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, destacando a importância quanto à atuação de monitoramento dos órgãos ambientais estaduais e municipais, estabelecendo, ainda, critérios para o licenciamento ambiental dos sistemas de tratamento e destinação final de resíduos⁵.

As últimas duas décadas no Brasil foram marcadas por um crescente de conscientização dos cidadãos e empresas sobre os danos causados pelas atividades humanas, quer nas suas mais elementares atividades em seus lares, quer naquelas do tipo industriais. Grande parte dessas atividades tem gerado efluentes que, de uma maneira ou outra, têm seu destino final na nos corpos d'água, naturais e artificiais, continentais, costeiros ou nos oceanos. Um grande número desses

efluentes e resíduos constituem-se em materiais ricos em nutrientes (carbono, nitrogênio e fósforo) e contaminantes orgânicos (aqui, uma variedade realmente grande existe) e inorgânicos (metais e metaloides) que são os responsáveis pelos muitos males nos ecossistemas⁴⁹.

Os rejeitos devem ser aplicados na forma como fonte geradora de material e energia, garantindo a rastreabilidade e monitoramento das áreas que irão receber esse material, sendo esta ação de responsabilidade da indústria, relacionando-as com os princípios da legislação⁴. Entretanto, quando o resíduo não atende às especificações determinadas pelos órgãos responsáveis, quanto ao controle ambiental, mesmo após tratamentos, devem-se descartar e dispor em local apropriado tais materiais, de forma que não sejam utilizados.

Todas as informações anteriores demonstram a importância da aplicação de uma multimetodologia para auxiliar na tomada de decisão sobre redução de impactos ambientais. Portanto, será necessário propor um modelo para selecionar o melhor conjunto de ações utilizando a abordagem multimetodológica com critérios quantitativos e qualitativos envolvidos na situação problemática.

Estruturação do Problema

As primeiras atividades formais de utilização da Pesquisa Operacional (PO) foram aplicadas inicialmente na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial, quando uma equipe de cientistas britânicos realizou decisões com base científica sobre a melhor utilização dos materiais de guerra. Após a guerra, as ideias em operações militares foram adaptadas para melhorar a eficiência e a produtividade no setor civil⁷⁰.

As técnicas tradicionais de PO analisam situações problemáticas com o objetivo de otimizar a solução. Entretanto, esta abordagem apresenta limitações quando aplicada na tomada de decisões e tratamento de incertezas, principalmente, para análises qualitativas que apresentam aspectos intangíveis, interesses conflitantes e múltiplos decisores⁶⁰.

A modelagem de problemas é considerada como a parte mais importante em um processo de tomada de decisão, uma ação que envolve força-tarefa de todos os

decisores selecionados e facilitadores do processo, como também leva um longo tempo de execução. A busca pelo entendimento de todas as características do problema e os fatores envolvidos se faz necessária, bem como, as tarefas que serão executadas antes da tentativa de se resolver a situação problemática. Essa prática garante maiores chances de acerto na tomada de decisão⁴⁵.

Os problemas complexos, como aqueles que apresentam múltiplos atores, perspectivas diversas, objetivos conflitantes e incertezas, necessitam da aplicação de PSMs (*Problems Structuring Methods*) para ajudar os decisores na estruturação das situações problemáticas que apresentam estas características⁴². Os PSMs buscam apoiar grupos na tomada de decisão e apresentam a capacidade de modelar o problema, para que as pessoas envolvidas conheçam as características do processo, possibilitando o comprometimento para um conjunto de prioridades e ações a serem realizadas na tomada de decisão⁴⁵.

O método de estruturação de problemas, com aplicação da ferramenta Mapas Cognitivos, é importante nesta abordagem, pois permite a identificação de *clusters* que viabilizarão a aplicação das ações com a colaboração constante de especialistas nesse segmento. A estruturação de situações problemáticas com aplicação de Mapas Cognitivos²¹.

Uma abordagem para tratamento de problemas complexos é a utilização do método *Strategic Choice Approach* (SCA), que envolve a estruturação de problemas, o gerenciamento de incertezas com ênfase na tomada de decisão em tempo real e planejamentos sob influência das atividades profissionais dos participantes do processo²⁸.

Os decisores são capazes de realizar escolhas estratégicas, mas para tal abordagem, é necessário utilizar métodos de suporte à decisão que permitem realizar planos de ação e conhecer as situações problemáticas que surgem na realidade atual das organizações, possibilitando o planejamento, investigação e exploração das opções²⁹. As dificuldades estão relacionadas com as urgências na tomada de decisão, competição por fontes de recursos, turbulências no âmbito organizacional, sobrecarga na jornada de trabalho, conflitos internos e complexidade dos cenários das organizações, conforme representação na figura 2.

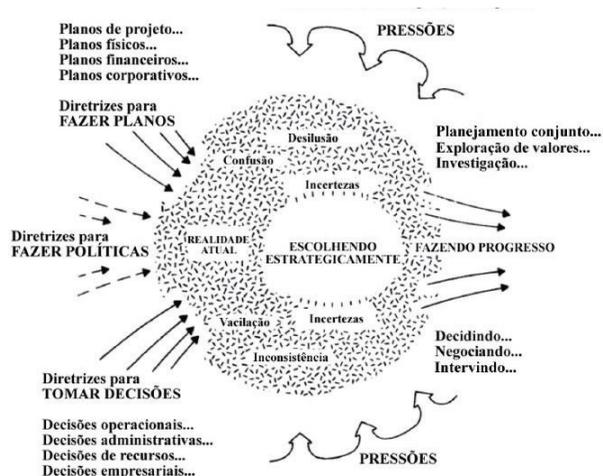


Figura 2. Planejamento sobre as incertezas e dificuldades no processo de decisão²⁹.

O tratamento das dificuldades acontece utilizando os julgamentos sobre a amplitude ou restrição do foco de atenção e considerando os compromissos mais importantes na tomada de decisão, de forma que a aplicação dos PSMs possibilite que cada decisor contribua com as perspectivas. Os PSMs, porém, tendem a ser importantes no apoio a uma determinada tarefa enfrentada pelo grupo de decisores, como por exemplo, o método SCA que apresenta um processo bem desenvolvido para a representação de diferentes fontes de incertezas. Em contrapartida, outros métodos PSMs apresentam como foco o redesenho do sistema, determinando uma comparação das tarefas contempladas pelos diferentes PSMs²⁶.

Multimetodologia

Ao longo de sua história, a Pesquisa Operacional se destacou na geração de novas técnicas, métodos e metodologias. Inicialmente, estes métodos tenderam a ser quantitativos com base em técnicas matemáticas. Porém, entre os anos de 1970 e 1980, uma variedade de métodos qualitativos do tipo *Soft* foi desenvolvida. Essa variedade de métodos possibilitou a combinação entre métodos ou técnicas em conjunto em uma intervenção em particular, uma prática conhecida como Multimetodologia⁴³.

Multimetodologia corresponde à aplicação de mais de um método, no todo ou em parte, dentro de uma intervenção única. Assim, não é o nome de um único método ou até mesmo de uma forma específica da combinação de métodos em conjunto, este se refere ao todo, uma pluralidade de métodos ou técnicas dentro da prática de tomada de decisões⁴⁰.

Existem quatro argumentos sobre multimetodologia. O primeiro é referente à complexidade das situações problemáticas e, com aplicação de alguns métodos, é possível encontrar a solução desses problemas⁴¹. O segundo e terceiro explicam que um problema passa por várias fases e que mais de um método, para solução deste problema, é necessário, mesmo que os conteúdos existentes na literatura sejam limitados. O quarto mostra que diferentes métodos podem gerar novas soluções para as situações problemáticas, proporcionando o aumento na confiança dos resultados⁴⁴.

Existem diferentes formas de combinação de métodos para os diferentes problemas e possibilidades lógicas de aplicação. Esses conjuntos de metodologias e combinação de métodos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Diferentes possibilidades de combinação de metodologias⁴¹.

| Nome | Descrição | Exemplo |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Isolacionismo metodológica | Utilização de somente uma metodologia ou técnicas de apenas um paradigma | Somente SSM; Técnicas de Pesquisa Operacional do tipo Hard |
| Metodologia de aprimoramento | Melhoramento de metodologias aplicando técnicas de outras | Mapas Cognitivos utilizados em SSM |
| Metodologia de seleção | Seleção de metodologias integradas conforme a situação particular | Utilização de simulação em intervenções particulares e SSM em outras |
| Metodologia de combinação | Combinação de metodologias integradas em uma situação particular | Utilização de Mapas Cognitivos e Definição raiz do SSM |
| Multimetodologia | Metodologia de combinação de partes | Utilização de Mapas Cognitivos e Dinâmica de Sistemas |

A combinação e aplicação do conjunto de métodos, como forma de intervenção em uma situação problemática, podem ocorrer de duas formas, em série e paralelo. A multimetodologia em série ocorre quando os métodos são aplicados em sequência lógica, ou seja, a aplicação de um novo método somente terá início ao término da aplicação de um método anterior, em que a eficiência é mais importante do que o tempo disponível para aplicação. A multimetodologia em paralelo permite a aplicação de vários métodos de forma simultânea em uma intervenção particular caracterizada por dinamismo e constantes mudanças, permitindo maior flexibilidade para utilização dos métodos em um menor intervalo de tempo⁵⁷. A tabela 2 descreve as características de uma situação problemática para aplicação de cada forma multimetodologia.

Tabela 2. Abordagens multimetodológicas em série e paralelo⁵⁷.

| Multimetodologia em Série | Multimetodologia em Paralelo |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Somente uma mudança de paradigma | Várias mudanças de paradigma |
| Apenas uma combinação de métodos | Múltiplas combinações de métodos |
| Apropriada para ambientes estáveis | Adequado para ambientes em mudança |
| Adequado para projetos com fases distintas | Adequado para projetos com processos em andamento |
| Adequado para entrega eficiente dos resultados | Adequado para a entrega de resultados em tempo hábil |
| Aplicação da metodologia é de forma prescrita | Aplicação da metodologia é emergente |

Métodos *Soft* apresentam uma gama de decisores reconhecidos potencialmente com objetivos e definições diferentes, que possivelmente são conflitantes em relação à situação problemática⁴⁶.

A utilização de multimetodologia, neste trabalho, é do tipo série e consiste na combinação dos métodos *Soft* qualitativos e quantitativos, são eles: análise e seleção de decisores, ferramenta Mapa Cognitivo, métodos *Strategic Choice Approach* (SCA) e Apoio Multicritério à Decisão do tipo AHP com *Ratings*.

Identificação, Análise e Seleção dos Decisores

Os Decisores, em uma situação problemática e tomada de decisão, são indivíduos que apresentam três atributos dentro das organizações de empresas, indústrias e outras: poder de influenciar em decisões; legitimidade de relações e interesse em ações imediatas de melhoria⁴⁷.

A alta gestão das organizações atribui prioridade aos pedidos de ação de melhorias quando os decisores apresentam uma combinação satisfatória dos três atributos citados anteriormente⁵¹.

Os decisores são pessoas interessadas no processo das organizações, denominados de *stakeholders*. Esses indivíduos podem ser agrupados nas seguintes categorias: internacional, público, nacional política, comercial ou privado, não governamental organização ou sociedade civil, trabalhista, e os usuários ou consumidores. As principais características dos decisores são conhecimento, interesse, função, alianças e relação com a política da organização⁶⁷.

Os decisores apresentam ainda bom conhecimento sobre sua área de atuação, interesses diretos, relacionamento com a política das organizações, posicionando-se a favor ou contra determinadas ações, que por meio de seu poder de influência e liderança, podem promover alianças potenciais com outros decisores com a mesma capacidade de influência na política da organização⁶⁷.

Ainda segundo o mesmo autor, o processo de análise dos decisores que será inserido na situação problemática deste trabalho requer a realização de nove passos, são eles: planejamento do processo, definição de uma política de trabalho, identificação dos principais candidatos, plano de ação e cronograma, adaptação de ferramentas, obtenção de informações dos decisores, criação e preenchimento da tabela dos decisores, análise da tabela de decisores e utilização das informações obtidas.

A análise de decisores permite a implementação de ações, tomada de decisão e controle de incertezas. Um conjunto de ações será mais provável de sucesso com maior participação dos decisores, bem como a aplicação de outras metodologias complementares de estruturação de situações problemáticas e tomada de decisão.

Um parâmetro importante é o número de entrevistados, este deve estar entre 35 e 40 candidatos. Esta ação requer uma equipe de quatro pessoas, denominadas de facilitadores, trabalhando em tempo integral por um período médio de dois meses. O grupo de trabalho deve conter pelo menos duas pessoas especialistas em entrevistas e muito bem informadas sobre o tema de que se trata a situação problemática. Uma análise envolvendo um menor número de candidatos pode ser realizada, sendo necessários menos recursos⁶⁷.

O processo de análises de decisores pode parar a qualquer momento após a realização do passo 1 (planejamento do processo), que consiste basicamente na finalidade da análise e identificação dos candidatos, pois o grupo de trabalho pode apresentar, ao final desta etapa, informações suficientes dos possíveis decisores, devido a prazos curtos e sensibilidade elevada das análises para seleção¹⁵.

A participação dos decisores na estruturação da situação problemática é de fundamental importância. A situação problemática apresenta uma transição que vai do domínio do problema para o domínio da solução. Esta transição acontece de forma gradativa e com participação ativa dos decisores³⁸. A figura 3 representa o ciclo de desenvolvimento entre o domínio do problema e a solução da situação problemática.

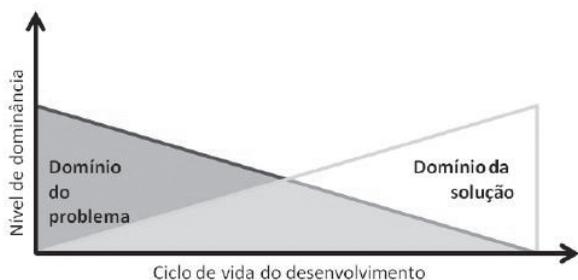


Figura 3. Transição do domínio da situação problemática para domínio da solução³⁸.

A seguir, serão descritos os passos do processo de análise e seleção dos decisores.

Planejamento do Processo

FINALIDADE DA ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DOS CANDIDATOS

A primeira ação necessária para a realização da análise de decisores é promover a definição da finalidade da análise, identificando as pessoas que detêm as informações quanto ao conhecimento das ideologias, vantagens e desvantagens na tomada de decisões e competência na mobilização de recursos disponíveis. O intermediador dessas informações, denominado de facilitador, realizará a análise dos candidatos, identificando quais participantes podem potencialmente se tornar um decisor no processo decisório¹⁰.

RECURSOS DE APOIO NA ANÁLISE

O facilitador deve obter recursos financeiros e humanos para a realização da análise. Esse indivíduo não é um decisor na situação problemática ou na organização, este deve promover apoio de alto nível, de forma a garantir que os resultados da análise dos decisores sejam uma ação de recomendação e implementação no processo da organização¹⁸.

IDENTIFICAÇÃO E TREINAMENTO DO GRUPO DE TRABALHO

A identificação do grupo de trabalho será realizada pelo facilitador, este deve formar uma equipe de duas a quatro pessoas. Os membros do grupo são os entrevistadores e analistas que realizarão a análise dos decisores. O facilitador direcionará todo o processo e pode ser um dos membros e líder do grupo de trabalho⁶⁷.

O processo de análise dos decisores deve ser realizado por todo o grupo de trabalho, do início ao fim do processo. Dessa forma, o grupo de trabalho conhecerá toda a análise, atribuindo a estes, experiência necessária para trabalhos futuros, aumentando também a compreensão de assuntos referentes à organização e suporte para interpretação dos resultados⁶⁷.

PLANO DE AÇÃO E CRONOGRAMA

Ainda segundo o mesmo autor, o plano de ação deve identificar medidas específicas para a realização de toda a análise. O cronograma na forma de tabela deve incluir

todos os passos do processo. A distribuição do tempo para a realização das entrevistas se faz necessária, como também, a reestruturação deste em caso de cancelamento das entrevistas.

DEFINIÇÃO DE UMA POLÍTICA DE TRABALHO

O processo de análise dos decisores será bem realizado no momento da definição de uma política de trabalho ou situação problemática específica. Este problema pode ser de âmbito nacional, regional, local, ou ainda, do tipo projeto institucional, lei, regulamento ou governamental. O facilitador do processo pode apresentar uma política de trabalho, a qual gostaria de estruturar e sugerir planos de ação. Porém, antes de iniciar a análise, deve-se garantir que o problema em questão é um tema apropriado para a participação dos decisores⁶⁷.

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS CANDIDATOS

Este passo está baseado na avaliação de recursos que direcionará o grupo de trabalho a decidir sobre o número máximo de decisores para a realização das entrevistas. O grupo de trabalho pode ainda aplicar entrevistas e questionários com o objetivo de selecionar os candidatos a decisores, priorizando as pessoas relacionadas com a política de trabalho definida²².

Os recursos, o tempo e, até mesmo, as finanças para a realização da análise podem estar limitados, desta forma, a identificação dos decisores pode ser realizada mediante técnicas básicas, como diagrama de influência dos decisores, ou matriz de planejamento. O grupo de trabalho deve, em seguida, definir uma lista, inicialmente mais abrangente, de decisores. Posteriormente, esta lista pode ser reduzida, caso seja necessário¹⁵.

ADAPTAÇÃO DE FERRAMENTAS

A aplicação de ferramentas, neste passo do trabalho, possibilita a obtenção de informações precisas dos decisores. As ferramentas listadas a seguir podem ser utilizadas para análise e obtenção destas informações⁶⁷.

- Definição das características dos decisores;
- Reuniões com os decisores;
- Entrevistas e questionários;
- Tabela de características dos decisores.

Ainda segundo o mesmo autor, a busca pelos candidatos, reuniões ou aplicação de questionários (quando as reuniões presenciais não são possíveis) para definição das principais características destas pessoas e preenchimento da tabela dos decisores é necessária para a análise e seleção dos decisores para participação na estruturação do problema e seleção da alternativa de solução.

Obtenção de Informações dos Decisores

AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES EXISTENTES

Informações secundárias sobre os decisores são importantes, pois são constituídas de informações adicionais, descrevendo o posicionamento sobre a política de trabalho da organização, as metas e objetivos de trabalho dos decisores, bem como informações sobre a quantidade de recursos que os decisores possuem¹⁰, conforme figura 4.

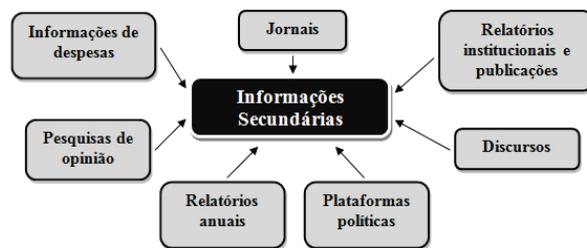


Figura 4. Fontes de informações secundárias sobre os decisores¹⁰.

CRIAÇÃO E PREENCHIMENTO DA TABELA DOS DECISORES

O processo de entrevista com os decisores leva a respostas, muitas vezes, longas. Surge a necessidade de organizar as ideias dos decisores, de forma mais concisa e sistemática, destacando as respostas mais significativas. Ao organizar as informações dos decisores, o grupo de trabalho pode desenvolver comparações mais claras e concisas. A forma de organização e análises das

informações é feita por meio da ferramenta tabela dos decisores⁶⁷.

DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DOS DECISORES

A posição de cada decisor na tabela pode ser estabelecida, de acordo com a seguinte análise:

- Informações diretamente reportadas pelos decisores nas entrevistas;
- Informações obtidas de forma indireta por meio de um segundo decisor (Informações secundárias) e
- Informações de interesse.

A obtenção das informações indiretas é realizada com as entrevistas, estas devem conter perguntas específicas sobre opiniões dos decisores em relação à ideologia da organização em que atuam, informações sobre si mesmos e quanto a outros decisores. As opiniões devem ser inseridas na tabela de características dos decisores. A Tabela 3 apresenta as informações quanto à posição final dos decisores sobre si e uma análise, após avaliar a opinião de outros decisores⁶⁷.

A figura 5 representa o espectro de posição dos decisores referente à política de trabalho da organização ou situação problemática em questão, podendo assumir a posição de suporte (S), Suporte Moderado (SM), Neutro (N), Oponente Moderado (OM) ou Oponente (O).

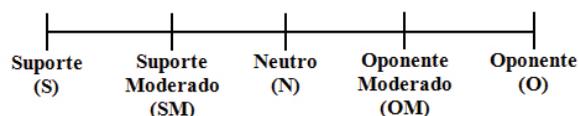


Figura 5. Espectro de posição dos decisores⁶⁷

A definição da posição dos decisores, frente à situação problemática, permite ao facilitador delimitar os possíveis indivíduos que participaram de todo o processo. O próximo passo determina os recursos que cada decisor disponibiliza, bem como, o poder de atuação nas decisões.

FONTE DE RECURSOS E COLUNA DE ÍNDICES DOS DECISORES

Os recursos são do tipo humano, financeiro, tecnológico, político e outros. O potencial de participação de cada decisor é mensurado por meio dos recursos disponíveis para estes participantes, bem como, sua capacidade de utilizá-los. O índice dos decisores é derivado a partir da análise dos dois recursos, quantidade e habilidade para utilizar os recursos⁶⁷.

A coluna Poder, tabela 4, é a média de recursos para cada decisor, quantidade de recursos que o decisor possui dentro de uma organização quando comparado a outros decisores, bem como, a capacidade de mobilizar estes recursos.

A classificação dos recursos são 3 – muitos, 2 – alguns e 1 – poucos. Quanto à capacidade do decisor em mobilizar os recursos, estes podem ser classificados como sendo 3 – o decisor pode tomar decisões em relação ao uso dos recursos na organização ou área funcional, 2 - o decisor é uma das várias pessoas que pode tomar decisões em relação ao uso dos recursos na organização ou área funcional e 1 - o decisor não pode tomar decisões em relação à utilização dos recursos na organização ou área funcional.

Tabela 3. Coluna Posição da tabela de características dos decisores⁶⁷.

| Posição | | | |
|----------------|-----------|-----|----------|
| 1. Auto Relato | 2. Outros | | 3. Final |
| S, SM | S, SM | I.D | S, SM |
| N, OM, O | N, OM, O | # | N, OM, O |

As posições assumidas pelos decisores podem ser Suporte (S), Suporte Moderado (SM), Neutro (N), Oponente Moderado (OM) e Oponente (O).

Tabela 4. Colunas Recursos e Poder da tabela de características dos decisores⁶⁷.

| Recursos | | Poder |
|---------------|------------------------------|----------------|
| 1. Quantidade | 2. Habilidade para Mobilizar | Recursos Média |
| 3, 2, 1 | 3, 2, 1 | 3, 2, 1 |

O Poder pode ser definido como sendo a capacidade de realizar alguma ação, como por exemplo, capacidade de influenciar na implementação de novas estações de tratamento de efluentes industriais. O índice de poder é estabelecido na média de recursos para cada decisor, valores entre 3 e 1, assim descrito: 3 – alto poder, 2 – poder médio, 1 – pouco poder⁶⁷.

ANÁLISE DA TABELA DE DECISORES

O mesmo autor considera este passo como uma maneira de comparar as informações dos decisores, obtidas nos passos anteriores, como importância relativa, conhecimentos, interesses, posições e posição referente à política de trabalho da organização, sendo possível concluir:

- Quais características dos decisores são mais importantes, o poder ou análise de liderança?
- Qual o conhecimento dos decisores sobre a política da organização?
- Qual a posição específica dos decisores sobre a política da organização?
- Possíveis vantagens e desvantagens da política da organização (Análise de interesse);
- Quais decisores podem formar alianças?

UTILIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS

O grupo de trabalho (facilitadores) é responsável por organizar, divulgar e explicar os resultados obtidos de forma a garantir que os decisores possam utilizar estas informações para uma futura tomada de decisão. As informações obtidas nos passos anteriores podem ser utilizadas para desenvolver ações para aumentar o apoio à decisão¹⁰.

Os decisores selecionados utilizando esta metodologia podem ser classificados em ativos, passivos e patrocinadores⁷³. Decisores ativos são indivíduos ou organizações que interagem diretamente com o sistema ou situação problemática. Os participantes passivos influenciam no sucesso da organização ou ideias implementadas. Por fim, os patrocinadores controlam e monitoram o desenvolvimento do sistema, bem como, os recursos disponíveis e possíveis financiamentos para a organização.

Construção dos Mapas Cognitivos

Mapas cognitivos são ferramentas para representação dos pensamentos de um indivíduo ou grupo de pessoas envolvidas em uma determinada situação problemática²¹.

Ainda segundo autor anterior, as decisões estratégicas em empresas, indústrias e instituições, devem ser realizadas pela alta gestão. Estas envolvem objetivos conflitantes com muitas incertezas, de forma que, os decisores necessitam visualizar e interpretar o contexto de decisão em que estão inseridos de acordo com a situação problemática. Entretanto, relações interpessoais e o processo decisório presentes no âmbito profissional podem ser considerados de difícil estruturação e compreensão.

Existem alguns benefícios na utilização dos mapas, como o esclarecimento de ideias, direcionamento dos atores da situação problemática ao analisar as informações nas formas, verbal, textual e gráfica, estruturação de problemas, identificação e exploração de objetivos e ponto de vista do decisor sobre o problema no qual está inserido. A estruturação de todas as informações ocorre por mapeamento do processo cognitivo¹.

A obtenção e mapeamento dos pensamentos dos decisores ocorrem a partir de entrevistas com os decisores, realizadas por um facilitador, obtendo, desta forma, informações reais da situação problemática. Porém, os mapas cognitivos não promovem diretamente a solução dos problemas. O Facilitador deve se posicionar de forma imparcial no momento da entrevista com os decisores, sendo recomendável que o facilitador seja um indivíduo externo ao contexto do problema, com capacidade de negociação e que proporcione aos decisores, locais e horários adequados para a realização de todo o trabalho²¹.

Os mapas cognitivos, segundo o autor anterior, fornecem alternativas para atingir os objetivos estratégicos, utilizando os conceitos na estrutura hierárquica. As entrevistas devem durar entre 60 a 90 minutos, por se tratar de um processo que exige muito esforço mental, e deve ser realizada, de preferência, no ambiente do entrevistado, ou em local neutro para ambos, decisor e facilitador.

O facilitador tem por função no contexto de estruturação do problema, interpretar e direcionar os eventos que compõem o problema, a partir do seu sistema de valores,

informações técnicas e de sua própria visão subjetiva. Os problemas estão relacionados às pessoas, portanto, a obtenção das informações com os decisores possibilita a construção dos eventos, a partir da percepção e interpretação das informações¹⁷.

Os mapas cognitivos podem ser construídos a partir do discurso de indivíduos, estes estão envolvidos na situação problemática, que são a base das informações para a estruturação do problema²³.

O decisor está inserido no contexto de decisão, de forma que a figura 6 representa os comportamentos dos decisores e facilitador no decorrer do tempo. O momento t_1 corresponde às representações mentais do decisor, que servirão como fonte de dados para a produção das representações discursivas no tempo t_2 . As representações mentais discursivas influenciarão nas representações mentais, L_1 , gerando o discurso do decisor, que por sua vez, irá gerar representações mentais no facilitador, tempo t_3 . A partir deste momento, o facilitador pode gerar e mapear suas representações mentais utilizando a ferramenta gráfica, mapa cognitivo, momento t_4 . A construção do mapa cognitivo e posterior visualização deste objeto pelo decisor L_2 podem influenciar novamente em suas representações mentais e gráficas, conforme momento t_5 .

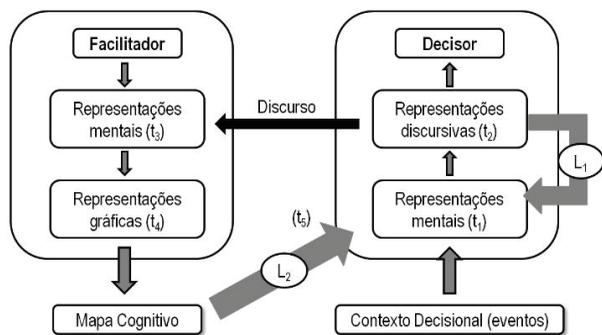


Figura 6. Articulação e pensamento dos participantes do problema²⁵.

A construção e validação dos mapas cognitivos não representam de fato um modelo de descrição do pensamento dos decisores. A construção do mapa é realizada com a interação entre pensamento e articulação dos decisores com o facilitador, sendo uma ação dinâmica, carregado de subjetividade e caracterizado pela reflexão e aprendizado³⁶.

O resultado final da negociação entre decisores e facilitador são os mapas cognitivos, e ocorre processo de aprendizagem entre todos os participantes do problema¹. A interpretação mental do facilitador, a partir das entrevistas realizadas com os decisores, sobre todo o problema pode ser apresentado, conforme figura 7.

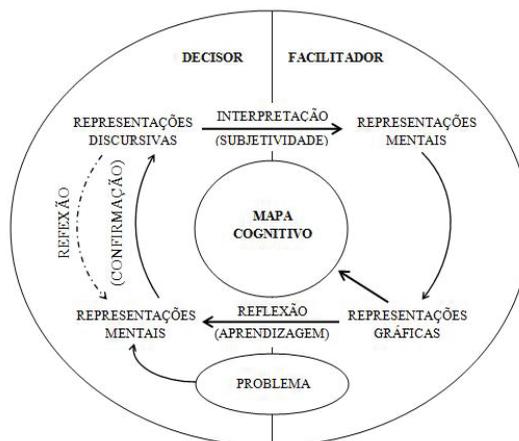


Figura 7. Processo cognitivo de articulação, pensamento e interpretação mental¹.

Uma recomendação importante é que a validação das informações contidas no mapa cognitivo e possível prosseguimento da estruturação devem ser realizados em um período de no máximo de 24 horas, sempre que possível²².

CONSTRUÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DOS CONSTRUTOS

Durante a entrevista realizada com os decisores, o facilitador obtém conceitos intermediários para a construção do mapa cognitivo. A partir destas ações, o facilitador direciona o decisor a pensar na importância dos conceitos (conceitos-fim) e quais ações (conceitos-meio) podem ser realizadas para atingir estes conceitos³².

As ligações entre os conceitos meio e fim no mapa cognitivo possibilitam a definição da hierarquia do mapa, representada na figura 9, que são realizadas por ligações de causalidade (par-a-par), representadas por setas ($\rightarrow + e - \leftarrow$). O primeiro símbolo indica que o primeiro polo de um determinado conceito está relacionado com o primeiro polo de outro conceito, no qual o primeiro está ligado. O segundo símbolo indica que o primeiro polo de um conceito está relacionado com o segundo polo de outro conceito³².

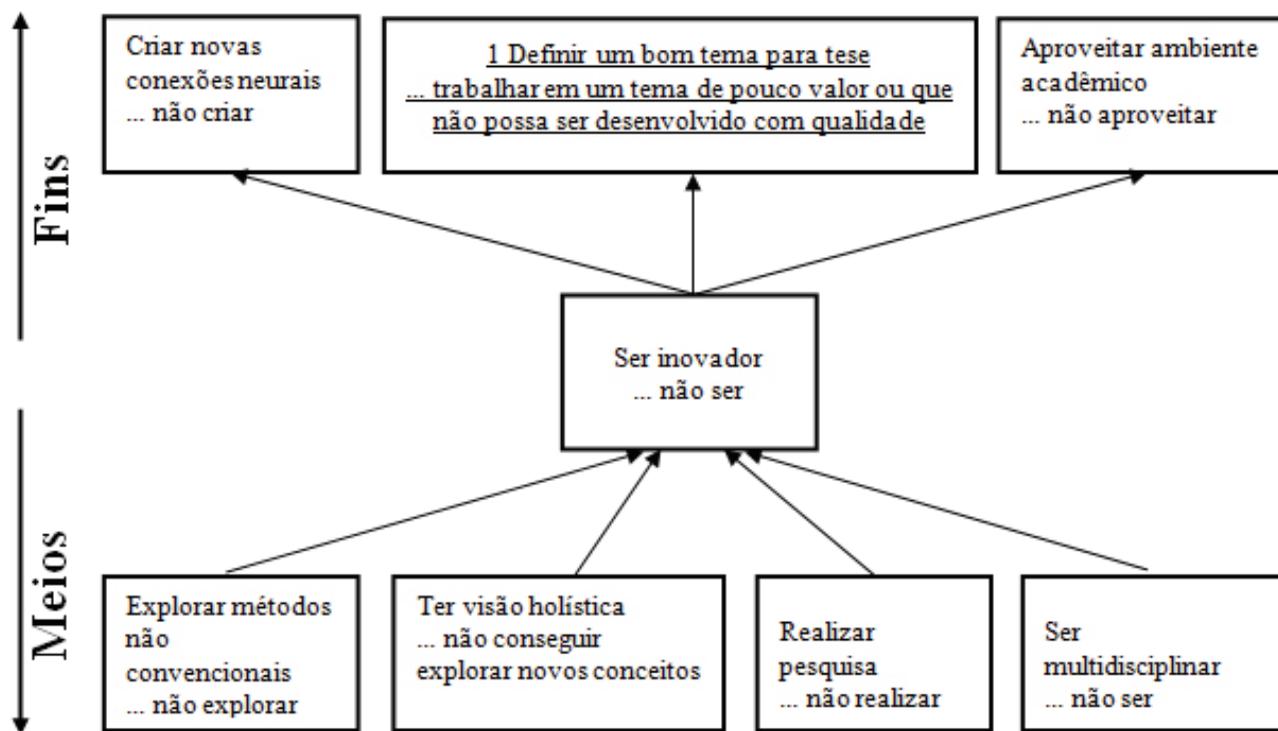


Figura 8. Hierarquia dos conceitos e pólos do mapa cognitivo³².

IDENTIFICAÇÃO DOS CONCEITOS-FIM NO MAPA COGNITIVO

O facilitador identifica no mapa cognitivo os conceitos-fim realizando a seguinte pergunta: Por que este conceito é importante? Logo o decisor responde que este conceito é importante por atingir um objetivo descrito no mapa. Em seguida, o decisor é questionado sobre o polo contraste ou oposto psicológico ao primeiro polo deste conceito. Esta ação de perguntas quanto à importância dos conceitos segue até que o decisor responda algo semelhante à seguinte afirmação: este conceito é importante porque simplesmente é importante para atingir um determinado fim. Neste momento, atinge-se o nível hierárquico mais elevado do mapa cognitivo, denominado de objetivo estratégico²⁴.

O mesmo autor afirma que o facilitador estabelecerá e utilizará os conceitos-meio utilizando a seguinte pergunta: Quais são razões que explicam este conceito? O decisor pode responder que este conceito pode ser

atingido utilizando somente um ou mais de um meio. Este decisor pode ainda informar o polo contraste ou oposto psicológico para os conceitos-meio. Os conceitos-meio podem gerar ações potenciais ou alternativas para o processo de decisão. A pergunta sobre as razões que explicam o conceito continua até que o decisor não consiga encontrar respostas que justifiquem o conceito questionado, conforme a figura 9.

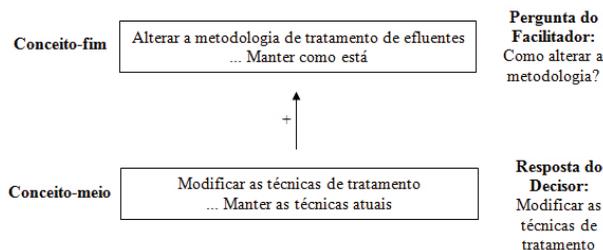


Figura 9. Construção dos conceitos-meio do mapa cognitivo.

Ainda segundo autor anterior, um conceito pode levar a dois ou mais conceitos-fim conflitantes, ou até mesmo, que possam ser explicados por dois ou mais conceitos-meio. Nestas duas situações, o primeiro polo do conceito está diretamente ligado aos polos contraste dos conceitos-fim ou aos conceitos-meio.

CONSTRUÇÃO DO MAPA COGNITIVO CONGREGADO

Os decisores em um processo de estruturação de problema e apoio à decisão apresentam como característica comum a participação e o poder nos processos das organizações. Porém, estes decisores têm interesses e valores conflitantes, por representarem diversos grupos de trabalho. Estes grupos possuem diferenças nas personalidades, nas intenções de ação, poderes e preocupações distintos para atuação quanto à política da organização. Durante a construção de um mapa cognitivo de grupo, surge grande quantidade de conceitos conflitantes, como também, quantidade considerável de conceitos similares, estes podendo ser agregados²⁴.

O mapa cognitivo congregado é a representação da forma que o grupo de decisores entende uma situação problemática, de forma que o facilitador tem por ação principal incentivar os decisores a pensar em temas não abordados anteriormente. Isso estimula nos decisores a criatividade, permitindo a percepção de pontos que, mesmo sendo considerados pelos decisores, estes não diriam durante as entrevistas para a construção dos mapas cognitivos individuais⁴⁸.

O facilitador tem por função avaliar o mapa congregado, utilizando reuniões como forma de participação de todos os decisores envolvidos²⁵.

Existem duas formas de construção do mapa cognitivo congregado, são estas⁴⁸:

- a) Construção do mapa cognitivo congregado com o grupo de decisores;
- b) Construção do mapa cognitivo congregado utilizando os mapas individuais;

Na opção (a), o facilitador deve apresentar experiência e habilidade na captação dos conceitos mais representativos sobre cada reflexão dos decisores, como também, deduzir de forma precisa os conceitos. Porém, há um risco de perda do potencial do mapa

como ferramenta de estruturação de problemas e apoio à decisão, devido à presença de decisores com maior poder dentro da organização, e por constrangimento, outros decisores deixarão de expressar ou defender algumas percepções, importantes para o mapa congregado. O pensamento do grupo pode ser caracterizado como uma forma de pensar de todos os decisores selecionados, de forma que, alguns decisores são inibidos quanto a sua capacidade de julgamento e espontaneidade, devido à influência psicológica do restante de grupo²⁴.

Ainda segundo o mesmo autor, a segunda forma de construção do mapa cognitivo congregado, opção (b), acontece com a utilização dos mapas individuais, por meio de entrevistas individuais com cada decisor, iniciando esta ação com os membros mais influentes, demandando maior tempo de realização e às vezes, maior custo no processo. O mapa cognitivo congregado é construído por meio da negociação e validação da união dos mapas individuais (mapa agregado), sendo possível a inserção e/ou alteração de conceitos já existentes, em que o comum acordo com o grupo de decisores formará o mapa cognitivo congregado.

Em situações de prospecção do mapa cognitivo congregado e estruturação de situações problemáticas, identificam-se áreas de atuação (áreas de interesse). Uma análise do mapa cognitivo congregado se faz necessária, uma vez que é a análise destes elementos que determina os objetivos estratégicos do trabalho e as ações para atingi-los, por meio de critérios e alternativas.

Análise do Mapa Cognitivo Congregado

Esta seção do trabalho consiste em identificar as relações entre os conceitos do mapa congregado, este oriundo da ligação entre os argumentos individuais dos decisores, por meio da observação do conteúdo quanto à hierarquia de conceitos dos mapas cognitivos.

Portanto, esta etapa do trabalho de análise do mapa cognitivo consiste na identificação de *clusters*, a qual será descrita a seguir.

IDENTIFICAÇÃO DE CLUSTERS

Os conteúdos distintos nos mapas cognitivos podem ser agrupados e identificados visualmente. Esses agrupamentos são denominados de Clusters, que são utilizados para separação de conceitos no mapa, reduzindo, dessa forma, as dificuldades de análise dos conteúdos²⁵.

O mapa cognitivo apresenta os conceitos conectados através de ligações de influência entre os clusters, conforme figura 10. O conceito C5 representa o objetivo estratégico, enquanto os conceitos-fim são representados por C8, C9, C12, C15, C16 e C21, estes estão localizados na base do mapa cognitivo.

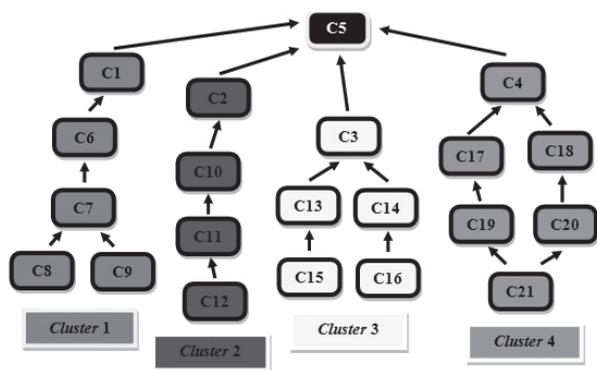


Figura 10. Representação dos clusters do mapa cognitivo.

Esta seção apresentou a definição de *clusters* e como identificá-los nos mapas cognitivos. A próxima seção apresenta o método SCA do tipo qualitativo para a estruturação do problema, levantamento das alternativas e tratamento das incertezas.

Método *Strategic Choice Approach* (SCA)

Para este trabalho, foi escolhido o método de estruturação de problemas SCA (*Strategic Choice Approach*), pois este permite a aplicação de uma metodologia sobre as incertezas que surgem de um cenário com múltiplas opções de decisão e a compreensão dos

principais aspectos da situação problemática. A definição da estrutura do problema deve apresentar participação dos decisores, para que estes possam buscar soluções de ação na tomada de decisões.

O método SCA apresenta relações diretas com a Pesquisa Operacional (PO). O facilitador, que pode ser um especialista no assunto, aplica a Pesquisa Operacional para tornar o processo de decisão mais fácil de ser entendido. Este participante do processo decisório utiliza conceitos e técnicas do SCA, sendo capaz de apoiar todo o processo de decisão⁶⁹.

Os autores anteriores determinam ainda que ambos os métodos de estruturação de problemas e tomada de decisão são muito utilizados em organizações públicas para o desenvolvimento de estratégia e planejamento. O SCA é caracterizado como uma abordagem de planejamento que possibilita o tratamento de incertezas, garantindo que um grupo de decisores utilize estratégias viáveis com ênfase nas áreas de decisão relacionando-as com incertezas e critérios independentes, apresentando ainda características comuns aos métodos de decisão Multicritério. O método SCA utiliza a estruturação da situação problema e discute soluções por meio de oficinas com análise qualitativa para as soluções ótimas.

O método SCA apresenta quatro modos: Formação ou Modelagem, Design, Comparação e Escolha. Estes modos podem ser operados em um processo cíclico, de forma que os decisores podem seguir entre as diferentes modalidades. Os modos do SCA são aplicados de forma linear, em que cada modo representa uma sequência de ações subsidiadas por técnicas especiais⁶⁹. A figura 11 representa os modos da metodologia SCA.

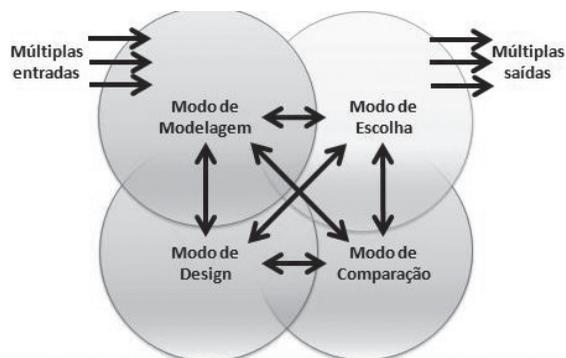


Figura 11. Representação dos modos do método SCA³⁹.

Os modos de trabalho da metodologia SCA apresentam um conjunto de ferramentas de natureza pictográfica para a estruturação de problemas, que podem ser descritos detalhadamente⁵⁵, conforme a seguir:

MODO DE MODELAGEM

O modo Modelagem contempla a identificação das áreas de decisão, que consistem em qualquer situação que seja possível escolher, segundo julgamento dos decisores, entre áreas de atuação. Dessa forma, os decisores descrevem as Áreas de Decisão da situação-problema quanto ao planejamento e decidem quais áreas são mais relevantes para o problema.

As atividades do modo Modelagem estão relacionadas com as seguintes ações: identificação das Áreas de Decisão, identificação dos *Links* de Decisão, construção do Grafo de Decisão e definição do Foco do Trabalho³⁹.

A utilização de rótulos de identificação para cada segmento de decisão e definidos na forma de questionamentos. A continuidade do processo de estruturação do problema acontecerá quando um grafo de decisão for relacionado com as áreas de tomada de decisão⁶⁶.

A tabela 5 representa um exemplo de Áreas de Decisão identificadas no planejamento de seleção de um método de descarte de resíduos químicos gerados nos laboratórios de análises da instituição SENAI.

Tabela 5. Relação entre as áreas de decisão.

| Áreas de decisão | Rótulo |
|-------------------------------------------------------------|------------|
| Qual(is) o(s) método(s) para descarte dos produtos nocivos? | MET_DESC? |
| Qual(is) a(s) fonte(s) de recursos financeiros? | REC_FINAN? |
| Qual a eficácia do(s) método(s) para a instituição? | EFIC_MET? |

A identificação das Áreas de Decisão leva os decisores a escolherem o curso das ações, que podem afetar outras Áreas de Decisão. Desta forma, surge uma conexão que será representada por *links* de decisão, que consistem em linhas que conectam as áreas⁷⁴.

A aplicação do método SCA acontece com 3 ou 4 Áreas de Decisão mais importantes, para formar o foco do trabalho. Os decisores podem criar novos focos, conforme suas necessidades. Um número maior do que 4 Áreas de Decisão torna o trabalho árduo e muito tempo para sua realização²⁸.

As Áreas de Decisão são escolhidas tomando como base os quatro critérios a seguir: ligação com outras Áreas de Decisão, controle das áreas pelos decisores, importância das consequências e urgência na tomada de decisão²⁹.

A figura 12 representa as Áreas de Decisão selecionadas em cor azul, segundo os critérios descritos anteriormente em relação ao foco do trabalho.

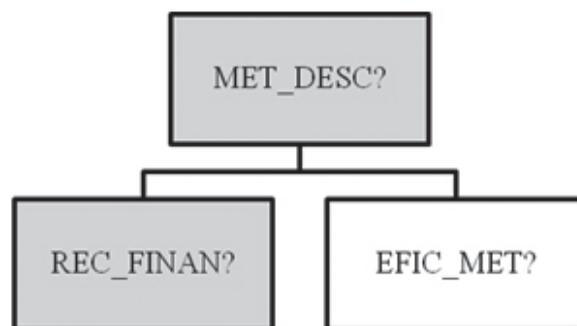


Figura 12. Organograma das áreas de decisão.

MODO DE DESIGN

As áreas de decisão mais relevantes são analisadas e levantadas, considerando as diferentes opções de decisão e suas relações. Técnicas especiais são utilizadas para limitar as opções de decisão, definindo estas opções como sendo mutuamente excludentes entre si para uma mesma área de decisão.

O modo *Design* representa as opções de decisão, que são cursos de ação para cada Área de Decisão pertencente ao foco da situação problemática. As Opções de Decisão devem ser mutuamente excludentes e representar de forma completa as opções das Áreas de Decisão⁷⁴.

As Opções de Decisão podem ser estabelecidas utilizando a ferramenta Brainstorming com os decisores selecionados no trabalho²⁸. A tabela 6 representa a relação entre as Áreas de Decisão e as respectivas Opções de Decisão.

Tabela 6. Áreas de decisão com as respectivas opções de decisão.

| Áreas de Decisão | Opções de Decisão | Rótulo |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Qual(is) o(s) método(s) para descarte dos produtos nocivos? | Empresa terceirizada; Desenvolvimento de dispositivo degradador; Não descartar os produtos nocivos; Disponibilizar os produtos nocivos no meio ambiente; | MET_DESC? |
| Qual(is) a(s) fonte(s) de recursos financeiros? | Instituição de Pesquisa; Apoio privado de empresas; Sem apoio financeiro; Ambos os apoios financeiros; | REC_FINAN? |

Uma melhor representação do Esquema de Decisão pode ser utilizada, conforme figura 13, esta possibilita uma visualização da estrutura gráfica contendo todas as combinações, sejam estas viáveis ou não, esquemas de opções de decisão²⁸.

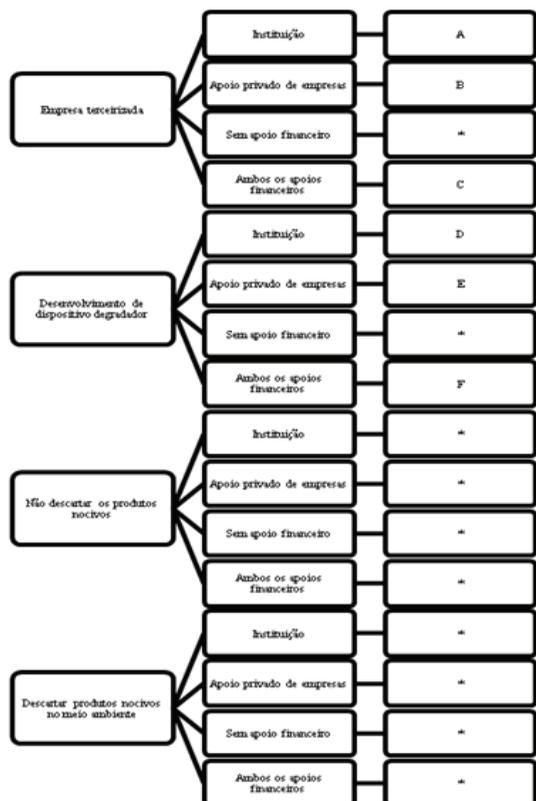


Figura 13. Esquemas de Opções de Decisões.

Incompatibilidades entre as Opções de Decisão podem ocorrer, sendo estas representadas pelo símbolo (*). Ao ocorrer estas incompatibilidades, as combinações são excluídas e consequentemente as combinações que não apresentam incompatibilidades não são excluídas do conjunto de combinação das opções de decisão²⁹.

O modo Design determina as seguintes ações: identificação das Opções de Decisão, construção da Árvore de Decisão e identificação dos Esquemas de Decisão (alternativas)³⁹.

MODO DE COMPARAÇÃO SCA

Os Esquemas de Decisão são avaliados no modo Comparação do método SCA originando as Áreas de Comparação. Neste modo, utilizam-se diferentes critérios e as áreas de comparação são agora analisadas com o intuito de se conhecer mais sobre as alternativas viáveis do processo, possibilitando a definição das estratégias de ação. As avaliações das várias combinações das alternativas permitem aos decisores o conhecimento sobre o desempenho de cada opção.

O termo Área de Comparação representa as preocupações dos decisores, de forma que estes participantes do processo podem avaliar as consequências de escolha para todos os Esquemas de Decisão²⁹. As Áreas de Comparação também são descritas por rótulos, conforme tabela 7.

Tabela 7. Áreas de comparação da situação problemática.

| Área de Comparação | Rótulo |
|-------------------------------------------------------------|---------------|
| Cumprimento do propósito de degradação de resíduos químicos | CUMPRIMENTO |
| Benefícios para o meio ambiente | MEIO_AMBIENTE |
| Visibilidade do SENAI perante as empresas do ramo químico | VISIBILIDADE |
| Menor custo | CUSTO |

As Áreas de Comparação identificadas, pode-se utilizar um gráfico para representar as preferências dos decisores, denominado de Grade de Comparação de Vantagens, figura 14. Este gráfico é dividido em regiões verticais que representam as vantagens Marginal, Significante, Considerável e Extrema de um Esquema de Decisão sobre outro²⁸.

Figuras do tipo losangos são utilizadas para registrar vantagens de um Esquema de Decisão sobre outro para cada Área de Comparação, sendo aplicadas também setas representativas do intervalo de confiança que os decisores têm sobre os seus próprios julgamentos de comparação dos Esquemas de Decisão³⁷.

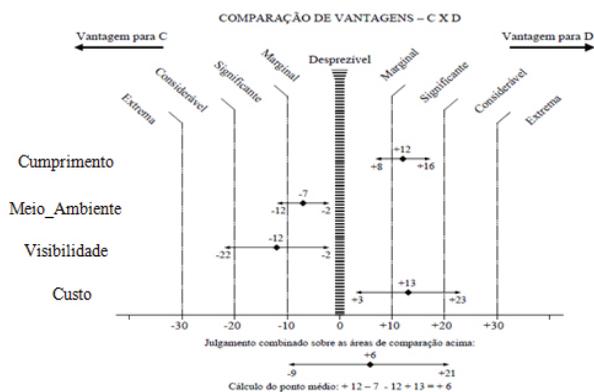


Figura 14. Grade de comparação de vantagens entre os esquemas de decisão²⁸.

A combinação dos julgamentos para as diferentes Áreas de Comparação é realizada, utilizando uma escala numérica para sumarizar os julgamentos nas diferentes Áreas de Comparação para um único Balanço Geral de Vantagens²⁹.

Ainda de acordo com os autores anteriores, mesmo depois de comparados os Esquemas de Decisão em algumas situações, a escolha do esquema de melhor compromisso pode apresentar-se de forma inviável devido ao alto grau de incerteza presente no Esquema de Decisão.

LIMITAÇÃO DO MÉTODO SCA: IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE COMPARAÇÃO

Uma das origens da incerteza no processo de tomada de decisão é a ocorrência de discordâncias sobre os pesos atribuídos às Áreas de Comparação no modo de Comparação. O método SCA no modo Comparação não fornece ferramentas que possibilitem atribuir diferentes importâncias para os diferentes eixos de avaliação²⁸. O método SCA não oferece suporte para a ponderação de diferentes Áreas de Comparação³⁷.

O resultado desta limitação do método é a não consideração das diferenças dos julgamentos dos decisores durante a utilização do Balanço Geral de Vantagem por meio da escala numérica²⁹.

Esta limitação quanto aos julgamentos dos Esquemas de Decisão será contornada com aplicação dos métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) do tipo *Analytic Hierarchy Process* (AHP) proposto nesta dissertação. Os métodos AMD promovem a aprendizagem e o entendimento da situação problemática e representam a superação das limitações cognitivas dos tomadores de decisão^{7,61}.

MODO DE ESCOLHA SCA

O modo Escolha do método SCA permite investigar as possíveis incertezas que podem influenciar na decisão final do processo, possibilitando também o progresso constante de planejamento das ações. O primeiro passo no modo Escolha é a identificação das Áreas de Incerteza²⁹.

Áreas de Incerteza são definidas como dúvidas, discordâncias ou suposições alternativas que um determinado conteúdo que pode influenciar nas decisões dos decisores¹⁶.

Este permite combinações e conhecimento das alternativas relevantes ao processo de decisão, considerando todas as incertezas. Consequentemente será decidido como estas incertezas podem ser sanadas, por exemplo, realizando decisões passo a passo. Formas corretas para realização de ação e pacotes de compromisso são realizadas e construídas, delineando as diferentes decisões que serão tomadas.

As incertezas dos decisores podem surgir nos três modos iniciais do método SCA, as quais serão descritas a seguir²⁸:

- Dúvidas no modo Modelagem referentes à capacidade de realizar escolhas para cada Área de Decisão.
- Incertezas no modo Modelagem sobre a existência de Links duas ou mais Áreas de Decisão.
- Dúvidas no modo Design sobre a viabilidade de Opções de Decisão em relação a uma Área de Decisão.
- Incertezas no modo Design sobre a compatibilidade das Opções de Decisão.
- Dúvidas no modo Comparação sobre as vantagens para uma determinada Área de Comparação.

- Incertezas no modo Comparação sobre as discordâncias dos pesos atribuídos pelos decisores para as Áreas de Comparação.

As Áreas de Incerteza recebem um rótulo iniciado com um ponto de interrogação²⁹. Identificadas as Áreas de Incerteza, é necessária a busca pela redução dos níveis de incerteza para as áreas que mais se destacaram, utilizando ações denominadas de Opções Exploratórias²⁸.

Os decisores devem decidir sobre como cada Área de Incerteza deve ser abordada. Esta ação auxiliará na identificação das Opções Exploratórias. Desta forma, os decisores atribuirão às Incertezas relacionadas ao Ambiente de Trabalho (IA), Incerteza sobre Valores Direcionadores (IV), isto é, valores que norteiam as ações do grupo decisor e Incertezas sobre Decisões Relacionadas (IR)²⁷.

Uma classificação das Áreas de Incerteza é necessária para determinar a relevância do processo de tomada de decisão²⁸. A classificação é realizada, segundo uma escala em pontos proporcionais ao nível de destaque. A tabela 8 representa uma Área de Incerteza identificada na situação problemática de descarte de resíduos gerados em laboratórios de análise, sendo constituída pelos rótulos, destaque de cada Área de Incerteza, a classificação e a Opção de Decisão que a gerou.

Existe uma possibilidade de optar por não realizar

Tabela 8. Área de incerteza para os valores utilizados pelos decisores.

| Opções de Decisão | Área de Incerteza | Rótulo | Tipo | Destaque |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|----------|
| E | Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos. | ?REC_FIAN | IV | **** |
| F | Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos. | ?REC_FIAN | IV | **** |

ações para redução dos níveis de incerteza. Desta forma, ponderam-se as ações de redução das incertezas quanto aos investimentos necessários na realização desta atividade²⁹.

A tabela 9 é uma adaptação de metodologia²⁸ que representa três critérios para as Áreas de Incerteza de maior destaque para a situação problemática de descarte de resíduos gerados em laboratórios de análise, utilizados para decidir sobre a aplicação ou não das Opções Exploratórias, são eles: Custo monetário ou de oportunidade, Atraso na decisão e Ganho de confiança para os decisores.

A escolha por uma Opção de Decisão é baseada no nível

Tabela 9. Opções exploratórias para a problemática de descarte de resíduos laboratoriais.

| Opções de Decisão | Opções Exploratórias | Área de Incerteza | Custo | Atraso | Ganho |
|-------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|-------|
| E | Aplicar questionário para conhecer interesse | Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos. | # | * | ++ |
| F | Aplicar questionário para conhecer interesse | Fonte de recursos financeiros para o desenvolvimento (projeto e construção) do dispositivo para degradar os resíduos químicos. | # | * | +++ |

de confiança dos decisores na situação atual do trabalho realizado pelos participantes do processo. Desta forma, as Áreas de Decisão que apresentam nível baixo de confiança dos decisores são necessárias à aplicação das Opções Exploratórias para reduzir o nível de incerteza, possibilitando tomada decisão para a situação problemática²⁹.

A tabela 10 representa o Pacote de Compromisso da situação problemática descarte de resíduos. Este pacote é constituído pelas Áreas de Decisão e áreas funcionais da organização responsáveis por cada Área de Decisão e pelas Incertezas do processo.

A construção do Pacote de Compromisso possibilita a

Tabela 10. Pacote de compromisso atual para a problemática de descarte de resíduos laboratoriais.

| Responsável | Áreas de Decisão Opções de Decisão | Áreas de Incerteza Opção Exploratória |
|----------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|
| Indústria | MET_DESC? E | ?REC_FIAN Questionário |
| SENAI e Indústria | MET_DESC? F | ?REC_FIAN Questionário |

continuação da análise de redução das incertezas, seja por ação das Opções Exploratórias ou devido à identificação de novas características da situação problemática por meio dos outros modos do método SCA²⁹.

Ainda segundo os autores anteriores, as atividades que podem ser desenvolvidas no modo Escolha são: identificar as Áreas de Incerteza, classificar as Áreas de Incerteza em IA, IV, IR, avaliar o grau de destaque para cada Área de Incerteza, identificar as Opções Exploratórias, determinar as Opções Exploratórias de acordo com o Custo, Atraso e Ganho e Construir o Pacote de Compromisso. Uma vez conhecidas as incertezas, podem-se buscar métodos e ferramentas para reduzir o efeito dessas incertezas. Utiliza-se, para isto, as chamadas ações exploratórias, que são ações cujo objetivo é diminuir o nível atual de incertezas sobre as alternativas.

Estes autores afirmam que a identificação das opções exploratórias pode ser realizada inserindo uma nova Área de Decisão à situação problemática, deve-se avaliar se esta nova ação exploratória será ou não executada. Uma forma de avaliar a viabilidade na redução dos níveis de incerteza é por meio da comparação com base em três critérios: (1) alteração do nível de confiança na tomada de decisão, (2) quantidade e disponibilidade de recursos e (3) atraso provocado na decisão final.

A utilização das opções exploratórias pode levar a preocupações adicionais em relação ao fator tempo, podendo atrasar a decisão final. Nem toda Área de Decisão requer uma ação exploratória, permitindo que decisões mais urgentes sejam realizadas enquanto se realiza a redução de incertezas para outras Áreas que apresentam níveis de urgências mais baixos. Os esquemas de ação permitem que ações na forma de compromissos sejam realizadas para Áreas de Decisão mais urgentes²⁹.

Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA)

As situações problemáticas que envolvem tomadas de decisão são uma constante no cotidiano das pessoas, principalmente no âmbito das organizações. Algumas destas decisões requerem uma análise cuidadosa sobre qual das alternativas deve-se utilizar. Em um contexto geral, a forma mais comum para se tomar uma decisão acontece ainda de forma intuitiva, sendo caracterizada por julgamentos intuitivos das variáveis da situação problemática. À medida que se realiza uma análise mais detalhada do problema, maior a probabilidade de a alternativa contemplada ser a mais adequada para todo o contexto³.

A solução para uma situação problemática complexa envolve múltiplos decisores, múltiplos objetivos e múltiplos critérios. (Necessita-se, portanto de utilização de um método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ou MCDA (*Multiple Criteria Decision Analysis*)²⁵. A tabela 11 apresenta os tipos de problemáticas de decisão e os métodos AMD para abordagem destas situações problemáticas.

Tabela 11. Métodos AMD para os diferentes tipos de situações problemáticas³⁵.

Problemas e Métodos MCDA

| Problemas de Escolha | Problemas de Ranqueamento | Problemas de Classificação | Problemas de Descrição |
|----------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| AHP | AHP | AHPSort | |
| ANP | ANP | | |
| MAUT/UTA | MAUT/UTA | UTADIS | |
| MACBETH | MACBETH | | |
| PROMETHEE | PROMETHEE | FlowSort | GAIA, FS-Gaia |
| ELECTRE I | ELECTRE III | ELECTRE-Tri | |
| TOPSIS | TOPSIS | | |
| Goal Programming | | | |
| DEA | DEA | | |

Plataforma Multi-métodos de suporte de vários métodos MCDA

CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA

A estrutura hierárquica corresponde a uma disposição dos objetivos, critérios, subcritérios, níveis de intensidade e alternativas oriundos da estruturação da situação problemática. A estrutura hierárquica pode ser construída a partir da definição dos clusters dos Mapas Cognitivos congregados com abordagem *Value-Focused Thinking* (VFT) para definição dos objetivos ou realização de

julgamentos pelos decisores e facilitador para as áreas de decisão e alternativas da situação problemática, obtendo-se os objetivos, critérios e subcritérios²⁵.

Analytic Hierarchy Process (AHP) com Ratings

Thomas L. Saaty em 1980 desenvolveu o método denominado *Analytic Hierarchy Process* (AHP) com o intuito de desenvolver as limitações cognitivas dos tomadores de decisão de forma separada, ordenando as prioridades.

O método AHP realiza comparações em pares utilizando a experiência e conhecimento dos decisores. As comparações são utilizadas para construir escalas de razão referentes a uma variedade de dimensões tangíveis e intangíveis. A organização destas dimensões na forma de estrutura hierárquica permite estruturar o raciocínio, separando a situação problemática em partes⁶⁵.

O método AHP permite que as decisões realizadas pelos participantes do processo sejam tomadas no entendimento sobre os sentimentos e julgamentos do impacto relativo de uma variável sobre outra⁶³.

Os *Ratings* são um conjunto de níveis de intensidade, também denominados de categorias, utilizados para avaliar o desempenho das alternativas em relação à cada critério ou subcritério. Estas categorias devem apresentar suas descrições de forma clara, descrevendo corretamente os elementos hierarquicamente acima (critérios ou subcritérios). Os julgamentos são realizados pelos decisores para avaliar corretamente as alternativas¹⁹.

O método AHP permite a realização de tomada de decisão utilizando prioridades sobre as alternativas de um problema, sendo necessária a aplicação de três etapas, são elas: formulação do problema, realização dos julgamentos e desenvolvimento algébrico⁶⁵. As etapas citadas anteriormente serão descritas a seguir.

ETAPA 1 – FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A formulação do problema de decisão e posterior aplicação do método AHP ocorrem com a aplicação de dois passos, os quais serão descritos a seguir.

ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

A estruturação da situação problemática consiste em definir o objetivo geral, os critérios, subcritérios e

alternativas. Quando se utiliza AHP com abordagem *Ratings* necessita-se definir as categorias ou níveis de intensidade.

CONSTRUÇÃO DA HIERÁRQUIA

A construção da estrutura hierárquica deve possuir como foco o objetivo, o qual está localizado no topo, seguido pelos níveis intermediários, que são os critérios, subcritérios, até os níveis inferiores, os quais são constituídos pelas alternativas ou níveis de intensidade. Os decisores constituem uma matriz com os elementos de decisão, que representa o problema de decisão⁶⁵.

A estrutura hierárquica com *Ratings* não apresenta as alternativas do problema. Assim, os critérios estarão dispostos no mais alto nível, bem como os subcritérios e, quando existirem, os níveis de intensidade. A figura 15 representa a estrutura hierárquica do método AHP com abordagem *Ratings*⁶⁸.

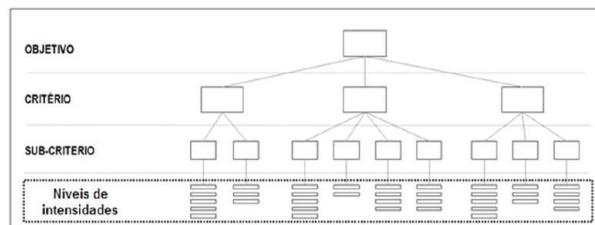


Figura 15. Estrutura hierárquica do método AHP com ratings⁶⁸.

A próxima etapa apresenta os julgamentos dos critérios, subcritérios, alternativas ou níveis de intensidade realizados pelos decisores.

ETAPA 2 – REALIZAÇÃO DOS JULGAMENTOS

Os julgamentos dos critérios, subcritérios e níveis de intensidade da estrutura hierárquica ocorrem com a aplicação de três passos⁶⁵, os quais serão descritos a seguir.

COMPARAÇÃO PAR A PAR DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA HIERÁRQUIA

A realização dos julgamentos em pares dos elementos da estrutura hierárquica ocorre com a construção das

matrizes de comparação, levando-se em consideração a Escala Fundamental de Saaty. Os elementos de um nível superior, que estão relacionados com os elementos dos níveis inferiores, são utilizados para comparar estes elementos dos níveis imediatamente abaixo. Portanto, as alternativas são comparadas aos critérios ou subcritérios e estes são comparados ao objetivo principal. Em seguida, é verificada a consistência dos julgamentos⁶².

Para a realizar os julgamentos, é necessário aplicar uma escala de valores absolutos pré-definidos, denominada Escala Fundamental de Saaty. Esta escala expressará numericamente os julgamentos qualitativos realizados⁵⁰, conforme apresentada na tabela 12.

As intensidades dos julgamentos estão relacionadas com a capacidade do decisor ou facilitador em representar as diferenças qualitativas entre os elementos, utilizando os atributos igual, pequeno, grande, muito grande e absoluto. Os valores intermediários são utilizados quando se requer uma maior precisão nos julgamentos.

CONSTRUÇÃO DAS MATRIZES DE DECISÃO

Após a construção da estrutura hierárquica, cada decisor deve realizar as comparações par a par de cada elemento para o nível na estrutura hierárquica estabelecido, criando-se uma matriz de comparação do

tipo quadrada. O decisor atribuirá um valor da Escala Fundamental de Saaty de acordo com sua preferência, entre os elementos comparados³⁰.

A comparação dos subcritérios A_i e A_j , em relação ao critério C_k , com pesos fornecidos pelo decisor, serão W_i e W_j , sendo que a preferência do subcritério i sobre j resultará em W_i/W_j na matriz de comparação. O decisor realizará comparações par a par considerando todos os níveis hierárquicos, resultando, desta forma, em suas preferências quando comparadas com as informações contidas na estrutura hierárquica⁶¹.

A figura 16 representa uma matriz de comparação quadrada, positiva e recíproca.

$$\begin{matrix}
 & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\
 A_1 & \left[\begin{matrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \end{matrix} \right] & & & \\
 A_2 & \left[\begin{matrix} w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \end{matrix} \right] & & & \\
 \vdots & \left[\begin{matrix} \vdots & \vdots & \dots & \vdots \end{matrix} \right] & & & \\
 A_n & \left[\begin{matrix} w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{matrix} \right] & & &
 \end{matrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Figura 16. Matriz de comparação quadrada (nxn) positiva e recíproca⁶¹.

Tabela 12. Escala Fundamental de Saaty⁶²

| Intensidade | Definição | Explicação |
|-------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Igual importância. | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo. |
| 3 | Importância pequena de uma sobre outra. | A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra. |
| 5 | Importância grande ou essencial. | A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra. |
| 7 | Importância muito grande ou demonstrada. | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática. |
| 9 | Importância absoluta. | A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança. |
| 2,4,6,8 | Valores Intermediários. | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições. |

O próximo passo determina a verificação da consistência dos julgamentos realizados para os elementos das matrizes de comparação.

VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA DOS JULGAMENTOS

Os julgamentos realizados para todas as matrizes de comparação necessitam ser analisados em termos de consistência dos julgamentos. A determinação de consistência dos julgamentos é necessária, pois, os julgamentos realizados pelos decisores são passíveis de erro, resultando nas inconsistências. A inconsistência da matriz resulta em autovalor n igual ou maior do que λ_{max} . Quanto mais próximo n em relação à λ_{max} , mais consistentes serão os julgamentos e por consequência, mais consistente será a matriz de comparação⁶¹.

O Índice de Consistência (IC) da matriz de comparação mede o grau de coerência dos julgamentos. A equação 1 apresenta o cálculo do Índice de Consistência da matriz de comparação, em que λ_{max} representa o máximo autovalor da matriz e n é o número de ordem da matriz⁶¹.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

A atribuição dos IC aos valores de Índice Aleatório (RI ou *Random Index*) pode ser realizada para obtenção dos valores de RI estão relacionados à ordem das matrizes de comparação⁶³. Após a realização da divisão do valor IC por RI, ocorre a determinação da Razão de Consistência (RC), conforme equação 2.

$$RC = \frac{IC}{RI} \quad (2)$$

Ainda de acordo com autor anterior, o método AHP determina que a RC para as matrizes de comparação deve apresentar valores inferiores aos RIs estabelecidos na tabela 13.

Tabela 13. Valores de ordem n da matriz de decisão e Índice aleatório⁶².

| n | RI |
|----|------|
| 1 | 0,00 |
| 2 | 0,00 |
| 3 | 0,52 |
| 4 | 0,89 |
| 5 | 1,11 |
| 6 | 1,25 |
| 7 | 1,35 |
| 8 | 1,40 |
| 9 | 1,45 |
| 10 | 1,49 |

Valores de RC maiores do que RI da tabela 13 indica que as comparações par a par entre os elementos da estrutura hierárquica devem ser reavaliadas pelos decisores.

A etapa 3, desenvolvimento algébrico, do método AHP com *Ratings* será realizada quando se atingir a consistência dos julgamentos, obtendo-se o autovalor máximo e autovetor principal da matriz de comparação.

ETAPA 3 - DESENVOLVIMENTO ALGÉBRICO

O desenvolvimento algébrico é realizado aplicando-se três passos, os quais serão descritos a seguir.

Obtenção do autovalor máximo e autovetor principal

Os valores de autovalor máximo e autovetor principal são obtidos a partir da comparação par a par entre alternativas ou níveis de intensidade relacionados a um critério de um nível hierárquico imediatamente superior cujos pesos ($W = W1, W2, W3, \dots, Wi$) obtendo-se a seguinte equação de matrizes $MW = nW$. A equação de matrizes e normalização dos valores da matriz M permitem obter o vetor de prioridades e um autovetor principal direto W consistente⁶⁴. O autovalor λ_{max} é calculado, conforme equação 3.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[MW]_i}{w_i} \quad (3)$$

Os cálculos referentes às matrizes de grandes dimensões requerem a utilização do método numérico das potências⁵³. Este método é um dos mais apropriados para a obtenção do vetor de prioridades de uma matriz de decisão e fazem ênfase à utilização de algoritmos aproximados para matrizes inconsistentes.

Agregação dos autovetores de prioridade

A agregação dos autovetores prioridade resulta na obtenção das prioridades locais, globais e totais em relação às alternativas. Estas são obtidas a partir das comparações par a par entre os critérios à luz do objetivo principal, entre subcritérios à luz dos critérios e entre alternativas à luz dos subcritérios. As prioridades globais são obtidas a partir da multiplicação entre prioridades locais dos critérios e subcritérios. A prioridade global do objetivo principal é igual a 1. As prioridades globais dos níveis seguintes são obtidas utilizando a multiplicação das prioridades locais por prioridades globais dos níveis imediatamente superiores⁶².

Ainda segundo autor anterior, as prioridades totais das alternativas são obtidas pela soma de suas prioridades globais. Estas são encontradas multiplicando-se suas prioridades locais pelas prioridades globais dos critérios ou subcritérios, em seguida, somam-se os resultados para todas as alternativas. O resultado final é a priorização das alternativas do problema de decisão.

Análise dos resultados finais

A agregação dos autovetores de prioridade permitem a obtenção das prioridades globais, locais e totais. Essas prioridades demonstram os resultados finais na forma de *ranking* das alternativas da situação problemática⁶⁴.

MÉTODOS DE JULGAMENTOS EM GRUPO

Uma decisão em grupo pode ser realizada de duas formas: cada decisor avalia os mesmos critérios que apresentam pesos atribuídos em consenso pelo grupo

de decisores utilizando discussão aberta. A segunda consiste em permitir que cada decisor analise a situação problemática separadamente, segundo sua opinião e interesse para, em seguida, agregar as informações de cada decisor².

As duas abordagens para realizar os julgamentos dos elementos, em grupo, são Agregação Individual dos Julgamentos (AIJ) e Agregação Individual das Prioridades (AIP). Aplicando a abordagem AIJ, obtém-se uma matriz de julgamentos do grupo de decisores utilizando a média geométrica de todos os julgamentos individuais e prioridades locais e globais. A abordagem AIP determina as prioridades locais e globais para cada indivíduo e a prioridade global do grupo de decisores é obtida utilizando a média geométrica ou aritmética dos elementos dos vetores de prioridade global individual¹².

Conclusões

A aplicação da multimetodologia, na forma de ações viáveis na tentativa de redução dos impactos ambientais nos corpos hídricos receptores de efluentes industriais, está relacionada com variáveis das áreas de decisão, participação no processo, legislação ambiental, técnicas de tratamento e métodos de descarte.

A estruturação do problema e construção da estrutura hierárquica não contou com a participação de decisores importantes quanto ao poder de atuação.

A análise de incompatibilidade e viabilidade das opções de decisão que formaram as alternativas desta situação problemática foi realizada apenas pelo facilitador.

O modo Escolha do método SCA permitiu definir as Áreas de Incertezas relacionadas com a alternativa²³ priorizada. Em seguida, avaliaram-se as incertezas e logo após, geraram-se os pacotes de compromissos para reduzir os níveis de incertezas. Os níveis de incertezas da alternativa priorizada não foram reduzidos totalmente com a aplicação dos pacotes de compromissos.

A proposta deste trabalho pode ser melhorada a partir do momento em que todos os participantes do processo atuarem com um maior comprometimento na aplicação das ações, bem como, na utilização das técnicas eficientes no tratamento da complexidade dos resíduos líquidos gerados nas atividades industriais. Esta multimetodologia permitiu a elaboração das Áreas de Decisão para o Modo

Modelagem do método SCA, utilizando a ferramenta mapa cognitivo e possibilitou, com a aplicação do método AHP com *Ratings*, uma proposta para a realização dos julgamentos do Modo Comparação do método SCA. O término da aplicação multimetodológica caracterizou-se pela inserção de um conjunto de ações, denominadas pacotes de compromissos, para mimizar as incertezas da alternativa selecionada.

As limitações da mutimetodologia proposta estão relacionadas com a aplicação, pois foram obtidas informações apenas do distrito agroindustrial do município de Anápolis, estado de Goiás. A metodologia aplicada para redução de impactos ambientais em recursos hídricos somente é válida para os três decisores selecionados, de forma que a mudança de apenas um decisor resulta em uma nova estruturação da situação problemática.

Este trabalho propõe à aplicação da metodologia SCA com intervenções da ferramenta Mapa Cognitivo e método AHP com *Ratings*.

Referências

1. ACKERMANN, F.; EDEN, C.; CROPPER, S. Getting started with cognitive mapping. In: YOUNG OR CONFERENCE, 7., 1992. Coventry. Proceedings...Coventry: University of Warwick, 1992. p. 65-82. (Tutorial paper)
2. ALTUZARRA, A.; MORENO-JIMENES, J. M.; SALVADOR, M. A Bayesian prioritization procedure for AHP-group decision making. *European Journal of Operation Research*, 182, 367-382, 2007.
3. ALVES, D. A. Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão no Processo de Avaliação de um Sistema de Gerenciamento de Conteúdos. 2009.
4. ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F.; Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais, Instituto Agronômico: Campinas, 2006.
5. BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA-FILHO J. V.; XAVIER C. E. O.; BRANCO J. E. H. Modelagem Matemática para Localização de Unidades de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde: Uma Aplicação no Interior do Estado de São Paulo. *Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 81-109, 2014.
6. BAZILIAN, M.; ROGNER, H.; HOWELLS, M.; HERMANN, S.; ARENT, D.; GIELEN, D.; STEDUTO, P.; MUELLER, A.; KOMOR, P.; TOL, R. J.; & YUMKELLA, K. K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*.
7. BELTON, V.; STEWART, T. J. Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Boston: Kluwer Academic Publ. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, 2002.
8. BIZIKOVA L.; ROY, D.; SWANSON, D.; VENEMA, H. D.; MCCANDLESS, M. The water-energy-food security nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development (IISD). IISD Report, 2013.
9. BIZIKOVA L.; ROY, D.; VENEMA, H. D.; MCCANDLESS, M. Water-Energy-Food Nexus and Agricultural Investment: A Sustainable Development Guidebook. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development (IISD). WEF Guidebook, 2014.
10. BRINKERHOFF, D. From Design to Implementation: Stakeholder Analysis in a PHC Project in India. Abt Associates Inc. June 1998.
11. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.
12. _____.BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008.
13. BRASIL. Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 8 jan. 1997.
14. BRITTO, J. M.; RANGEL, M. C. Processos Avançados de Oxidação de Compostos Fenólicos em Efluentes Industriais. *Revista Química Nova*, v.31, n. 1, p.114-122, 2008.
15. BRYSON, J. M. Stakeholder Identification and Analysis Techniques. *Public Management Review*, v.6. p.21-53, 2004.
16. CARTWRIGHT, T. J. STRAD: A new role for computers in planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 16, p. 77-82, 1992. doi: 10.1016/0198-9715(92)90054-U.
17. COSTA, T. C. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. São Jose dos Campos, 2008.
18. CROSBY, B. L. "Stakeholder Analysis: A Vital Tool for Strategic Managers." Technical Notes, No. 2. Implementing Policy Change Project, USAID. Washington, DC. March 1992.
19. DUARTE, A.M. (2005). Gestão de riscos para fundos de investimentos. Prentice Hall, São Paulo, p. 141-155.
20. EDEN, C. Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, n. 36, 1998.
21. EDEN, C. Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, n. 159, p. 673-686, 2004.
22. EDEN, C.; ACKERMANN, F. Making strategy. London: Sage Publications Ltd., 1998.
23. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N. Mapas cognitivos no apoio à decisão, XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, 4th International Congress of Industrial Engineering, 1998, Niterói/RJ, Brasil, 1998a.

24. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; ZANELLA, I. et al. Metodologias multicritério em apoio à decisão. 1998. Santa Catarina, LabMCDA. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. **1998**.
25. ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M. D. Apoio a decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, **2001**.
26. FRANCO, L. A.; MEADOWS, M. Exploring new directions for research in problem structuring methods: On the role of cognitive style. *Journal of the Operational Research Society* 58 (12), p. 1621–1629, **2007**.
27. FRIEND, J. K. New directions in software for strategic choice. *European Journal of Operation Research*, v. 61, p. 154-164, **1992**. doi: 10.1016/0377-2217(92)90277-G.
28. FRIEND, J. K. The Strategic Choice Approach. In: ROSENHEAD, J. MINGERS, J. Rational analysis for a problematic world revisited: Problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, **2001**. 366 p.
29. FRIEND, J. K.; HICKLING, A. Planning under pressure: The strategic choice approach. 3. ed. New York: Elsevier, **2005**.
30. GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. São Paulo: ed. Atlas, **2006**. p. 289.
31. GRAFTON, R. Q.; PITTOCK, J.; DAVIS, R.; WILLIAMS, J.; FU, G.; WARBURTON, M.; QUIGGIN, J. Global insights into water resources, climate change and governance. *Nature Climate Change*, v. 3, n. 4, p. 315-321, **2013**.
32. HEITKOETTER, B. F. A. Aplicação de mapas cognitivos para estruturação do levantamento dos critérios de utilização de óleo vegetal para fluido de corte. **2011**. 117 f. Tese de Mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
33. HERMES, L. C.; SILVA, A. S. Avaliação da Qualidade das Águas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, **2004**.
34. HOFF, H. Understanding the nexus (Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference), **2011**.
35. ISHIZAKA A.; NEMERY P. Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software, Wiley, **2013**.
36. JARDIM, S. B. Mapas cognitivos: um caminho para construir estratégias. *Análises*, v. 12, n. 2, p. 89-119, **2001**.
37. KAIN, J. H.; SÖDERBERG, H. Management of complex knowledge in planning for sustainable development: the use of multi-criteria decision aids, *Environmental Impact Assessment Review*, v. 28, p. 7-21, 2008. doi: 10.1016/j.eiar.2007.03.007.
38. LÓPEZ VILAFRANCA, B. C. Processo de Análise de Stakeholders Utilizando Mapas Cognitivos. **2012**. 196f. Tese de Mestrado em Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
39. MAJOR, G. L. A. Método de estruturação de problemas: Método SCA. São José dos Campos, SP: 2009. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, **2009**.
40. MINGERS, J.; GILL, A. Multimethodology: Theory and Practice of Combining Management Science Methodologies. John Wiley & Sons, Chichester, UK, **1997**.
41. MINGERS, J.; BROCKLESBY, J. (1997). Multimethodology: towards a framework for mixing methodologies. *Omega*, 25, 489–509.
42. MINGERS, J. (2001). Multimethodology: Mixing and matching methods. In: ROSENHEAD, J., MINGERS, J. (Eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*. Wiley, Chichester, p. 289 –310.
43. MINGERS, J. Combining IS research methods: towards a pluralist methodology. *Inform Syst Res* 12: 240–259, **2001**.
44. MINGERS, J. (2002). Multimethodology: mixing and matching methods. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS J. (Eds). *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*. John Wiley and Sons, Chichester, p. 289 – 309.
45. MINGERS, J.; ROSENHEAD, J. (2004). Problem structuring methods in action. *European Journal of Operational Research*. v.152. p.530-554.
46. MINGERS, J. Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science. New York. Springer Science, **2006**.
47. MITCHELL, R. K.; PYLE B. B. R.; WOOD, D. J. Towards a theory of stakeholder identification and salience: defining who and what really counts. *Academy of Management Review* 22 (4), 853–886, **1997**.
48. MONTIBELLER, G.; BELTON, V. Causal maps and the evaluation of decision options: a review, *Journal of the Operational Research Society*, v.57, n.7, p.771-779, July, **2006**.
49. MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. A. Química Ambiental no Brasil, *Revista Química Nova*, v.25, n. 1, p.7-11, **2002**.
50. NASCIMENTO, L. P. A. S. Aplicação do método AHP com abordagem Ratings e BOCR: O Projeto F-X2. Tese de mestrado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, **2010**.
51. NEVILLE, B. A.; BELL, S. J.; WHITWELL, G. Stakeholder salience revisited: toward an action tool for the management of stakeholders. *Academy of Management Best Conference Paper*, SIM D1-D5, **2004**.
52. NOGUEIRA, R. F. P.; JARDIM, W. F. A. Fotocatálise heterogênea e sua aplicação ambiental. *Instituto de Química - Unicamp, Campinas - SP*, v. 21, n.1, p.69-74, **1998**.
53. OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridade no AHP. In: *Encuentro Nacional de Docentes*, 2008, Posadas. *Anales do EPIO*, v. 1, n. 1, p. 1-15, **2008**.
54. ORMEROD, S. J.; DOBSON, M.; HILDREW, A. G.;

- TOWNSEND, C. R. Multiple stressors in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, v. 55, n. 1, p. 1-4, Jan. **2010**. Supplement 1.
55. PHAHLAMOHLAKA, J.; FRIEND, J. Community planning for rural education in South Africa. *European Journal of Operational Research*, v. 152, p. 684-695, **2004**. doi: 10.1016/S0377-2217(03)00066-3.
56. PINELLI, M. P.; BOAVENTURA, G. R.; SANTOS, R. V.; 3rd International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Nova Friburgo, Brasil, **1999**.
57. POLLACK, J. (2007). Multimethodology in series and parallel: strategic planning using hard and soft OR. *Journal of the Operational Research Society*. v. 60. n. 2. p. 156-167.
58. REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, **2006**.
59. REGO, E. B. M. Fotodegradação de Soluções de Laranja II e Efluentes da Indústria Têxtil por Camadas de TiO₂ e ZnO, Serigrafadas em Peças Cerâmicas. **2008**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.
60. ROSENHEAD, J. What's the problem? An introduction to problem structuring methods. *Interfaces*, v. 26, n. 6, p. 117-131, 1996. ISSN 0092-2102.
61. SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill International. **1980**.
62. SAATY, T. L. (1990). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal Of Operational Research*, v. 48, p. 9-26.
63. SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *Interfaces*, **1994**.
64. SAATY, T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network process. *European Journal of Operational Research*, v. 168, n. 1 p. 557-570.
65. SAATY, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-97.
66. SANTOS, P. R.; BELDERRAIN, M. C. N. Utilização de Strategic Choice Approach para auxílio em planejamento de evento acadêmico, XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, SP, Brasil, **2010**.
67. SCHMEER, K. Guidelines for Conducting a Stakeholder Analysis. November **1999**. Bethesda, MD: Partnerships for Health Reform, Abt Associates Inc.
68. SILVA, A. C. S.; BELDERRAIN, M. C. N.; PANTOJA, F. C. M. Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings. *J. Aerosp. Technol. Manag.* São José dos Campos. vol. 2, n. 3, p. 339-348, Sep-Dec., **2010**.
69. SORENSEN, L.; VIDAL, R. V. V. Evaluating Six Soft Approaches. *Economic Analysis Working Papers*. v.7, n.9, p.11-12, **2008**.
70. TAHA, H. A. *Operations Research: an Introduction -8 th ed.* Upper Saddle River, New Jersey, **2007**.
71. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; MATSUMURATUNDISI, J. E. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos. In: BARBOSA, F.A. *Ângulos da água: desafios da integração*. Belo Horizonte: Editora UFMG, **2008**. p. 83-157.
72. VAN VUUREN, D. P.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; BREWHAMMOND, A.; KAMMEN, D.; MODI, V.; NILSSON, M.; SMITH, K. R. (2012). An energy vision: The transformation towards sustainability—Interconnected challenges and solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2012, 4,18–34.
73. VERMA, D. Stakeholder expectations and requirements definition. In: LARSON, J.W.; KIRKPATRICK, D.; SELLERS, J. J.; THOMAS, L. D.; VERMA, D. *Applied space systems engineering*. [S.1]: McGraw-Hill, **2009**, 2, p. 37-63 (Space technology series).
74. WEAS, A.; CAMPBELL, M. (2004) Rediscovering the analysis of interconnected decision areas, *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, v. 18, p. 227-243. doi: 10.1017/S0890060404040168.
75. WORLD ECONOMIC FORUM WEF. (2011) *Global risks 2011. 6th Edition*. World Economic Forum, Cologne/Geneva.

Leonardo Rodrigues Caixeta¹
& Mischel Carmen Neyra
Belderrain^{2*}

¹ Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás, Brasil.

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

*E-mail: carmen@ita.br

Método para Avaliação do Grau de Maturidade Tecnológica no Processo de Desenvolvimento de Produtos da Indústria Metal-Mecânica

Almiro M. Silva Neto & Luís G. Trabasso

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) presta serviços técnicos para suprir demandas em desenvolvimento de produtos por meio de seus Institutos SENAI de Tecnologia (ISTs). O objetivo deste trabalho é propor um método para avaliação do grau de maturidade no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), fundamentado na escala *Technology Readiness Level* (TRL), para ser aplicado em empresas do complexo metal-mecânico. Foi desenvolvida a escala *New Product Development Readiness Level* (NPDRL) para avaliar o grau de maturidade do PDP com vistas a encaminhar orientações para planos de ação para execução de serviços pelos ISTs goianos.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produtos; Nível de maturidade em desenvolvimento de produtos; TRL.

The SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) delivers technical services to fulfill demands in product development through its SENAI Institutes of Technology (ISTs). The goal of this paper is to propose a method for measuring the degree of maturity in the product development process, based on the *Technology Readiness Level* (TRL) scale and apply it in an industrial metal-mechanic complex. It has been developed a *New Product Development Readiness Level* (NPDRL) scale to evaluate the degree of maturity of the PDP in order to submit guidelines for action plans to be proposed during the execution of services by Goiás State ISTs, Brazil.

Palavras-chave: *New Product Development; Maturity level in product development; TRL.*

Introdução

Reconhece-se a importância da estruturação do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) para o favorecimento e ampliação da competitividade de uma empresa. Além de ocupar-se com atividades que vão desde a percepção de uma oportunidade de mercado até a entrega do produto (e eventual retirada do mercado), ele auxilia no desenvolvimento de produtos com maior valor agregado, auxilia na redução de prazos para lançamentos de produto e ainda pode reduzir custos finais de produção^{1, 2, 3}. Dada sua extensão em aplicações, o PDP faz-se presente nos diversos setores industriais e entre estes destaca-se o complexo industrial metalmeccânico. Kamisnki *et al.*⁴ considera que este complexo industrial é um dos mais importantes da indústria brasileira pois gera emprego e renda em todo o país. No estado de Goiás, receberá aproximadamente 10% (R\$ 3,45 bilhões) do total da intenção de investimentos em indústrias até o ano 2017⁵.

Ao buscar informações sobre como as empresas goianas do complexo metal-mecânico (dada a importância desse complexo para todo o setor industrial) desenvolvem seus produtos (dada que essa é uma temática de preocupação em relação ao aumento de competitividade industrial e, por consequência, dos ISTs – Institutos SENAI de Tecnologia), isto é, como e quais métodos, técnicas e ferramentas utilizam, deparou-se com insuficiência de informações para direcionar as atividades voltadas à prestação de serviços em PDP por parte dos ISTs. Assim, de acordo com o cenário explanado, este trabalho é motivado para a estruturação de um método que permita gerar entendimento de como as empresas goianas do complexo industrial metal-mecânico desenvolvem seus produtos.

Assim, o objetivo deste trabalho é propor um método para avaliar o grau de maturidade no PDP, fundamentado na escala TRL (*Technology Readiness Level*), de forma a possibilitar a geração de conhecimento sobre o grau de maturidade do PDP em indústrias do complexo metalmeccânico e assim indicar um norteador para o encaminhamento de orientações para planos de ação a serem propostos durante a execução de possíveis serviços dos ISTs goianos.

Fundamentação Teórica

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

As atividades produtivas acompanham a evolução das atividades humanas, no entanto, o conceito do processo de projeto de produto apenas tornou-se uma disciplina independente a partir da década de 1960. Nesse período, perceberam-se o crescimento do volume de produção e a necessidade de superar a concorrência com o estabelecimento da globalização dos mercados¹. Nesse sentido, Ulrich e Eppinger³ consideram que o sucesso econômico de uma organização dá-se pela habilidade na identificação de valores e necessidades dos consumidores e produção rápida e a baixos custos de produtos para suprir essas demandas. Em um trabalho de 1983, Goulding⁶ ainda considera que todo esse processo também é essencial para a prosperidade de uma nação. Back *et al.*¹ afirmam que o desenvolvimento de produto compreende os aspectos de planejamento e projeto, ao longo de todas as atividades da sequência do processo, desde a pesquisa de mercado, até o descarte do produto ao final de seu ciclo de vida. Para Rozenfeld *et al.*², o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) situa-se na interface entre empresa e mercado e deve captar as necessidades deste e propor soluções para suprir as demandas percebidas.

MODELOS REFERENCIAIS DE PDP

Os modelos de referência para o PDP surgiram para minimizar as limitações da visão desse processo por parte dos atores do desenvolvimento de produtos. Sabe-se que, de maneira geral, as empresas não possuem uma visão unificada desse processo e esse fator pode contribuir com baixas eficiência e eficácia no PDP. Assim, o intuito da adoção de um modelo de referência é formalizar o processo de desenvolvimento de produtos e fazer com que os envolvidos tenham uma visão comum sobre as melhores práticas para que seja dado prosseguimento às etapas do processo². Existem diversos modelos de referência apresentados na literatura e eles podem ser classificados segundo uma série de aspectos diferentes. No entanto, observa-se que, de maneira geral, existem modelos generalistas e modelos específicos, sendo que estes são aplicados

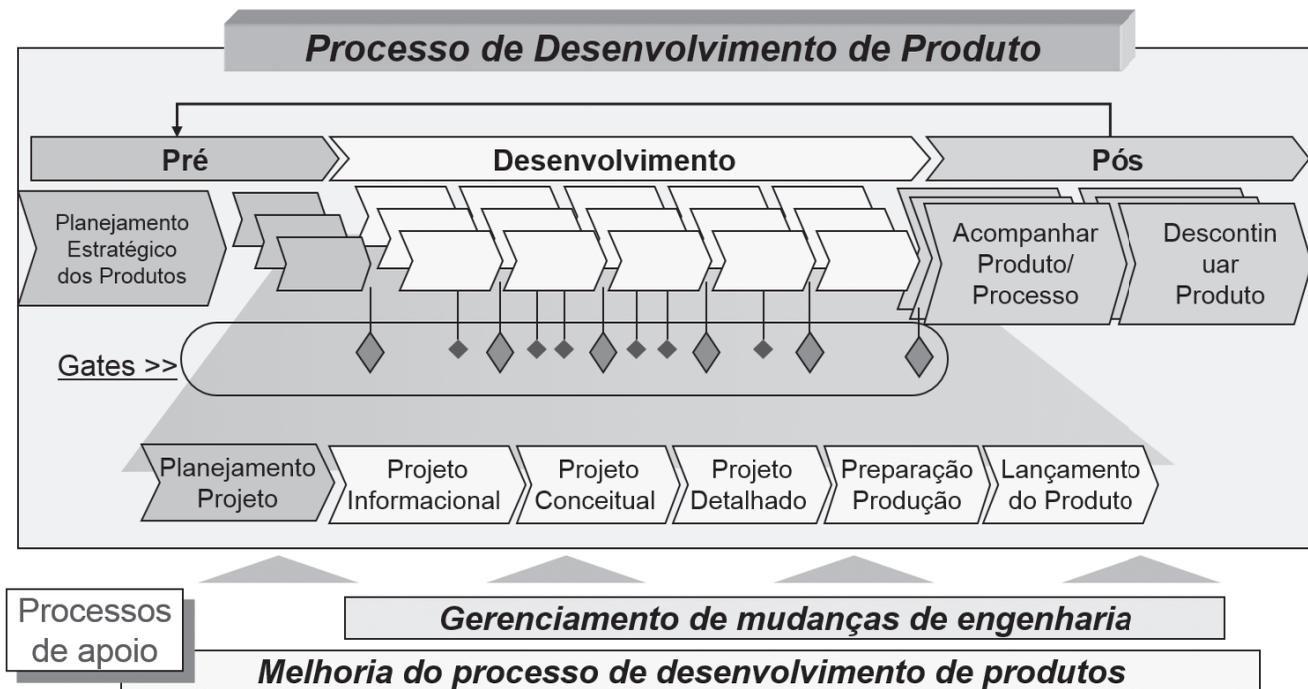


Figura 1. Fases do PDP conforme o Modelo Unificado do PDP².

apenas a alguns setores produtivos e aqueles podem ser flexibilizados conforme cada aplicação^{2;7}.

É importante evidenciar que entre os diversos modelos de referência presentes na literatura, o Modelo Unificado de Rozenfeld *et al.*² (Figura 1) foi desenvolvido pela união das metodologias, estudos de caso, experiências e melhores práticas identificadas por uma equipe com diversos profissionais e pesquisadores atuantes em indústrias do complexo metal-mecânico. Dessa forma, este modelo é considerado como o de referência neste trabalho por possuir aplicação no ramo industrial em estudo.

MODELOS DE MATURIDADE EM PDP

O termo maturidade transmite a noção de que o desenvolvimento de um produto ou serviço ocorre no sentido de um estágio inicial para um estágio mais avançado, sendo que todo o processo deve percorrer uma série de etapas intermediárias para alcançar a maturidade⁸. O grau de maturidade indica o quanto uma organização aplica as melhores práticas de desenvolvimento de produtos, com foco em desempenhar melhor seu PDP

forneendo pontos de avaliação que podem encaminhar a organização ao longo da melhoria deste processo^{2;9}. As primeiras representações do termo maturidade, ainda nos anos de 1950, referiam-se, como exemplo, a necessidades humanas, crescimento econômico e progressão da tecnologia da informação em organizações¹⁰. Um dos primeiros conceitos de níveis de maturidade foi proposto por Crosby no Aferidor de Maturidade da Gerência de Qualidade, em 1979, sendo que os conceitos deste foram adaptados para outros diferentes modelos de maturidade ao longo dos anos¹¹. Entre os diversos modelos de maturidade em PDP presentes na literatura, destacam-se o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI), o *Organizational Project Management Maturity Model* (OPM3) e o Modelo de Maturidade para o PDP, proposto por Rozenfeld².

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD), com vistas a criar condições para a evolução das boas práticas de engenharia de *software*, patrocinou a fundação do *Software Engineering Institute* (SEI) em 1984. Posteriormente, a Universidade Carnegie Mellon, responsável pelo SEI, publicou o *Capability Maturity*

Model (CMM) ¹². Este modelo tornou-se reconhecido pela comunidade de engenharia de *software* e, após a integração com outros modelos derivados, encontra-se atualmente nomeado *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) versão 1.3. Tal modelo apresenta como áreas de interesse: CMMI para desenvolvimento, CMMI para aquisição e CMMI para serviços ^{12; 13}.

Por sua vez, o OPM3, acrônimo de *Organizational Project Management Maturity Model* é um modelo de maturidade desenvolvido sob a administração do *Project Management Institute* (PMI) e publicado em sua primeira versão em 2003. O objetivo do modelo é prover uma forma de as organizações entenderem a gestão organizacional de seus projetos e medirem sua maturidade, conforme as melhores práticas recomendadas pelo modelo, e assim desenvolverem seus planos de melhoria na área de gerenciamento de projetos ¹⁴.

O Modelo de Maturidade para o PDP, proposto por Rozenfeld *et al.* ², considera que a empresa deve ser visualizada de forma holística e identifica os elementos estratégia, atividades, informações, recursos e organização, que definem cinco níveis de maturidade:

Nível 1: Básico - Indica que apenas algumas atividades do Modelo Unificado são realizadas. Apresenta quatro subníveis.

Nível 2: Intermediário - As atividades são padronizadas e seus resultados previsíveis. Métodos e ferramentas consagradas de apoio ao PDP são utilizados. Apresentam quatro subníveis.

Nível 3: Mensurável: Engloba a realização de todas as atividades dos níveis anteriores. Soma-se a utilização de indicadores de desempenho para medir o desempenho de todas as atividades. No entanto, as ações de correção ocorrem de maneira não sistemática.

Nível 4: Controlado: Abrange todos os níveis anteriores. As ações de correção passam a ocorrer de maneira sistemática e integrada aos processos de apoio de gerenciamento de mudanças e melhoria incremental.

Nível 5: Melhoria Contínua: Engloba a realização de todas as atividades dos níveis anteriores. Ocorre a integração, com o próprio PDP, dos seguintes processos: Gerenciamento das mudanças de engenharia, melhoria incremental do PDP e processo de transformação do PDP.

O Modelo de Maturidade para o PDP, proposto por Rozenfeld *et al.* ² é utilizado neste trabalho por ter sido desenvolvido para avaliação de maturidade em PDP para o Modelo Unificado de Rozenfeld *et al.* ².

Technology Readiness Level (TRL)

A escala de maturidade tecnológica *Technology Readiness Level* (TRL) foi desenvolvida com o intuito de prover uma medida relacionada ao estado de uma nova tecnologia em relação ao seu uso para futuros sistemas espaciais. Consolidou-se como uma métrica de uso mundial importante não apenas para avaliar maturidade tecnológica, mas como método para analisar riscos inerentes ao processo de desenvolvimento tecnológico e fornecer bases para a tomada de decisão e orientações para gestores voltados à Pesquisa e Desenvolvimento ^{15; 16}. Foi inicialmente concebida em 1974 por Stan Sadin, pesquisador da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) ¹⁷. Em 1989, a escala foi formalizada, ainda com sete níveis de maturidade ¹⁸ e em 1995 foi reforçada com mais dois níveis, em um espectro de um a nove, conforme ilustra a Figura 2, com definições detalhadas de cada nível e inserção de exemplos de aplicação ^{15; 18}.

O TRL tem como objetivo tornar a avaliação e comunicação do nível de maturidade em novas tecnologias aeroespaciais mais efetiva e facilitar o entendimento dos *stakeholders* e colaboradores envolvidos em desenvolvimento de projetos da NASA. Ainda, provê um índice de avaliação de maturidade que pode ser comparado entre diferentes tecnologias. No Brasil, podem ser encontradas aplicações do TRL no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no departamento de Desenvolvimento Tecnológico da EMBRAER/S.A. (Empresa Brasileira de Aeronáutica) e na realização das atividades de desenvolvimento tecnológico nas dependências do CCM/ITA (Centro de Competência em Manufatura / Instituto Tecnológico de Aeronáutica) ^{20; 21; 22; 23}.

Dada a universalidade de aplicações do TRL, foram desenvolvidas escalas derivadas, tais como: *Manufacturing Readiness Levels* (MRL), *Technology Readiness Assessment* (TRA), *Technology Program Management Model* (TPMM), *System of Systems Technology Readiness Assessment* (SoS TRA), *Design Readiness Level* (DRL) e *Programmatic Readiness Level* (PRL) ^{24; 25; 26; 27}.

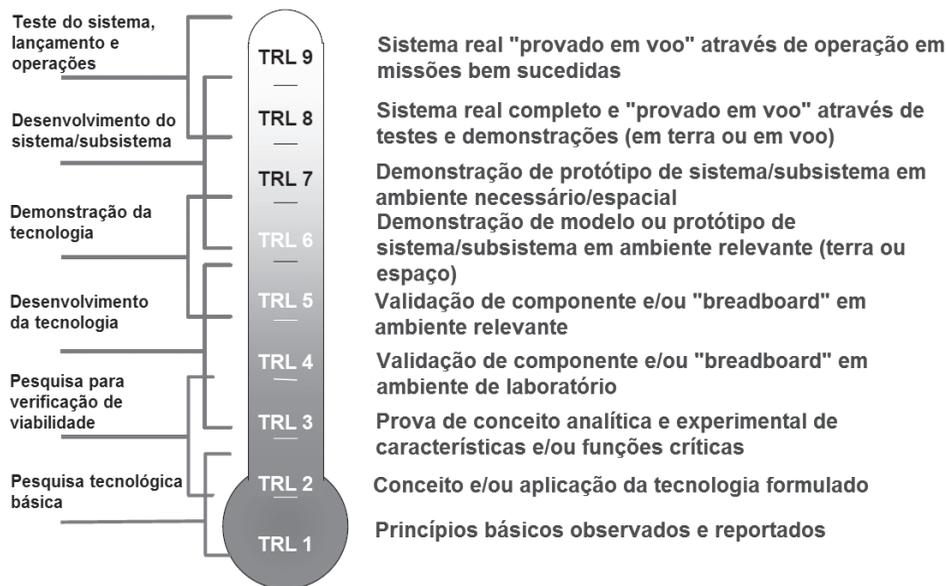


Figura 2. Esquema do "termômetro" da escala de níveis de maturidade do TRL¹⁻⁹.

Este trabalho posiciona-se em relação aos diversos métodos e modelos apresentados com a entrega de um método para medição de maturidade em PDP que integra o modelo de maturidade proveniente do modelo de referência Unificado de Rozenfeld *et al.*² à escala TRL, utilizada em seu conceito inicial para a medição de maturidade em desenvolvimento de tecnologia aeroespacial. A integração proposta permite que seja realizada a avaliação de maturidade em PDP com o auxílio de uma métrica consagrada pela engenharia aeroespacial. Assim, obtém-se o nível de maturidade em PDP, conforme prescreve a escala TRL. Portanto, o benefício desta proposta reside no uso das vantagens do uso do TRL, tais como facilidade de comunicação, fácil entendimento por parte de times de projeto para uma aplicação, maior quantidade de níveis (nove níveis, e não cinco níveis, como existente em outros métodos). Estas vantagens possibilitam uma descrição mais pormenorizada do indicador de maturidade e a própria experiência de usos do TRL em diversas outras áreas e em diversos programas governamentais, militares e industriais. Além disso, a aplicação do método proposto supre a necessidade de conhecimento da maturidade em PDP para as indústrias goianas e permite que essa demanda de informações seja determinada. Ainda, o método

proposto será disponibilizado para aplicação também pelos colaboradores dos Institutos SENAI de Tecnologia envolvidos na prestação de serviços tecnológicos, visto que este possui fácil implementação e capacidade de adequação à rotina das atividades de prestação de apoio técnico nos serviços destinados ao desenvolvimento de produtos.

Elaboração do Método

A modelagem IDEF0 (*Integration Definition for Function Modelling*) facilita e sistematiza a identificação das funções a serem realizadas e os recursos necessários para que elas sejam cumpridas²⁸ e foi utilizado para formalizar o fluxo de atividades e trazer rigor, exatidão e clareza na elaboração do método para avaliação de maturidade em PDP. A Figura 3 apresenta o primeiro nível hierárquico da modelagem (IDEF0). No lado esquerdo e direito da figura identifica-se, respectivamente, a entrada (*input*) e as saídas (*outputs*) para o processo de construção do método para mensuração de maturidade. Na parte inferior, encontram-se os recursos utilizados para viabilizar a execução do processo. Na parte superior, encontram-se os controles considerados para que a função gere adequadamente as saídas a partir das entradas e dos recursos.

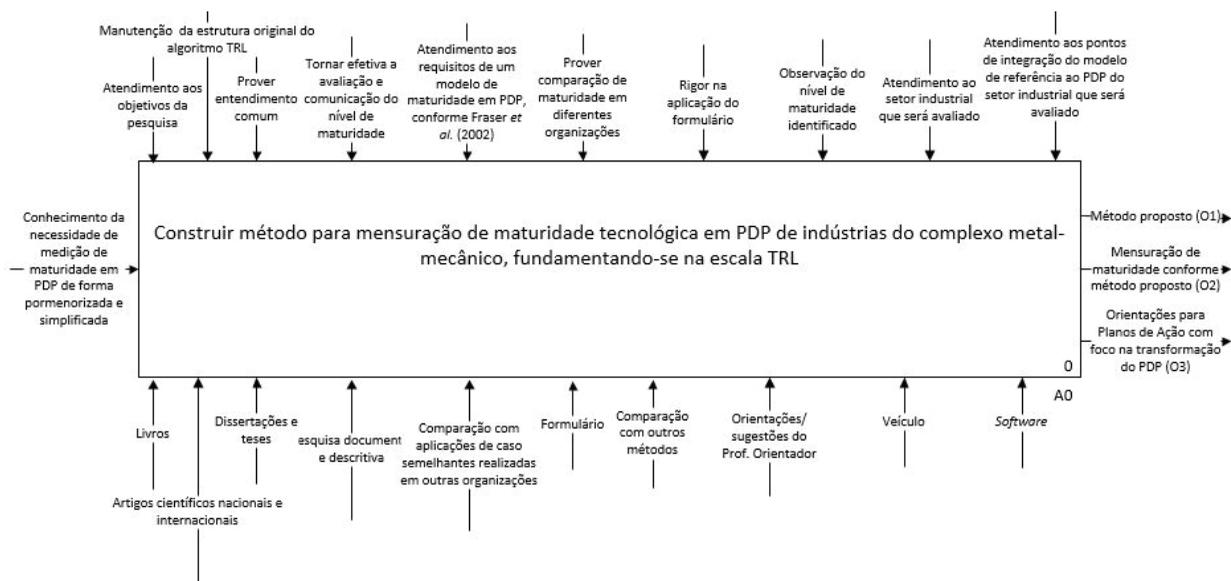


Figura 3. Modelagem IDEF0 utilizada para a construção do método proposto no trabalho.

A Figura 4 mostra o fluxo das atividades principais realizadas na pesquisa, conforme a modelagem IDEF0 aplicada ao segundo nível hierárquico. Essas atividades são descritas em forma de etapas. A primeira etapa descreve o processo de elicitação de

métodos, técnicas e ferramentas usadas no trabalho. A segunda ocupa-se com o processo para a proposição do método para mensuração de maturidade em PDP. A terceira etapa apresenta o guia de aplicação do método desenvolvido.

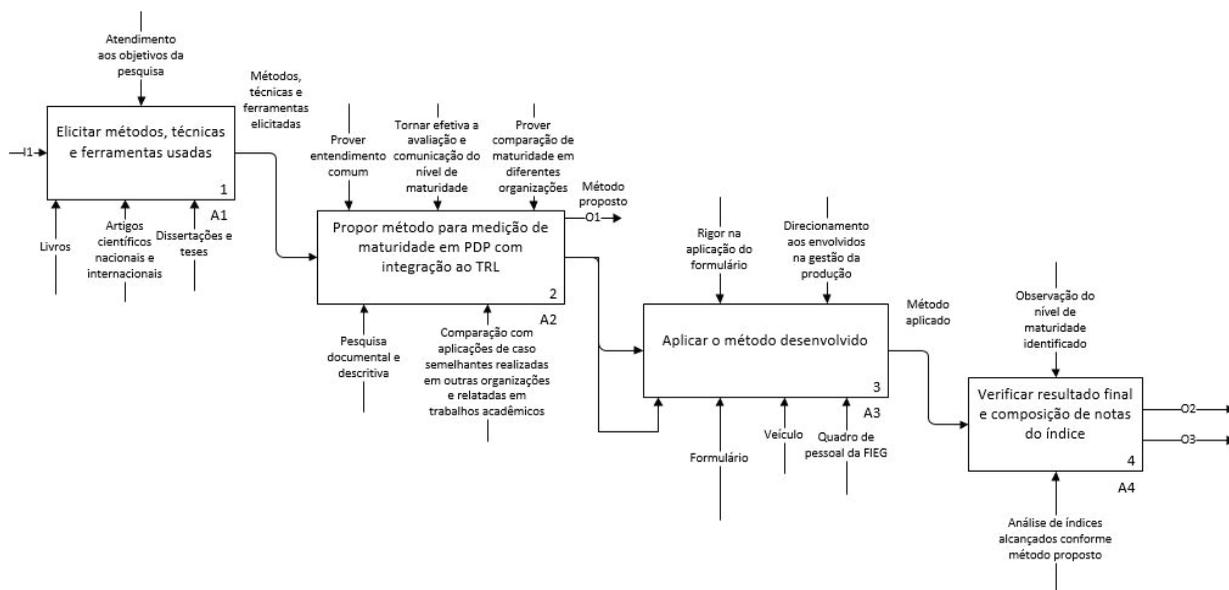


Figura 4. Modelagem IDEF0 no segundo nível de detalhamento.

Em relação à etapa <Elicitar métodos, técnicas e ferramentas usadas>, buscaram-se informações relacionadas ao conceito, importância e modelos referenciais do PDP, aos métodos para mensuração de maturidade em seus diversos fins e à escala de Nível de Maturidade ou Prontidão Tecnológica (TRL) e seus diversos usos, variantes, algoritmo, formas de aplicação e pontuação de escalas.

Em relação à etapa <Propor método para medição de maturidade em PDP com integração ao TRL>, foram consideradas outras etapas secundárias. A Figura 5 apresenta a identificação do modelo de referência em PDP a ser empregado para a integração da escala de medição de maturidade. É utilizado o Modelo Unificado proposto por Rozenfeld *et al.*² porque esse modelo é genérico (aplicação em diversas empresas diferentes de um mesmo complexo industrial) e usado no desenvolvimento de produtos que envolvem a tecnologia de fabricação mecânica voltada à produção de equipamentos, eletrodomésticos, linha branca, automóveis, entre outros, ou seja, ao PDP do complexo da indústria metal-mecânica que é o foco de aplicação deste trabalho.

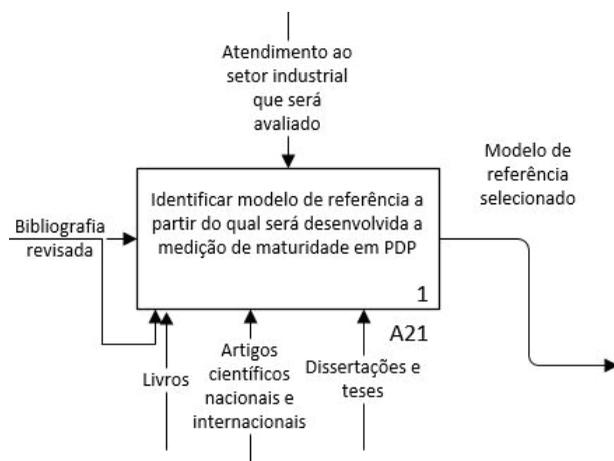


Figura 5. Modelagem IDEF0 do processo A21.

A segunda etapa considerada (Figura 6) abrange a verificação das dimensões de visualização do modelo em relação ao processo de negócio da empresa. O Modelo de referência adotado considera a existência de quatro dimensões: Estratégia, Organização, Atividades e Recursos²⁹, sendo que a dimensão importante para a medição de maturidade é a dimensão Atividades.

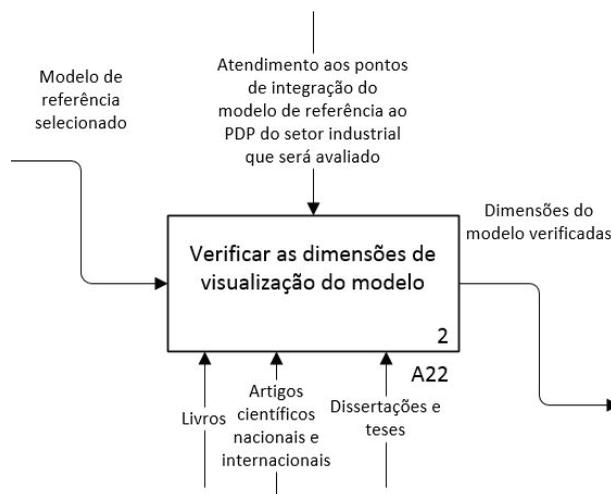


Figura 6. Modelagem IDEF0 do processo A22.

A terceira etapa considerada (Figura 7) compreende a verificação das dimensões para realização da avaliação de maturidade.

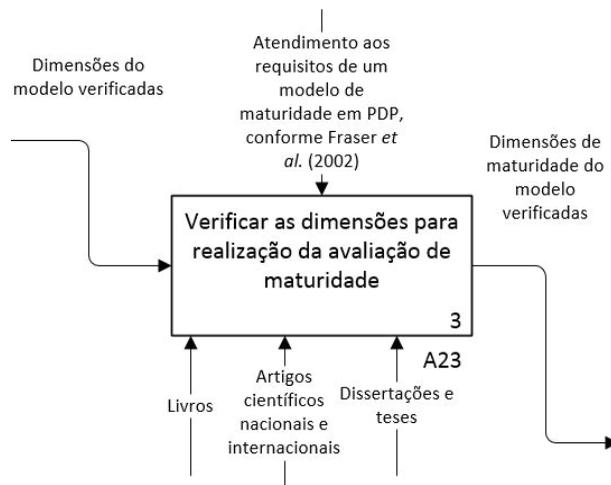


Figura 7. Modelagem IDEF0 do processo A23

A dimensão Atividades do modelo de referência adotado considera a existência de três dimensões para avaliação do grau de maturidade²:

- a) Quais atividades propostas no modelo de referência são aplicadas;

- b) Como essas atividades são realizadas (métodos e ferramentas utilizados);
- c) Em que etapa do ciclo de evolução (desenvolvimento de produtos com alto, médio ou baixo grau de inovação ou desenvolvimento de produtos *Follow source*) a empresa se encontra.

Assim, é analisado em qual nível as atividades, métodos e ferramentas estão de fato sendo utilizados. Essas dimensões são integradas à escala TRL e ao método proposto atribui-se a nomenclatura *New Product Development Readiness Level* – NPDR (Nível de Prontidão/Maturidade no Processo de Desenvolvimento de Produtos), conforme apresentado no Quadro 1, no qual são observados os requisitos comuns a escalas de maturidades propostos por Fraser *et al.*⁸.

A integração das escalas TRL e nível de maturidade em PDP ocorre de forma a sistematizar níveis TRL a todo o Processo de Desenvolvimento de Produtos. É importante ressaltar que o TRL refere-se a estágios de desenvolvimento de uma tecnologia aeroespacial em particular, a qual se torna validada plenamente ao atingir o maior patamar da escala, TRL 9 (muito embora apresente potencial real de manufatura a partir do TRL 6). Por sua vez, o nível de maturidade em PDP refere-se ao patamar de sistematização e execução de melhores práticas, conforme um modelo em que uma empresa encontra-se ao executar todas as suas atividades de desenvolvimento de produtos. Assim, quando uma empresa encontra-se no nível 1 de maturidade em desenvolvimento de produtos, infere-se que está desenvolvendo produtos, percorrendo etapas em fluxo de atividades conforme o Modelo Unificado de Rozenfeld *et al.*²; todavia com baixo nível de sistematização e pouca utilização das melhores práticas recomendadas pelo modelo de referência. Fundamentando-se no diagnóstico de maturidade em PDP apresentado, o modelo de referência sugere a realização de um processo de transformação para que a organização alcance um patamar superior na escala de maturidade.

Os níveis da escala NPDR (Nível de Prontidão no Processo de Desenvolvimento de Produtos) são alinhados à escala TRL conforme nove níveis e estes são limitados conforme os níveis de maturidade em PDP propostos por Rozenfeld *et al.*². No entanto, os autores consideraram a existência de cinco níveis de maturidade, em que os dois

Quadro 1. Integração TRL com a proposta NPDR.

| TRL | Descrição | NPDR | Descrição |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Princípios básicos observados e reportados | 1 | Nível básico de concepção do produto (processo não sistematizado) |
| 2 | Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulado | 2 | Integração informal ao planejamento estratégico da empresa e atendimento informal aos requisitos dos clientes |
| 3 | Funções analíticas e experimentais críticas e/ou prova de conceito | 3 | Plano de processo macrorrealizado sistematicamente e homologação do processo de produção |
| 4 | Validação de componente e/ou conjunto em ambiente de laboratório | 4 | Desenvolvimento de portfólio de produtos e propostas de gestão de projetos e custos |
| 5 | Validação de componente e/ou conjunto em ambiente relevante | 5 | Realização de modelagem funcional do produto e uso de ferramentas consagradas de desenvolvimento de produtos |
| 6 | Modelo de sistema/subsistema ou demonstração de protótipo em ambiente relevante | 6 | Gestão de portfólio integrada ao gerenciamento estratégico da empresa e desenho dos processos de negócio relacionados ao PDP |
| 7 | Demonstração de protótipo no ambiente operacional esperado | 7 | Integração com parceiros da cadeia de suprimentos uso de sistemas de gerenciamento de dados de produtos |
| 8 | Sistema real completo e qualificado por meio de testes e demonstração | 8 | Integração completa de gestão de projetos e consideração do conceito de desenvolvimento sustentável |
| 9 | Prova de operação do sistema real por meio de execuções bem sucedidas | 9 | Melhoria contínua com a integração de indicadores de desempenho em todas as atividades para efetuar correções no PDP |

primeiros desdobram-se em outros níveis identificados. Na escala NPDRL não se considera a existência de subníveis e todas as indicações de níveis dos autores citados se alinham segundo uma escala com nove níveis. Atenção especial deve ser dada ao fato de que os níveis três, quatro e cinco do modelo de Rozenfeld *et al.*² correspondem aos “níveis avançados de maturidade”^{2, p.488} em que se parte da premissa de que a empresa padronizou as atividades de desenvolvimento de produtos e utiliza métodos e ferramentas consagrados no PDP. Dessa forma, na escala NPDRL, esses níveis avançados correspondem ao nível NPDRL⁹, adequando-se assim os níveis de maturidade do modelo de referência ao método apresentado neste trabalho. Deve-se ressaltar ainda que os níveis de maturidade do modelo de referência têm sua divisão realizada conforme o conhecimento e experiência de Rozenfeld *et al.*² e são consistentes com a proposta apresentada pelos autores. Assim, os limites de cada nível e subnível de maturidade em PDP são mantidos no método NPDRL e o mapeamento das atividades, métodos, ferramentas e ciclo incremental de evolução da organização ligam-se aos níveis NPDRL com a aplicação de um algoritmo semelhante ao desenvolvido pela *Air Force Research Laboratory* (AFRL) para determinação do índice de avaliação TRL. Essa atividade compõe a quarta etapa para desenvolvimento do NPDRL.

A quarta etapa (Figura 8) considerada abrange a adaptação das dimensões de maturidade ao algoritmo do TRL, com atenção à manutenção da estrutura desse algoritmo. São utilizados os recursos de planilha eletrônica em Microsoft Excel®, artigo relacionado ao algoritmo do TRL de Nolte *et al.*³⁰, relatórios de uso do TRL nos Departamentos de Energia e Defesa dos Estados Unidos da América e discussões com especialistas da área de PDP.

É importante considerar que, nessa fase, a saída é o método de medição de maturidade proposto, com um “termômetro” integrado à planilha de análise de maturidade e com o índice de escala para a maturidade da empresa, conforme o modelo de maturidade de Rozenfeld *et al.*².

Como forma de agilizar o processo de avaliação de maturidade, assim como ocorreu com o TRL com o desenvolvimento do *Technology Readiness Calculator*, uma planilha eletrônica desenvolvida pelo AFRL³⁰, foi

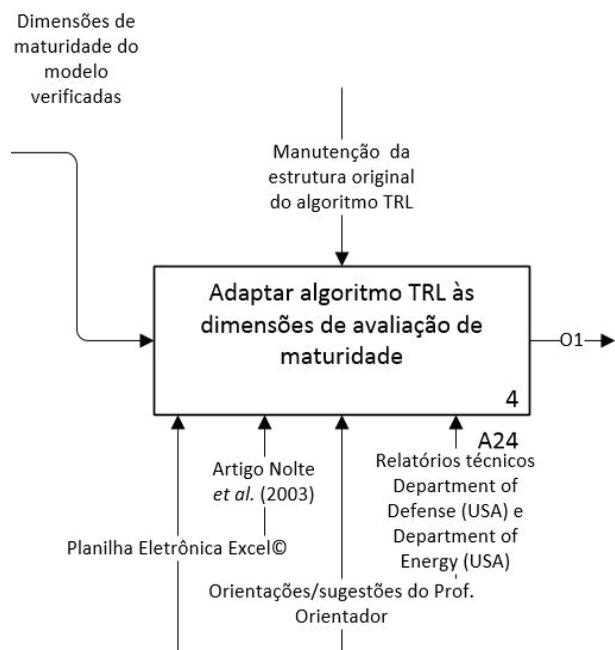


Figura 8. Modelagem IDEF0 do processo A24.

desenvolvida uma planilha eletrônica em que é possível lançar dados de questionários preenchidos com visita à empresa e a geração de indicação em um “termômetro NPDRL” com lógica semelhante ao *Technology Readiness Calculator*. Ainda, podem ser obtidos dados para avaliações parciais relacionadas à sistematização de atividades, ferramentas e métodos usados em PDP.

O algoritmo NPDRL está implementado em planilha eletrônica denominada *NPDRL Calculator 1.0* (Figura 9).

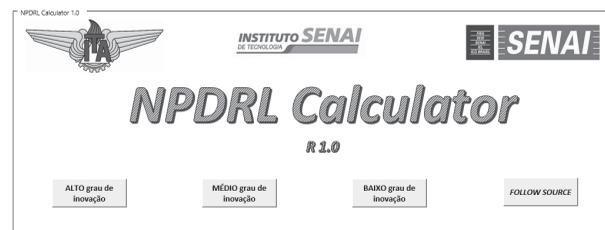


Figura 9. Tela inicial do NPDRL Calculator 1.0.

A avaliação do algoritmo visa estabelecer o nível de maturidade em PDP com uso do método NPDRL. Esse objetivo é alcançado com a execução do algoritmo em uma estrutura condicional e o resultado é apresentado em um “termômetro” com nove níveis (Figura 10), que podem ser preenchidos com as cores:

- a) Verde: o nível proposto foi alcançado;
- b) Amarelo: o nível não alcançou pontuação para aprovação pois ainda há atividades não realizadas e métodos/ferramentas consagrados não utilizados de forma frequente pela organização; no entanto, encontra-se próximo à pontuação de aprovação e determinação do nível indicado;
- c) Vermelho: alguma pontuação relacionada a atividades e métodos/ferramentas consagrados foi alcançada neste nível ou superiores, no entanto, não possuem frequência de utilização suficiente para o estabelecimento deste nível de maturidade.
- d) Branco: nenhuma pontuação foi alcançada nesse nível ou superior.

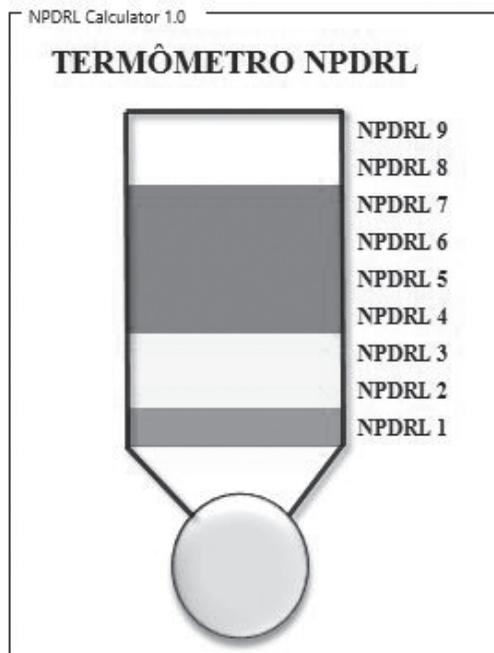


Figura 10. Exemplo de Termômetro NPDRL obtido NPDRL Calculator 1.0.

Em uma situação de uma avaliação fictícia, conforme representado na Figura 10, a organização atingiu suficiência apenas no nível de maturidade 1. Nos níveis 2 e 3, não alcançou suficiência, mas obteve pontuação próxima à aprovação. Nos níveis 4, 5, 6 e 7 executa alguma das atividades ou métodos propostos no modelo de referência e nos níveis 8 e 9 atingiu nenhuma pontuação. Neste exemplo, pode-se inferir que a empresa tem seu PDP organizado com um baixo nível de sistematização. Rozenfeld *et al.*², por sua vez, afirmam que em uma aplicação de caso de avaliação de maturidade é possível uma empresa executar práticas pertencentes a níveis de maturidade diferentes ao mesmo tempo. Apesar disso, a divisão em níveis de maturidade proposta pelos autores (e usada neste trabalho) é consistente pois considera uma proposta lógica de passos evolutivos do PDP.

Deve ser observado que para a obtenção de dados para alimentação do NPDRL Calculator 1.0 é realizada uma avaliação com colaboradores da organização relacionados diretamente à gestão do PDP. Suas percepções e constatações são colhidas pela planilha com o apoio de um questionário em que as respostas encontram-se em forma de Escala Likert³¹ de cinco pontos, que permite realização de avaliação psicométrica assim como ocorre no processo de determinação do TRL.

As outras fases a serem consideradas para efetivação do método proposto neste trabalho são a <Aplicação do método desenvolvido> e a <Verificação do resultado final e composição de notas do índice de maturidade> como mostrado na Figura 4. No entanto, essas etapas visualizam o processo de aplicação do método NPDRL em empresas do ramo metal-mecânico e não se constituem como escopo deste trabalho. O ponto principal a ser observado nessas fases é que a aquisição de dados para avaliação de maturidade ocorre com visita *in loco* à empresa em que se pretende avaliar o índice NPDRL. Para isso, deve ser usado um questionário relacionado aos níveis NPDRL que deve ser preenchido presencialmente por um colaborador diretamente envolvido com a gestão do PDP da organização.

Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi propor um método para mensuração do grau de maturidade no PDP, fundamentado na escala TRL (*Technology Readiness*

Level), de forma a possibilitar a geração de conhecimento sobre o grau de maturidade do PDP em indústrias do complexo metal-mecânico e assim indicar um norteador para o encaminhamento de orientações para planos de ação a serem propostos durante a execução de possíveis serviços dos ISTs goianos. Este objetivo foi alcançado com a determinação do método NPDRDL proposto.

O resultado mais significativo desta pesquisa refere-se ao desenvolvimento da escala de maturidade NPDRDL. Embora esta escala fundamente-se em outro método para avaliação de maturidade do PDP, a contribuição encerra-se na junção desses conceitos de avaliação com os níveis de níveis de maturidade de escala TRL, que é normalmente usada na análise de tecnologias da engenharia aeroespacial. Dessa forma, os benefícios do uso do TRL, entre os quais se reitera a universalidade de conhecimento de níveis, capacidade de comunicação e facilidade de compreensão por parte dos times foram adicionados à mensuração de maturidade em PDP. Ainda, o NPDRDL apresenta maior quantidade de níveis em relação aos modelos de maturidade em PDP propostos na literatura. Além disso, como forma de propiciar futuras aplicações do método pelos colaboradores dos IST goianos, desenvolveu-se uma planilha eletrônica (NPDRDL *Calculator* 1.0) em que está implementado o algoritmo e um “termômetro” responsável por indicar o nível de maturidade NPDRDL.

A aplicação deste método possibilitará aos colaboradores dos ISTs o conhecimento do nível de maturidade em PDP de uma organização ao realizarem serviços técnicos voltados ao desenvolvimento de produtos em indústrias goianas e em outra situação, é possível selecionar empresas para a oferta de determinados serviços e consultorias específicas nesta linha de ação. Assim, estas propostas de desenvolvimentos futuros poderão ser realizadas com a aplicação do método NPDRDL em empresas do parque industrial goiano.

Referências

1. BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, C. D. Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, **2008**. 648 p.
2. ROZENFELD, H.; FORCILLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. D.; SILVA, S. L. D.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. Gestão de Desenvolvimento de Produto: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, **2006**. 576 p. p.
3. ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. Product design and development. New York: McGraw-Hill Education, **2003**. p.
4. KAMINSKI, P. C.; DE OLIVEIRA, A. C.; LOPES, T. M. Knowledge transfer in product development processes: A case study in small and medium enterprises (SMEs) of the metal-mechanic sector from São Paulo, Brazil. *Technovation*, v. 28, n. 1–2, p. 7, **2008**.
5. IMB, I. M. B. D. E. E. S. Pesquisa de Intenção de Investimentos no Estado de Goiás. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. Goiânia, 8 p. **2014**.
6. GOULDING, I. New Product Development: A Literature Review. *European Journal of Marketing*, v. 17, p. 27, **1983**.
7. JUNIOR, C. A. C. Proposta de um métodos de análise de maturidade e priorização de melhorias na gestão do PDP. **2008**. 184 p. (Mestrado). Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
8. FRASER, P.; MOULTRIE, J.; GREGORY, M. The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. *Engineering Management Conference*, p. 5, **2002**.
9. DOOLEY, K.; SUBRA, A.; ANDERSON, J. Maturity and its impact on new product development project performance. *Research in Engineering Design*, v. 13, n. 1, p. 6, **2001**.
10. RÖGLINGER, M.; PÖPPELBUß, J.; BECKER, J. Maturity models in business process management. *Business Process Management Journal*, v. 18, n. 2, p. 18, **2012**.
11. QUINTELLA, H. L. M. D. M.; ROCHA, H. M. Nível de maturidade e comparação dos PDPs de produtos automotivos. *Production*, v. 17, p. 16, **2007**.
12. MIYASHIRO, M. A. S. Uma ferramenta de apoio ao diagnóstico do nível de maturidade utilizando um modelo de rede neural. **2007**. 104 (Mestrado). Instituto de Pesquisas Espaciais INPE, São José dos Campos.
13. SEI, S. E. I. CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033). Carnegie Mellon University. Pittsburgh, Pennsylvania, 482 p. **2010**.
14. PMI, P. M. I. Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) Knowledge Foundation. Newtown Square, Pennsylvania, USA: PMI, **2003**. 195 p.
15. MANKINS, J. C. Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, v. 65, p. 7, **2009**.
16. ALTUNOK, T.; CAKMAK, T. A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool. *Advances in Engineering Software*, v. 41, n. 5, p. 9, **2010**.
17. NASA, N. A. A. S. A. Technology Readiness Levels Demystified. 2010. Disponível em: < http://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl_demystified.html >. Acesso em: 17 abr. 2015.

18. SADIN, S. R.; POVINELLI, F. P.; ROSEN, R. The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, v. 20, n. 0, p. 4, **1989**.
19. NASA, N. A. A. S. A. HRST Technology Assessments. 2000. Disponível em: < <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trlchrt.pdf> >. Acesso em: 20 mar. **2015**.
20. INPE, I. N. D. P. E. Roteiro de Desenvolvimento de Missões e Tecnologias Espaciais para o período 2008-2020 – Roteiro MTE 230 p. **2008**.
21. ITA, I. T. D. A. Tecnologia de alinhamento e nivelamento automatizados. 2015. Disponível em: < <http://www.ita.br/noticias/lam> >. Acesso em: 19 mai. **2015**.
22. CNI, C. N. D. I. Inovação em cadeias de valor de grandes empresas: 22 casos. CNI: IEL. Brasília, 464 p. **2013**.
23. ARAUJO, C. S. Lessons learned on the planning and execution of technology innovation projects with academic partnership: aerospace industry case study. *Product: Management & Development*, v. 10, p. 10, **2012**.
24. PHILLIPS, E. L. The development and initial evaluation of the Human Readiness Level framework. **2010**. 171 Dissertação de Mestrado (Mestrado). Naval Postgraduate school, Monterey, California
25. ALMEIDA, V. R. D. Sensores inerciais fotônicos para aplicações aeroespaciais: nível de maturidade tecnológica. **2008**. 177 Divisão de Ensino, Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Rio de Janeiro.
26. HOBSON, B. A Technology Maturity Measurement System for the Department of National Defence Defence: The TML System. Defence Research and Development Canada. Canada, 44 p. **2006**.
27. DOD, D. O. D. Manufacturing Readiness Level (MRL) Deskbook. 82 p. **2012**.
28. KIM, S.-H.; JANG, K.-J. Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR. *International Journal of Production Economics*, v. 76, n. 2, p. 12, **2002**.
29. ROZENFELD, H.; RENTES, A. F.; PORTO, A. J. V.; BREMER, C. F.; AMARAL, D. C.; ALLIPRANDINI, D. H.; SANTOS, E. M. D.; PIRES, E. C.; PALMA, J. G.; OLIVEIRA, J. F. G. D.; CARVALHO, J. D.; TOLEDO, J. C. D.; ORTEGA, L. M.; CARPINETTI, L. C. R.; MAGNANI, M.; MUNETTI, M. A.; SOUZA, M. P. D.; COELHO, R. T.; SILVA, S. L. D.; PIRES, S. R. I.; REZENDE, S. O.; ROMA, W. N. L. *Fábrica do futuro: entenda hoje como sua indústria vai ser amanhã*. 1 ed. São Paulo: Editora Banas, 2000. 138 p. p.
30. NOLTE, W. L.; KENNEDY, B. C.; DZIEGIEL, R. J. Technology Readiness Calculator. 6th Annual System Engineering Conference **2003**.
31. VIEIRA, K. M.; DALMORO, M. Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: o Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados? XXXII Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro: 16 p. **2008**.

Almiro Martins da Silva Neto^{1*} & Luís Gonzaga Trabasso²

¹ Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás, Brasil.

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

*E-mail: almiro.senai@sistemafieg.org.br

Proposta da Utilização de Mapas Conceituais para o Desenvolvimento de Novos Serviços

Luís C. Lopes & Jefferson O. Gomes

Pesquisas vêm sendo realizadas no intuito de definir um processo que elabore um modelo para o entendimento das demandas dos *stakeholders* no desenvolvimento de novos serviços. Os modelos propostos, em sua maioria, são desdobramentos dos métodos de desenvolvimento de produtos, que não atendem ao segmento de serviços (SECOMANDI e SNELDERS, 2011; MELLO e CHIMENDES, 2006). Este artigo propõe um modelo heurístico que utiliza o método de Mapas Conceituais para a elucidação dos conhecimentos tácitos e explícitos de especialistas, estruturando uma proposta que contribui para que as organizações tenham assertividade no desenvolvimento de seus serviços, alinhando-os às demandas de mercado.

Palavras-Chave: Desenvolvimento de novos serviços, mapa conceitual, demanda de mercado.

Research has been carried out in order to define a process to develop a model for understanding the demands of stakeholders in the development of new services. The proposed models, mostly, are offshoots of the methods of developing products that do not meet the service segment (SECOMANDI and SNELDERS, 2011; MELLO and CHIMENDES, 2006). This article proposes a heuristic model that uses Concept Maps Method to elucidate the tacit and explicit knowledge of specialists, structuring a proposal that helps organizations to have assertiveness in developing their services and align them to market demands.

Keywords: New services development, concept maps, market demand.

Introdução

Os serviços são a base para o desenvolvimento econômico, uma vez que proporcionam toda infraestrutura necessária para a implantação das demais atividades, como comunicação, logística, educação e saúde (FITZSIMMONS e FITZSIMMONS, 2014).

Serviços geram criação de valor para a economia dos países e das organizações. O problema é que, apesar de sua relevância, os estudos sobre o assunto o tratam como um desdobramento da abordagem que se dá para produtos tangíveis e tipicamente industriais (SECOMANDI e SNELDERS, 2011), apresentando problemas de origem estrutural (MELLO e CHIMENDES, 2006).

Podem-se ainda destacar três dificuldades relativas ao processo de desenvolvimento de serviços (CHIMENDES et al, 2008):

- Ausência de uma abordagem sistemática;
- Falta de registros do histórico de criação e melhorias para os serviços;
- Inexistência de documentos para verificação do serviço desenvolvido.

No segmento de serviços, o desenvolvimento é relegado ao segundo plano tendo sido pouco estudado e entendido pela literatura (FERREIRA e LAURINDO, 2009).

No Brasil, até 1985, o setor de serviços manteve a estabilidade, representando aproximadamente 50% de participação no Produto Interno Bruto (PIB). A partir daí, a importância do setor apresenta crescente relevância na participação do valor adicionado ao PIB, tendo alcançado 69,4%, em 2013, (CNI, 2014).

Quando comparado com países como Indonésia, Tailândia, China, Malásia, Índia, Rússia, Argentina, Chile e até mesmo a Coreia do Sul, que não ultrapassam a marca de 60,9% de participação no PIB (CNI, 2014), o Brasil se destaca, ficando próximo dos altos índices alcançados pelos países da zona do Euro (72%) e países membros da OCDE (74,5%).

Adicionado a ETA relevância econômica, há mais de dez anos, o setor terciário é o que mais emprega no Brasil, tendo sido, em 2013, responsável por 851 mil postos de trabalho. Apenas o setor de serviços

foi responsável por praticamente metade do total de empregos formais (MDIC, 2015). Nos últimos anos, oito de cada dez novas vagas criadas no setor formal tiveram origem no setor de serviços (CNI, 2014).

Por outro lado, o Brasil ainda apresenta problemas estruturais quando são analisados os indicadores deste setor. Os salários médios do setor subiram 15 pontos percentuais a menos que os salários da indústria quando comparado o intervalo de 2000 a 2012, sendo que em 2012 estava 19% abaixo dos do setor industrial (CNI, 2014).

Tem-se ainda que países como Áustria, Alemanha, Suécia, Japão, Itália, Dinamarca, Bélgica, Reino Unido, França e Estados Unidos, com representatividade dos serviços entre 70% e 80% apresentam PIB per capita entre 30 e 47 mil dólares em 2005. O Brasil está muito aquém desta marca, apresentando PIB per capita abaixo da marca dos 10 mil dólares (CNI, 2014).

Percebe-se que esta pode ser considerada como a mais importante causa da estagnação da produtividade no país. Assim sendo, os serviços se encontram como núcleo no debate sobre a competitividade brasileira (CNI, 2014).

Apresentando alta representação e importância como setor econômico brasileiro e devido à falta de metodologias específicas para o desenvolvimento de novos serviços, torna-se este um campo aberto para pesquisas e desenvolvimento de propostas de elucidação e criação de métodos, por meio de uma abordagem sistemática, registros de materiais e acompanhamento no processo de criação de novos serviços.

Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste artigo deriva dos modelos propostos por Cañas e Novak, 2008, Novak e Gowin, 2008 e Grandall, 2006.

Segundo Novak, “Mapas conceituais são ferramentas gráficas para organizar e representar tecnologia.”, ou ainda “... são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento.” (NOVAK e CAÑAS, 2008; NOVAK e CAÑAS, 2010; NOVAK, 2010).

Na década de 80, Novak desenvolve mapas conceituais para ajudar os pesquisadores a criar novos

conhecimentos. Já em 1990, por meio de um trabalho na *Procter and Gamble*, descobre-se que os MCs facilitam o trabalho criativo, auxiliando na captura de conhecimento explícito e tácito, além de melhorarem os métodos de gestão e de *marketing* (NOVAK, 2010).

Sob a perspectiva da criação de valor, é fundamental que uma organização defina suas estratégias refletindo as demandas de mercado, para que possa gerar valor aos seus *stakeholders*. Tal alinhamento permite que todos os esforços estejam voltados para atingir um objetivo comum (TONOLLI et al., 2012).

Adicionalmente, métodos de elucidação do conhecimento devem considerar tanto aspectos declarados e de fácil entendimento, quanto aspectos não declarados, que não se apresentam de forma clara e estruturada. Ainda, para que os decisores possam definir o caminho menos subjetivo quanto possível, devem ser considerados os fatores quantitativos, de mais fácil entendimento, e qualitativos, de mais difícil absorção.

Os MCs são, portanto, ferramentas adequadas para estruturar e/ou explicar um conhecimento que está presente sob a forma tácita em um especialista, conseguindo organizá-lo de uma forma que gere um conhecimento explícito, tornando mais claras as conexões, quantitativas e qualitativas, que este especialista entende existir entre os conceitos existentes em um determinado assunto (TAVARES, 2007).

“Já ficou provado que a produção de mapas conceituais ajuda alunos a aprenderem, pesquisadores a elaborarem novos conhecimentos, administradores a melhor estruturarem e gerenciarem organizações, escritores a escreverem melhor e professores a avaliarem o aprendizado.”

NOVAK e CAÑAS, 2010.

Por meio da captura de conhecimento explícito e tácito, advindo de especialistas, os MCs ajudam a aprender a aprender, apoiando o planejamento, promovendo criatividade e provocando melhoria da gestão e dos métodos de marketing (NOVAK e GOWIN, 2008; NOVAK e CAÑAS, 2010; NOVAK, 2010).

PROPOSTA DE MODELO PARA UTILIZAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL NO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO SERVIÇO

Como relatado, este artigo tem a pretensão de propor um método que, através da estruturação dos MCs, a organização possa entender as demandas dos *stakeholders* para o desenvolvimento de um novo serviço. Assim, a Figura 1 apresenta a estruturação do modelo proposto.



Figura 1. Modelo para utilização do mapa conceitual no desenvolvimento de um novo serviço. Fonte: o autor.

Apesar de não ter a intenção do detalhamento na construção dos MCs, algumas abordagens são realizadas, podendo o leitor se aprofundar no assunto consultando alguns trabalhos sugeridos: Brilhante, et al., 2006; Cañas, et al., 2003; Cañas, et al., 2004; Cañas, et al., 2006; Cañas e Novak, 2008; Carvalho, et al., 2001; Costamagna, 2001; Crandall, et al., 2006; Moreira, 2006; Novak, 2010; Novak, 2011; Novak e Gowin, 2008; Novak e Cañas, 2006; Ontoria, et al., 2005; Tavares, 2007; Weideman e Kritzing, 2003.

PASSO A PASSO DA METODOLOGIA

Cabe ressaltar que, na primeira reunião com a Equipe do Projeto (EP) o Coordenador do Projeto (CP), também considerado como entrevistador, deve esclarecer alguns pontos fundamentais. O primeiro deles é que todos participantes possam ter ciência do ponto de partida, da metodologia a ser utilizada e aonde o trabalho pretende chegar. Neste momento, é fundamental que uma apresentação sobre MCs seja realizada.

PASSO 01: Propósito do MC

Para determinar o propósito da construção dos MCs, devem ser definidos o domínio e o foco do trabalho. Este desenvolvimento deve ser realizado pelo CP, em conjunto com a EP. Não existe uma recomendação específica para o tamanho da equipe, mas se entende, pela prática, que trabalhar com equipes com menos de 3 pessoas e mais que 7 são fatores complicadores para o desenvolvimento dos trabalhos.

Algumas perguntas são fundamentais nesta etapa: Qual estratégia a organização pretende atingir com este trabalho? Qual o público foco do serviço? Quais necessidades deste público devem ser supridas? Quais restrições do projeto (orçamentárias, escopo, tempo, físicas)? Quais recursos podem ser alocados ao projeto? Existe algum ponto de partida para o desenvolvimento? Quais são os principais termos que devem nortear a construção dos MCs?

Como elaboração final, deve ser apresentada uma síntese que transmita os principais significados quanto ao tema apresentado, ou seja, uma orientação para condução das entrevistas e o propósito que se dará ao trabalho, com seus domínios e foco.

PASSO 02: Sujeitos da Pesquisa

Após ter o propósito definido, deve-se entender quem são os *stakeholders* para o serviço a ser avaliado. Esta etapa define os entrevistados, que são os especialistas de cada público. Estes especialistas são a fonte de toda a informação a ser construída no processo, e devem ter alta representatividade junto aos segmentos de interlocução e total domínio sobre o assunto sobre o qual forem entrevistados.

Para auxiliar na definição, são sugeridos alguns *stakeholders* tradicionalmente encontrados: comunidade, governo, clientes, fornecedores, empregados e acionistas. Além destes, outros específicos de cada organização também devem ser considerados.

PASSO 03: Perguntas aos Especialistas

O CP deve elaborar previamente um questionário que represente as ramificações a serem analisadas – ramificações são os principais eixos a serem explorados durante o trabalho, devem refletir os conceitos mais abrangentes/genéricos sobre o serviço a ser avaliado. Esta elaboração deve ser feita por meio de um *brainstorm* com a EP, em que são levantados os principais pontos a serem retratados nos MCs e, aproveitando a oportunidade, elencar as palavras (ou frases curtas) que servirão como repertório para a construção do MC. Este repertório é chamado de estacionamento. Após a elaboração do questionário e do estacionamento, realiza-se um piloto do MC, preferencialmente com um integrante da EP. Nesta etapa, a adequação das estruturas previamente concebidas deve ser verificada e alterações necessárias devem ser realizadas. A agenda das entrevistas com os especialistas deve ser, então, organizada e ocorrer em ambiente apropriado e que possibilite a concentração no assunto a ser tratado. Cabe ressaltar que o entrevistador deve possuir habilidades de relacionamento interpessoal e conhecimento do tema a ser trabalhado.

PASSO 04: Mapas Individuais

Para elaboração deste passo, o entrevistador deve utilizar a ferramenta *CmapTools* e um modelo de referência deve ser seguido como orientação ao desenvolvimento do trabalho, Tabela 1 (CRANDALL et al., 2006; TAVARES, 2007; CAÑAS et al., 2008; NOVAK e CAÑAS, 2010).

O momento de realização e transcrição das entrevistas

Tabela 1. Apresentação esquemática da construção de um Mapa Conceitual.

| | | | |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IDENTIFICAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Identifique e liste 10 a 20 conceitos importantes do texto; Expresse-os com 1, 2 ou no máximo 3 palavras; | IDENTIFICAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Identifique e liste 10 a 20 conceitos importantes do texto; Expresse-os com 1, 2 ou no máximo 3 palavras; |
| ORGANIZAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Ordene os conceitos por abrangência; Havendo dificuldade, reavalie o conjunto de conceitos inicial | ORGANIZAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Ordene os conceitos por abrangência; Havendo dificuldade, reavalie o conjunto de conceitos inicial |
| AVALIAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Avalie a lista de conceitos, adicione novos se necessário; | AVALIAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Avalie a lista de conceitos, adicione novos se necessário; |
| CONSTRUÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Comece a construir o mapa colocando os conceitos mais abrangentes no topo, no máximo 3; | CONSTRUÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Comece a construir o mapa colocando os conceitos mais abrangentes no topo, no máximo 3; |
| HIERARQUIZAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Selecione 2, 3 ou 4 conceitos para o nível inferior de cada conceito; | HIERARQUIZAÇÃO | <ul style="list-style-type: none"> Selecione 2, 3 ou 4 conceitos para o nível inferior de cada conceito; |

deve ser elaborado junto ao especialista, sendo rico em reflexões, em que: são agregados novos conceitos, as hierarquias são reafirmadas e a seleção dos assuntos mais importantes é realizada. Novas conexões entre os conceitos devem ser elaboradas e novas percepções, que ainda não haviam sido vislumbradas pelos especialistas devem aparecer, o que acarreta possibilidades de inovação referente ao assunto tratado.

PASSO 05: Análise dos Mapas Individuais

Desta avaliação saem os primeiros conceitos inovadores. Alguns conceitos podem apresentar interpretações divergentes dependendo do entendimento do especialista, por isto, os MCs devem ser avaliados individualmente, identificando-se os principais conceitos relacionados e como estes conceitos são vistos por cada especialista.

PASSO 06: Mapa por Tema

O entrevistador deve consolidar os MCs por tema (ramificações). Nesta etapa, as ramificações dos MCs individuais já estarão estruturadas por tema, o que facilita o trabalho de consolidação.

Neste momento, os MCs individuais devem ser revistos e os conceitos que apresentarem total convergência, considerando os seus respectivos significados, devem ser priorizados. Em um segundo momento, o entrevistador busca pelos conceitos que apresentam, junto aos seus significados, a maior confluência possível. Assim deve ser feito, partindo dos que apresentaram a maior aos de menor confluência, até identificar os que apresentaram divergência de significado.

Outro ponto a ser considerado é o peso que os públicos de interesse representam perante à organização

prestadora do serviço. Para tanto, novamente com a EP, deve ser feita a análise da representatividade dos *stakeholders* e levantar a hierarquia existente entre eles, buscando atender prioritariamente àqueles com maiores prioridades. Esta hierarquização pode ser realizada no Passo 2, quando da definição dos *stakeholders*.

Os MCs agora representam os diversos pensamentos sobre uma determinada ramificação e aqueles conceitos, significados e atributos que farão parte do desenvolvimento do novo serviço devem ser ratificados, novamente com o apoio da EP.

PASSO 07: Análise por Tema

As considerações elaboradas para os MCs individuais são também utilizadas nesta etapa. Agora, a avaliação leva em consideração as orientações organizacionais, tais como: plano estratégico, visão, missão, direcionadores de mercado e outros definidos quando da determinação do “Propósito e Restrições” no início deste trabalho.

PASSO 08: Mapa Geral

Consideram-se, ainda, as mesmas recomendações feitas para a construção dos MCs anteriores, sendo que a principal tarefa desta etapa é conglomerar as ramificações dos MCs e entender as ligações existentes entre cada uma delas, recriando os significados entre os conceitos de diferentes ramificações, que haviam sido consideradas pelos especialistas na construção dos MCs individuais.

Após a elaboração do MC Geral, o entrevistador o analisa, em conjunto com a EP – a presença de especialistas nesta etapa é desejável e acrescenta possibilidades reais de inovação ao processo. Devem surgir novas conexões entre as diferentes ramificações.

Reforça-se aqui o conceito de que os MCs são instrumentos vivos e passíveis de atualização em diferentes momentos.

PASSO 09: Análise Mapa Geral

Na análise final, o entrevistador elabora uma revisão total dos MCs à luz dos conceitos do que é um bom MC.

Após a análise final, os conceitos, em conjunto com os seus significados, devem ser colocados em uma lista final de atributos. Esta lista será considerada como o ponto de partida para a estruturação do novo modelo de prestação do serviço.

PASSO 10: Definição

Nesta etapa, os atributos são avaliados à luz das diretrizes organizacionais e validados pela alta administração. Esta lista de atributos tem agora o propósito de guiar a EP durante o desenvolvimento da nova oferta do novo serviço.

Aplicação dos Métodos Propostos

Para examinar a funcionalidade do modelo proposto, será considerado um caso em que o método é aplicado. Nesse caso, a organização não apresenta nenhuma alteração significativa em seus serviços há mais de 40 anos, apesar da clara percepção de seus funcionários de que o modelo não atende mais às demandas dos *stakeholders*.

O setor ao qual a organização pertence está intimamente ligado à área de educação e também não apresenta mudanças significativas. Novamente, pela percepção dos funcionários, que se relacionam intimamente com os

clientes, a organização que buscar um modelo que atenda às novas demandas do mercado tende a ter resultados expressivos frente à concorrência. Portanto, novos serviços precisam ser desenvolvidos com o uso intenso de tecnologia e forte relacionamento com os clientes.

A empresa analisada, a que daremos o nome fictício de Inssel, possui participação de mercado por volta de 20%, sendo que o principal concorrente tem aproximadamente 40%. Existem diversos outros pequenos concorrentes que atuam de forma fragmentada e com baixíssimo grau de investimento.

ELABORAÇÃO E ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

Inicialmente, uma apresentação sobre MCs foi elaborada e realizada aos integrantes da organização, para que entendessem a visão adotada e as etapas de construção dos MCs.

PASSO 01: Propósito do MC

As perguntas sugeridas para a avaliação de propósito foram respondidas pela EP. Os resultados não são aqui apresentados, para que a identidade e estratégia da organização sejam preservadas. Esta elaboração inicial serviu para orientação na condução das entrevistas.

PASSO 02: Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram definidos e os especialistas listados para que as entrevistas pudessem ser marcadas, Tabela 2. Algumas dificuldades foram encontradas nesta etapa, o que demandou a remarcação e realização de algumas entrevistas com outros representantes de cada grupo.

Tabela 2. Definição dos especialistas por grupos de interesse - especialistas. Fonte: o autor.

| DEFINIÇÃO DOS PÚBLICOS DE INTERESSE | |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Serviço | |
| GRUPOS | IDENTIFICAÇÃO |
| Clientes | C1 - Cliente 1; C2 - Cliente 2; C3 - Cliente 3; C4 - Cliente 4. |
| Alunos | A1 - Aluno 1; A2 - Aluno 2. |
| Centros de Conhecimento | CC1 - Centro de conhecimento 1; CC2 - Centro de conhecimento 2. |
| Técnicos | T1 - Técnico 1; T2 - Técnico 2. |

PASSO 03: Perguntas aos Especialistas

Nesta etapa, foram feitas as perguntas previamente elaboradas pelo CP em conjunto com a EP. Na entrevista piloto, realizada com o integrante da EP, constatou-se que as perguntas estavam adequadas ao processo, mas muitas outras surgiram. Esta primeira entrevista foi realizada propositadamente com um especialista técnico, que apresenta alto grau de conhecimento sobre o serviço e alto grau de aproximação com o entrevistador CP. Esta simulação serviu de balizamento para execução das demais entrevistas, melhorou o entendimento do CP quanto à ferramenta *CmapTools*, contribuiu para elaboração de senso crítico sobre o assunto e deu maior segurança para o andamento das entrevistas subsequentes.

O estacionamento elaborado inicialmente demonstrou ser de grande utilidade para orientação e agregação de ideias quando da realização das entrevistas, proporcionando, tanto aos especialistas como ao entrevistador, uma fonte de consulta para elaboração das ideias.

Outra fonte rica para o surgimento de novas ideias foi a consulta às perguntas previamente formuladas.

PASSO 04: Mapas Individuais

O momento de transcrição das entrevistas foi elaborado em conjunto com os especialistas e concomitantemente ao passo anterior. A utilização da ferramenta *CmapTools* foi de primordial importância na facilitação desta etapa.

PASSO 05: Análise dos Mapas Individuais

Após a avaliação dos MCs Individuais, foi elaborada uma lista de atributos advindos dos conceitos e seus significados para cada Mapa Conceitual. A ferramenta *CmapTools* disponibiliza esta lista de forma automática, sendo esta uma das vantagens de se trabalhar com a ferramenta. Estas listas ficaram à disposição para consultas e avaliações.

PASSO 06: Mapa por Tema

O CP realizou o trabalho de agrupamento dos MCs por tema, levando em consideração a discussão realizada no Passo 02, em que foram levantadas as prioridades que a organização dá a cada *stakeholder*.

PASSO 07: ANÁLISE POR TEMA

Esta etapa, decorrente da elaboração dos MCs por

tema, trouxe como resultado a disponibilização da lista de atributos que foram utilizados como Atributos do Novo Serviço. Os atributos levantados foram, então, comparados aos direcionamentos organizacionais, em que ficou claro que, tanto os atributos, quanto o direcionamento da organização estão contribuindo para uma mesma direção. Apenas um dos atributos foi descartado em função desta análise.

PASSO 08: Mapa Geral

Para que se pudessem conglomerar os MCs por tema, entendendo-se as ligações entre eles, foi elaborado o Mapa Conceitual Geral, que permitiu a estruturação de todo o conhecimento gerado a partir das entrevistas com os públicos de interesse.

Para que o trabalho de elaboração fosse possível, o material foi impresso de forma que toda EP pudesse trabalhar conjuntamente no material. Neste momento, novas conexões entre as ramificações foram realizadas, novas propostas foram sugeridas e ideias que ainda não haviam surgido, apareceram sob a forma de conexões entre as ramificações.

PASSO 09: Análise Mapa Geral

Após a conclusão do trabalho da EP, foi elaborada a lista final de atributos, que serviu como o ponto de partida para a estruturação do novo modelo de serviço. Os atributos foram definidos pelas prioridades provenientes da análise final do Mapa Geral, levando-se em consideração tanto os temas mais importantes para cada público, como a importância de cada público para a organização.

Para realização da análise final, foram levantados 236 conceitos, 181 frases de ligação e 302 proposições e elaborados os atributos demandados pelos especialistas. Quando da elaboração do trabalho, contactou-se a variedade conjectural das proposições. Observou-se que são: demanda de serviços (186), falha na operação (81) e aquelas que não estão diretamente ligadas aos serviços da organização (35). Para cada uma destas proposições, foram adotadas medidas diferentes: estruturação de novo serviço (foco principal deste trabalho), encaminhamento para melhoria de processo e descarte, respectivamente.

A organização se dedicou, então, a estruturar os

serviços que pudessem atender às 186 demandas apresentadas. Este trabalho foi realizado pelos especialistas internos e algumas sugestões foram elaboradas em conjunto com a EP. Após esta construção, a proposta de novos serviços foi novamente comparada às diretrizes da organização, verificando-se possíveis problemas quanto ao direcionamento organizacional, o que não foi constatado. Foi, então, aprovada uma proposta de trabalho contendo os novos serviços propostos pelo CP em conjunto com a EP, Tabela 3. Estes serviços estão nomeados de forma sintética por se tratar de informação confidencial.

Após a escolha dos novos serviços, finalmente, a lista foi submetida a uma análise de consistência e comparada às demandas colocadas pelos especialistas. O serviço que mais atendeu às demandas foi o PL INT (173) e o que menos contribui para o atendimento das demandas foi o GE FPA (28). O resultado final é apresentado na Tabela 4.

PASSO 10: Definição

Os atributos, apresentados sob a forma de uma lista de 14 serviços, foram priorizados para desenvolvimento como parte do escopo de serviços prestados pela organização.

Todos os serviços elaborados, derivados da análise dos Mapas Conceituais são de possível implantação, sendo que apenas o Serviço 1 – PL INT demandará tempo maior para estruturação.

Conclusões

Este artigo teve como objetivo a apresentação de um modelo heurístico, que utiliza a aplicação do método de Mapas Conceituais, visando à melhoria no entendimento das demandas dos *stakeholders*. A motivação para este trabalho se originou na crescente importância do setor de serviços no PIB brasileiro, somado ao fato de que as abordagens utilizadas para o seu desenvolvimento são inadequadas, uma vez que são elaboradas como um desdobramento do que se dá para produtos tangíveis e tipicamente industriais.

Foi, então, elaborada uma proposta para análise do processo de estruturação de novos serviços, por meio da utilização da metodologia dos Mapas Conceituais, elaborado um passo a passo do modelo proposto e, então, aplicado a um serviço existente.

Como principais benefícios advindos da utilização do método, encontram-se: representação dos conceitos e relações entre as percepções dos públicos de interesse;

Tabela 3. Lista de novos produtos da GEE. Fonte: do Autor.

| NOVOS SERVIÇOS | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Organização | Inssel | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| SERVIÇOS | PL INT | ES FUT | PR APL | AC COM | AC PRT | CR PRE | EN COM | TR SUP | AV PSI | AP FOR | RE SEL | CR EAD | GE FPA | GE EST |

Tabela 4. Checagem de atendimento de demandas. Fonte: do Autor. Tabela 4: Checagem de atendimento de demandas. Fonte: do Autor.

| NOVOS SERVIÇOS | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Organização | Inssel | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| SERVIÇOS | PL INT | ES FUT | PR APL | AC COM | AC PRT | CR PRE | EN COM | TR SUP | AV PSI | AP FOR | RE SEL | CR EAD | GE FPA | GE EST |
| N ^o DEMANDAS ATENDIDAS | 173 | 122 | 109 | 85 | 119 | 118 | 59 | 103 | 63 | 122 | 58 | 64 | 28 | 52 |

captura, explicitação e organização do conhecimento tácito dos especialistas na forma de um conhecimento explícito; entendimento das conexões dos especialistas sobre os conceitos existentes em um determinado assunto; promoção da criatividade; alinhamento das propostas com a estratégia da organização; facilidade de replicar o modelo proposto; e estruturação dos registros quando da criação e melhoria de novos produtos.

Dentre as limitações identificadas, podem ser destacadas: falta de comparação entre outros modelos de elucidação de conhecimento; falta de informações sobre a representatividade do público de interesse; inexistência de estudos que possam comprovar a eficácia dos resultados; falta de avaliação se o método proposto pode ser aplicado para o desenvolvimento de outros serviços.

Enfim, pode-se dizer que é possível realizar a abordagem proposta, utilizando o método de Mapas Conceituais para identificar as principais demandas dos *stakeholders* e contribuir para o desenvolvimento e melhoria dos serviços prestados pelas organizações.

Referências

1. Brilhante, V.; Macedo, G. T.; Macedo, S. F. Heuristic transformation of well-constructed conceptual maps into OWL preliminary domain ontologies. CEUR Workshop Proceedings, v. 199. P. 12, **2006**.
2. Cañas, A.; Hill, G.; LOTT, J. Support for constructing knowledge models in cmaptools. Word Journal Of The International Linguistic Association, p. 12, **2003**.
3. Cañas, A. J.; Hill, G.; Carff, R.; et al. Cmaptools: a knowledge modeling and sharing environment. Proc. Of the First Int. Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain, v. 1, n. 1984, p. 125-135, **2004**.
4. Cañas, A. J.; Novak, J. D. Re-examining the foundations for effective use of Concept Maps. Proc. Of the Second Int. Conference on Concept Mapping. San José, Costa Rica, v. 1, p. 494-502, **2006**.
5. Cañas, A. J.; Novak, J. D. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC cmaptools. Florida Institute for Human and Machine Cognition, v. 1. P. 60, **2008**.
6. Carvalho, M.; Hewett, R.; Cañas, A. Enhancing web searches from concept map-based knowledge models. Proceedings of SCI 2001. P. 69-73, **2001**.
7. Chimendes, V. C. G.; Mello C. H. P.; Paiva, A. P. DE. Análise de modelo para projeto e desenvolvimento de serviços : uma pesquisa-ação em uma empresa de transporte rodoviário de passageiros. Gest. Prod., São Carlos, v. 15, n. 3, p. 491-505, **2007**.
8. CMAP Tools: software disponível em <http://www.ihmc.us/cmaptools.php>
9. CNI - Confederação Nacional da Indústria. Serviços e competitividade no Brasil. Confederação Nacional da Indústria. CNI. Brasília. P. 105, **2014**.
10. Costamagna, A. M. T. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitariosenseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Barcelona, v. 19, n. 2. P. 309-318, **2001**
11. Crandall, B.; Lein, G.; Hoffman, R. R. Working minds. A practitioner's guide to cognitive task analysis. Massachusetts Institute of Technology. The Bradford book. P. 332, **2006**.
12. Ferreira, A. M. D.; Laurindo, F. J. B. Decisão de terceirização durante o processo de desenvolvimento de novos serviços de Tecnologia da Informação (TI): Uma contribuição à teoria de processo de desenvolvimento de novos serviços. Produto & Produção, v. 10, p. 94 - 121, **2009**.
13. Fitzsimmons, J. A.; Fitzsimmons, M. J. Administração de Serviços – Operações, estratégia e tecnologia da informação. Tradução Scientific Linguagem Ltda. Mc Graw Hill Education – AMGH Editora Ltda. P. 518, **2014**.
14. Mello, C. H. P.; Chimendes, V. C. G. Análise de três modelos de referência para o projeto e desenvolvimento de serviços. XXVI ENEGEP, Fortaleza, Brasil. P. 9, **2006**.
15. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Atlas nacional de comércio e serviços. MDIC, IBGE, IPEA e SEBRAE. Brasília, DF. P. 140, **2013**.
16. Moreira, M. A. Mapas conceituais e diagramas V. Porto Alegre: Ed. Do Autor. P. 103, **2006**.
17. Novak, J. D. Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations. Journal of E-Learning and Knowledge Society, v. 6, n. 3, p. 21-30, **2010**.
18. Novak, J. D. A theory of education: meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility. Meaningful Learning, v. 1, n. 2, p. 14, **2011**.
19. Novak, J. D.; Gowin, D. B. Learning how to learn. Cambridge University Press, New York, NY. V 23. P. 199, **2008**.
20. Novak, J. D.; Cañas, A. J. Tradução de “The theory underlying concept maps and how to construct and use them”. Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, **2010**.
21. Novak, J. D.; Cañas, A. J. The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. Information Visualization, v. 5, n. 3, p. 175-184, **2006**.
22. Ontoria, A. P.; Ballesteros, A. P.; Buenadicha, I. M. .; et al. Mapas conceituais: Uma técnica para aprender. Edições Loyola. P. 238, **2005**
23. Secomandi, F.; snelders, D. The object of service design. Massachusetts Institute of Technology - Design Issues: v. 27, n. 3, p. 20 - 34, **2011**.

24. Tavares, R. Construindo mapas conceituais. *Ciência e Cognição*, v. 12, p. 72–85, **2007**.
25. Tonolli Júnior, E. J.; Brodbeck, A. F.; Costa, C. A. Análise das relações dos elementos de alinhamento estratégico entre negócio e tecnologia da informação com o processo de desenvolvimento de produto. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 13, n. 2, p. 135-170, **2012**.
26. Weideman, M.; Kritzinger, W. Concept Mapping – a proposed theoretical model for implementation as a knowledge repository. *ICT in Higher Education*. P. 20, **2003**.

Luís Cláudio Lopes* & Jefferson de Oliveira Gomes

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias. São Jose dos Campos, SP – (12)

* E-mail: luiscalopes@hotmail.com.

Produto Sustentável: Mapa Cognitivo para Estruturação de Problema e Definição de Estratégia para Compras Públicas

José Q. Neto, Jefferson O. Gomes, Carlos A. Schuch Bork &
Henrique M. R. Mendes

A demanda por produtos sustentáveis, seja por pressão da sociedade, mercado ou de regulamentações, está aumentando. Diante disso, o governo está discutindo a regulamentação sobre compras governamentais sustentáveis com o setor industrial. Dessa forma, é importante conhecer as particularidades de cada setor e estabelecer estratégias de atuação nos fóruns governamentais. A pesquisa propõe a estruturação de problemas e definição de estratégias, para o setor de equipamentos elétricos e eletrônicos, utilizando mapas cognitivos. O setor definiu temas a serem priorizados que estão relacionados às áreas de sustentabilidade, definição de critérios, revisão de normas e competitividade.

Palavras Chaves: *produto sustentável; compras governamentais; mapas cognitivos.*

The demand for sustainable products, either by peer pressure, market or regulations, is increasing. Following this reality, the government is discussing with the industrial sector the regulations about sustainable government purchases. Thus, it is important to know the particularities of each sector and establish action strategies at government forums. This research proposes the structuring of problems and development strategies for the electrical and electronics sector using cognitive maps. The sector defined issues to be prioritized that are related with sustainability, establishing criteria, review of standards and competitiveness.

Key words: sustainable product; government procurement; cognitive maps

Introdução

A preocupação com o desenvolvimento de produtos sustentáveis vem crescendo a cada ano. Esta preocupação está relacionada com o aumento das ações do setor produtivo e à maior conscientização do consumidor, tornando-o mais exigente. É fato que grande parte dos avanços alcançados pelo setor produtivo é decorrente das exigências do mercado e obrigações reguladoras, como normas nacionais e internacionais mais exigentes. No entanto, vários setores estão identificando na sustentabilidade dos produtos e processos, um diferencial competitivo e uma oportunidade de melhoria de seu ciclo produtivo ^{(1); (2); (3)}.

De acordo com Baker ⁽⁴⁾, citado por De Barba Jr ⁽⁵⁾, o termo sustentabilidade surgiu na ecologia e está relacionado ao potencial de um ecossistema em sobreviver no decorrer do tempo. Quando começou a se pensar em desenvolvimento junto à sustentabilidade, a sociedade passou a ser considerada nessa análise, sendo que isso é o grande foco do desenvolvimento sustentável. Apesar de existirem preocupações com a sustentabilidade, esse tema não é recente. Em 1972, ocorreu a primeira conferência sobre o meio ambiente da Organização das Nações Unidas – ONU, em Estocolmo na Suécia, e esta reunião alertou o mundo sobre as alterações na natureza e seus riscos para o ser humano, em consequência das atividades do próprio homem ⁽⁶⁾.

O termo “desenvolvimento sustentável” foi proposto em 1987 pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas – ONU (*World Commission on Environmental and Development – WCED*), mais conhecido como relatório de *Brundtland*, e definido como aquilo que “A humanidade tem a capacidade de fazer com que o desenvolvimento sustentável garanta a ela atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades”⁽⁷⁾.

No Brasil, o tema sustentabilidade foi formalmente abordado a partir da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que deu início à preocupação com o desenvolvimento sustentável, com uma perspectiva muito semelhante à preconizada pelas Nações Unidas. Verificado por meio do art. 225. Esse artigo expõe que todos devem ter o direito a um meio ambiente equilibrado, sendo um

bem do povo e essencial à qualidade de vida, devendo o poder público e a sociedade preservá-lo para as presentes e futuras gerações ⁽⁹⁾.

Desde antes de 1988, data da Constituição, até o presente momento, foram estabelecidas diversas regulamentações com o intuito de assegurar o direito ao meio ambiente estabelecido na Constituição como a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei de Crimes Ambientais, dentre outras. Muito embora o setor industrial brasileiro não tenha feito parte dos debates que antecederam à elaboração dessas normas, os últimos governos têm se aproximado do setor industrial, para que as normas sejam construídas de modo colaborativo, tornando-as realmente eficazes ⁽³⁾.

A Portaria do Ministério do Meio Ambiente – MMA, no 61 de 16 de maio de 2008, define “práticas de sustentabilidade ambiental a serem observadas pelo Ministério do Meio Ambiente e suas entidades vinculadas quando das compras públicas sustentáveis e dá outras providências” ⁽¹⁰⁾.

O Governo brasileiro está dialogando com vários setores industriais, pois as compras governamentais no Brasil movimentam, aproximadamente, 10% do PIB e mobilizam setores importantes da economia, como construção civil, eletroeletrônico, têxtil, dentre outros ⁽³⁾.

Esse envolvimento do setor industrial nos debates governamentais se concretizou no dia 07 de outubro de 2013, quando ocorreu a primeira reunião do Grupo de Trabalho Intersetorial sobre Produção e Consumo Sustentáveis, promovida pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, que teve o objetivo de debater medidas que estimulem a produção e o consumo sustentável no Brasil ⁽³⁾.

A Confederação Nacional da Indústria – CNI lidera os setores industriais na maioria dos fóruns governamentais, incluindo o Grupo de Trabalho criado pelo MMA. A CNI é a representante da indústria brasileira em nível nacional e internacional. É o órgão máximo do sistema sindical patronal da indústria e, desde 1938, defende os interesses da indústria nacional atuando na articulação com os poderes Executivo, Legislativo e Judiciário. Representa quase 700 mil indústrias que estão filiadas a 27 federações de indústrias e 1.250 sindicatos patronais (11).

Junto à CNI, participando no processo de construção de uma política de compras públicas sustentável, está a

Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE. A indústria elétrica e eletrônica no Brasil reúne cerca de 4.000 empresas, 80% das quais são de pequeno porte e têm menos de 100 colaboradores cada uma. Também fazem parte do setor empresas de porte médio e grande, empresas cuja escala de atuação é internacional. Estão presentes no país os principais *players* mundiais do segmento. ⁽¹²⁾

O diálogo entre governo e indústria é importante para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes. Desse modo, para garantir participação de qualidade do setor industrial, é imperativo que a CNI esteja bem-informada sobre os setores industriais da economia brasileira para executar seu papel de órgão máximo de representação da indústria nacional.

Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de entender, por meio da estruturação de problemas, utilizando mapas cognitivos, como o setor da indústria elétrica e eletrônica está envolvido com o tema das compras públicas sustentáveis, a fim de considerar as particularidades desse setor nas discussões dos fóruns governamentais sobre o tema.

Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis

Com o aumento dos desequilíbrios nas relações entre o homem e seu meio, buscaram-se novas estratégias de desenvolvimento, com base em uma cultura de sustentabilidade. Dessa forma, é importante a adoção de um modelo de desenvolvimento que possa conciliar o crescimento econômico, a preservação do meio ambiente e a melhoria das condições sociais ⁽¹³⁾.

A procura pelo desenvolvimento sustentável requer que as empresas, os governos e os indivíduos trabalhem juntos na formulação e estabelecimento de políticas públicas que auxiliem nessa mudança de padrões de consumo e produção. As empresas necessitam descobrir formas inovadoras para garantir a rentabilidade e, ao mesmo tempo, melhorar o desempenho ambiental e social dos processos de produção e de seus produtos e serviços ⁽¹⁴⁾.

Ainda de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (*United Nations Environment Programme* – UNEP) (14), as organizações

mundiais estão se preocupando com o meio ambiente e questões sociais e vêm demonstrando que as iniciativas e melhorias ambientais podem trazer benefícios econômicos e garantir a proteção das comunidades locais.

No contexto brasileiro, no entanto, encontram-se barreiras no setor empresarial como a falta de uma cultura de sustentabilidade e um conhecimento mais adequado sobre a produção mais limpa, indicando a necessidade de maior conscientização do empresariado com relação a essa temática ⁽²⁾. Com isso, as empresas possuem um desafio pela frente para atender às demandas de produção de bens de consumo para satisfazer às necessidades humanas e equilibrar com os limites do uso dos recursos naturais como água, ar, terra, metais, no processo de produção. Diante disso, é preciso que as empresas refaçam suas estratégias produtivas e os pesquisadores se empenhem no desenvolvimento de tecnologias inovadoras e que aproveitem os recursos de forma sustentável ⁽¹⁾.

O termo sustentabilidade possui três dimensões, apresentadas na Figura 1. Na área dos negócios, o termo “triple bottom line” foi elaborado para explicar a importância de alcançar a sustentabilidade. Isso implica que a indústria precisa expandir o foco econômico tradicional para incluir as dimensões ambientais, sociais e tecnológicas, a fim de criar um negócio mais sustentável ⁽¹⁶⁾. Com base em Elkington ⁽¹⁶⁾, United Nations Environment Programme ⁽¹⁴⁾, Bork ⁽¹⁷⁾, De Barba Jr ⁽⁵⁾, as dimensões econômica, ambiental e social são apresentadas a seguir.

A dimensão econômica considera a sustentabilidade financeira da empresa, incluindo seus custos de manutenção



Figura 1. Dimensões da Sustentabilidade, Adaptado (14).

e o seu lucro obtido com a venda de seus produtos e/ou serviços.

Na dimensão ambiental, são considerados os impactos, positivos e negativos, sobre o meio ambiente como um todo (ar, água, solos etc.). Eles são provenientes dos processos de produção do produto ou da prestação de um serviço. Considera-se desde a extração da matéria-prima até a destinação final de seu produto (fim de vida), seja para a disposição final ou reutilização como matéria-prima no processo de produção.

E na dimensão social são considerados os impactos, positivos e negativos, causados à sociedade pela implantação e operação da empresa, como geração de emprego e renda, relação com as comunidades locais, valorização dos funcionários e preocupação com a segurança e satisfação de seus clientes, aumento da demanda por serviços básicos de saúde, educação e saneamento.

Com essa abordagem, proposta por Elkington ⁽¹⁶⁾, o setor empresarial começou a tomar consciência sobre a sustentabilidade que atinge totalmente a realidade das empresas. Com isso, não somente as empresas, mas também os consumidores estão procurando alternativas para mitigar as pressões que o meio ambiente sofre decorrente da contínua demanda de consumo da população e do crescimento econômico.

De acordo com o estudo realizado por De Barba Jr, que pesquisou na literatura outras abordagens para a sustentabilidade, existem outras dimensões a serem acrescentadas a uma visão de sustentabilidade, sendo que a dimensão tecnológica é importante para o setor industrial ⁽⁵⁾. A dimensão tecnológica da sustentabilidade de um produto leva em consideração suas propriedades físicas (mecânica, térmica, elétrica etc.) e químicas (resistência à corrosão, oxidação etc.), além de sua durabilidade (por quanto tempo esse produto estará em condições de uso), facilidade de conserto, desmonte e reciclagem etc. Estas propriedades determinam o comportamento do material em todas as situações do processo de produção e de uso, também ocorrendo quando o material entra em contato com outros materiais ou com o ambiente ⁽⁵⁾.

O desenvolvimento de tecnologia sustentável é proposto pela análise da fonte causadora de impactos positivos e negativos sobre as dimensões ambiental, econômica e social do desenvolvimento sustentável. O grau

tecnológico influencia a demanda por matérias-primas, energia, transportes, infraestrutura, os fluxos de massa de materiais, emissões e outras formas de resíduos. Porém, a tecnologia não pode determinar os aspectos futuros da sustentabilidade, nem ser totalmente determinada pelos elementos do desenvolvimento sustentável. É um processo complexo no qual existe influência mútua entre o desenvolvimento sustentável e a tecnologia ⁽¹⁸⁾.

Com o entendimento do que representa cada propriedade, podem-se produzir produtos que necessitem de menor quantidade de matéria-prima, que sejam formados de materiais de fácil reciclabilidade, que necessitem de menor quantidade energia na sua confecção, que evitem falhas no uso e que possam ser mais duráveis ⁽⁵⁾. As empresas devem lidar, ainda, com um cenário cada vez mais competitivo em que a inovação busca a sustentabilidade de seus produtos e serviços, como necessidade de sobrevivência na maioria dos mercados. ⁽¹⁹⁾ Diante disso, deve-se considerar que produto sustentável é aquele que apresenta o melhor desempenho ambiental ao longo de seu ciclo de vida, com função, qualidade e nível de satisfação de igual importância. ⁽²⁾

Para ser sustentável, um produto precisa, também, cumprir os requisitos de sustentabilidade descritos anteriormente (econômico, social, ambiental e tecnológico) e, ao mesmo tempo, gerar valor para o cliente. Desse modo, o valor gerado pelo produto e a avaliação da sustentabilidade são requisitos essenciais que refletem o desempenho do produto final ⁽²⁰⁾.

Compras Públicas Sustentáveis

A compra pública sustentável é uma forma de integrar considerações e princípios de sustentabilidade em todos os estágios do processo da compra e contratação dos agentes públicos (de governo) com o objetivo de reduzir impactos à saúde humana e ao meio ambiente. Permite o atendimento das necessidades específicas dos consumidores finais por meio da compra do produto que oferece o maior número de benefícios para o ambiente e a sociedade. É também denominada como “licitação sustentável”, “ecoaquisição”, “compras verdes”, “compra ambientalmente amigável” e “licitação positiva” ⁽²⁾.

As compras públicas sustentáveis constituem relevante instrumento de contribuição para a reorganização da

economia com novos paradigmas. No Brasil, inserem-se em um contexto de agendas nacionais que orientam as ações e as políticas para o desenvolvimento sustentável⁽²¹⁾.

Diante disso, as contratações públicas sustentáveis representam a adequação da contratação ao que se chama consumo sustentável. Significa pensar a melhor proposta para a administração pública, levando-se em conta não apenas o menor preço, mas o custo como um todo, considerando a manutenção da vida no planeta e o bem-estar social. Ressalta-se que os recursos naturais do país e sua biodiversidade são recursos públicos e, como tal, devem ser preservados⁽²¹⁾.

Metodologia de Estudo

Para esse estudo, optou-se por utilizar a ferramenta de mapa cognitivo utilizando um grupo de especialistas do setor elétrico e eletrônico, sendo o resultado obtido por meio do consenso dos membros do grupo.

Mapas cognitivos expressam como os indivíduos estruturam e organizam os seus conhecimentos e como estes afetam as suas decisões. Esses mapas estão sendo utilizados como ferramentas de representação de estruturas e processos cognitivos que ajudam a compreender decisões e ações que configuram uma organização⁽²²⁾. Os mapas cognitivos são, geralmente, obtidos por meio de entrevistas, e assim tendem a representar a visão tangível e intangível do entrevistado. A qualidade da representação dos mapas depende da qualidade do entrevistador/facilitador como ouvinte e intérprete. Os mapas não são apenas uma descrição gráfica do que é dito, mas eles são interpretações do que se entende do que foi dito pelo sujeito⁽²³⁾.

Ackermann et al.⁽²⁴⁾ destaca que o objetivo do mapa cognitivo é fornecer ajuda com a estruturação de dados confusos ou complexos para a resolução de problemas, auxiliar o processo de entrevista, proporcionando aumento na compreensão e geração de agendas e gerenciamento de grandes quantidades de dados qualitativos a partir de documentos. O mapeamento cognitivo é muito utilizado de forma individual, no entanto, pode ser aplicado em grupos para auxiliar na resolução de problemas e levantamento de informação.

Existem benefícios na utilização dos mapas cognitivos como: o esclarecimento de ideias, direcionamento dos atores da situação problemática, para analisar as

informações nas formas: verbal, textual e gráfica, na estruturação de problemas, na identificação e exploração de objetivos e ponto de vista do sujeito sobre o problema no qual está inserido. A estruturação de todas as informações ocorre por mapeamento do processo cognitivo^{(24); (25)}.

A construção dos mapas cognitivos busca o levantamento de informação para a estruturação de um problema, porém não propõe a solução. É elaborado por meio de entrevistas, procura identificar e interpretar, dentro de um sistema, informações importantes entre os envolvidos em um problema e desenvolve um processo de investigação destes aspectos⁽²⁶⁾.

Os mapas cognitivos fornecem alternativas para atingir os objetivos estratégicos, utilizando os conceitos na estrutura hierárquica. As entrevistas devem durar entre 60 a 90 minutos, e deve ser realizada de preferência no ambiente do entrevistado, ou em local neutro para ambos, ator e facilitador⁽²⁷⁾.

A construção e validação dos mapas cognitivos não representam de fato um modelo de descrição do pensamento dos especialistas. A construção do mapa é feita com a interação entre pensamento e articulação dos atores com o facilitador, sendo uma ação dinâmica, carregado de subjetividade e caracterizado pela reflexão e aprendizado⁽²⁸⁾.

Para Jardim⁽²⁹⁾ e Ensslin e Montibeller⁽³⁰⁾ São necessárias 4 etapas para a construção dos mapas cognitivos: definir um rótulo para o problema, definição dos elementos primários de avaliação (EPAs), construção dos conceitos a partir dos EPAs, hierarquização dos conceitos.

MAPAS COGNITIVOS DE GRUPOS

Segundo Jardim⁽²⁹⁾, a utilização do mapa cognitivo como instrumento de apoio à decisão ganha valor quando o contexto de tomada de decisão engloba problemas complexos e vários atores. Quando isso ocorre, o facilitador deve gerir o processo de negociação de uma forma mais cautelosa e atenta, para evitar que se perca o rumo, fornecendo ações e recomendações sobre um problema que não pertence aos sujeitos.

Os atores compartilham os papéis na organização, mas têm interesses e valores diferentes, por representarem diversos grupos e áreas de interesse. A construção do mapa cognitivo do grupo de sujeitos é muito mais complexa do

que a de um mapa cognitivo individual ⁽²⁹⁾.

Segundo Ensslin et al ⁽²⁸⁾, no grupo, existe diferença de personalidades, estilos de interação, poder, valores e de preocupações sobre a política interna da organização. Na elaboração do mapa cognitivo de um grupo, há grande quantidade de conceitos conflitantes, mas também grande quantidade de conceitos similares, que podem ser agregados. Apesar de os atores perceberem e interpretarem o mesmo contexto de decisão de forma diferente, para seguir um caminho, é preciso levar em conta como os outros sujeitos percebem e interpretam o mesmo contexto. Há, na realidade, interdependência entre os atores no que concerne às ações ⁽²⁹⁾.

O resultado da forma como um grupo de atores entende um problema é representado pelo mapa cognitivo congregado. Nessa fase, o papel do facilitador é provocar os sujeitos a pensar em pontos que, de outra forma, não seriam pensados, facilitar o pensamento lateral e a criatividade ⁽²⁹⁾. Permitir que os atores conheçam pontos que não são comumente ouvidos (e considerados), e guiá-los à percepção desses pontos para dar oportunidade aos sujeitos externarem pensamentos que, de outra forma, eles teriam, mas não diriam ⁽²⁹⁾.

Jardim ⁽²⁹⁾ aponta duas formas de construção de um mapa cognitivo congregado (de grupo): iniciar diretamente com o grupo de atores ou realizar os mapas individuais e depois congregá-los, lembrando que tanto a primeira forma, quanto a segunda seguem as quatro etapas definidas anteriormente. O autor destaca que a primeira forma leva menos tempo, tem menor custo e é mais empolgante. Na presença do facilitador, experiente e habilidoso, é mais ágil o processo de identificar os conceitos mais representativos diante de cada percepção, de obter a reprodução na elaboração dos conceitos, a recursividade no entendimento do mapa e na aprendizagem, além de confirmar os conceitos.

ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA PARA O SETOR DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA

Essa fase tem o objetivo de entender qual o posicionamento em relação ao tema compras públicas sustentáveis, na visão do setor da indústria elétrica e eletrônica. O mapa cognitivo foi utilizado como ferramenta para esta estruturação de posicionamento a partir de entrevistas com especialistas do setor.

Para visualizar o posicionamento em um ambiente técnico, desenvolveu-se o mapa cognitivo de um grupo de especialistas qualificados com interesses distintos, tendo os autores atuado como facilitadores no processo.

Esta análise teve como foco um problema complexo, pois envolve especialistas da área de sustentabilidade de diferentes empresas, de um mesmo setor industrial da econômica brasileira, com percepções e interesses distintos sobre o assunto, tanto no campo técnico quanto político, de compras públicas sustentáveis.

Neste trabalho, buscou-se desenvolver a complexidade conjunta aos diversos interesses de um problema dentro de várias visões dos atores no contexto compras públicas sustentáveis. Considerou-se a subjetividade dos especialistas, levando em consideração seus, objetivos, preconceitos, crenças, valores, cultura e intuição.

O modelo foi elaborado considerando as características de aprendizagem e construtivismo, necessidades identificadas para este trabalho, buscando capturar a percepção do observador em seu processo de investigação. Utilizou-se uma abordagem no sistema de interpretação, de pensar, da conceituação do pessoal, podendo absorver alto grau de complexidade humana e diversidades de interesses.

Para essa pesquisa, optou-se por realizar a entrevista não estruturada, permitindo explorar várias visões para o mesmo tema. Com isso, foi possível construir um modelo que estimule os sentimentos e valores dos especialistas envolvidos a respeito do problema em que estão inseridos, mas sem a necessidade de ditar normas.

Etapas para a Construção do Mapa Cognitivo

ETAPA 1: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E SEU CONTEXTO

O Grupo de Trabalho de Produção e Consumo Sustentável, do qual a CNI faz parte, e que está definindo regras para as compras públicas sustentáveis, está desenvolvendo normas específicas para compras governamentais, devido ao volume de compras de produtos desse segmento que o governo realiza. Parte dessas regras envolve requisitos de sustentabilidade de produtos que serão exigidos dos fornecedores.

Com isso, é imperativo que a CNI, juntamente ao setor,

determine um posicionamento relevante e aplicável para a indústria de elétrica e eletrônica. Diante desse contexto, o problema definido pelo grupo de especialistas, em consenso, foi: “Entender o posicionamento do setor da indústria elétrica e eletrônica em relação a compras públicas sustentáveis”.

ETAPA 2: DEFINIÇÃO DOS ATORES ENVOLVIDOS

Para esse cenário, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, que também participa do Grupo de Trabalho de Produção e Consumo Sustentável, criou um Grupo de Trabalho sobre produto sustentável. Esse grupo é composto por especialistas em sustentabilidade de diferentes empresas associadas, e tem o objetivo de estudar e propor, tecnicamente, posicionamentos e caminhos a serem considerados nas discussões. Com isso, para essa pesquisa, foram considerados os especialistas desse grupo da ABINEE para serem os atores a gerarem o mapa cognitivo para o problema apontado, sendo que na reunião para aplicação da pesquisa estavam presentes 15 membros do grupo.

ETAPA 3: ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA AMBIENTAÇÃO DO TEMA

Tendo em vista facilitar a exploração dos elementos importantes, elaborou-se um questionário de ambientação e foi encaminhado por e-mail anteriormente à reunião. Na reunião com o grupo, os facilitadores desenvolveram a metodologia para geração do mapa cognitivo. Este tipo de estratégia possibilitou absorver várias questões que envolviam o problema, de maneira a expandir e explorar a criatividade de cada entrevistado.

O questionário apresentado a ABINEE foi:

1. Em sua opinião, o que deve ser levado em consideração como requisitos de sustentabilidade para produtos do setor?
2. Quais seriam os requisitos de sustentabilidade que devem ser atendidos por um produto para ser considerado sustentável?
3. Quais seriam os problemas enfrentados para definir critérios de sustentabilidade?
4. Quais os problemas, dificuldades e restrições relacionadas ao estado atual?

O objetivo do questionário foi levantar questões sobre o tema, proporcionando a reflexão sobre as possibilidades

atuais e futuras, dos valores, das importâncias, a fim de criar ideias e soluções para o problema.

ETAPA 4: DEFINIÇÃO DOS ELEMENTOS PRIMÁRIOS DE AVALIAÇÃO (EPAs)

Os EPAs constituem objetivos, valores e metas referentes ao problema de acordo com a visão dos especialistas. Aproveitando o objetivo principal, “Entender a posição do setor da indústria elétrica e eletrônica em relação a compras públicas sustentáveis”, como fonte de elaboração do raciocínio sobre o tema, foram levantados tópicos que influenciaram o objetivo principal. O primeiro momento, um *brainstorming* permitiu o início da geração de ideias sobre o tema.

Durante esses debates, foram feitas perguntas específicas, apresentadas na Tabela 1. O objetivo dessas perguntas foi de possibilitar a definição dos EPAs. Ao final desse primeiro momento, foram apresentados, para o grupo de especialistas, os elementos identificados para validação pelo grupo. Os EPAs, definidos pelo grupo, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Estratégias para Identificar EPA's (30).

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspectos Desejáveis | Quais são os aspectos que os senhores gostariam de levar em consideração em seu problema? |
| Ações | Quais características distinguem uma ação (potencial ou fictícia) boa de uma ruim? |
| Dificuldades | Quais são as maiores dificuldades com relação ao estado atual? |
| Consequências | Quais consequências das ações são boas / ruins / inaceitáveis? |
| Meta / Restrições / Linhas Gerais | Quais são as metas / restrições / e linhas gerais adotadas pelos entrevistados? |
| Objetivos Estratégicos | Quais são os objetivos estratégicos neste contexto? |
| Perspectivas Diferentes | Quais são os aspectos desejáveis / ações / dificuldades / etc., segundo a perspectiva de outro ator, para o entrevistado? |

ETAPA 5: CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS A PARTIR DOS EPAs

Os conceitos foram elaborados a partir da colocação de um verbo no infinitivo em cada um dos EPAs para que eles destaquem uma orientação à ação. Foi adicionado ao polo oposto, em que significa a repulsividade do conceito abordado, como pode ser visto no exemplo da Figura 2.

Tabela 2. Lista de EPA's definidos pelo grupo de especialistas.

| |
|-----------------------------------------------------------------------|
| Critérios objetivos e de fácil mensuração |
| Critérios precisam ter padrão, porém não podem ser únicos |
| Razoabilidade do critério – economicamente viável |
| Os critérios não devem gerar custos adicionais fora da viabilidade |
| Considerar requisitos para produto e para processo de forma diferente |
| Não pode ser definido Avaliação do Ciclo de Vida - ACV como critério |

ETAPA 6: HIERARQUIZAÇÃO DOS CONCEITOS

Nessa etapa, o facilitador faz questionamentos ao grupo de especialistas para obtenção de conceitos meios e fins no mapa. A partir de um conceito, o facilitador direciona os especialistas a pensar o “por que o conceito é importante” e “como realizar tal conceito”; essa etapa é demonstrada nas Figuras 3 e 4.

O resultado dessa etapa é apresentada a Tabela 3, contendo todos os conceitos que compõem o mapa cognitivo do grupo.

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definir requisitos de sustentabilidade ... Não definir requisitos de sustentabilidade |
|------------------------------------------------------------------------------------------|

Figura 2. Exemplo de polo presente e polo oposto lógico de um conceito.

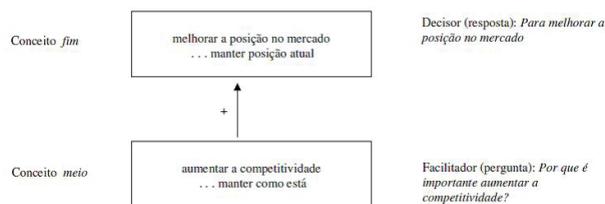


Figura 3. Construção do conceito fim (29).

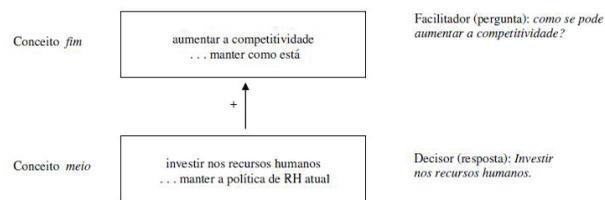


Figura 4. Construção do conceito meio (29).

ETAPA 7: CONSTRUÇÃO DO MAPA COGNITIVO

A construção do mapa ocorre após o estabelecimento dos conceitos fins e meios, identificados na etapa anterior. Essa etapa foi realizada pelo facilitador, sem a participação do grupo. Após a finalização, o mapa cognitivo foi encaminhado para o grupo de especialistas para validação.

ETAPA 8: ANÁLISE DO MAPA COGNITIVO

Para essa pesquisa, os mapas foram analisados de acordo com as recomendações de Cruz (2011), que estabelece 3 passos para analisar um mapa cognitivo: Identificação dos clusters; Identificação das linhas de argumentação; Identificação dos ramos. Esse processo de análise serviu para identificar o posicionamento do setor, bem como a estratégia de atuação nos fóruns governamentais sobre compras públicas sustentáveis.

Passo 1 – Identificação dos clusters

Os agrupamentos, denominados de clusters, são identificados visualmente ou por análise do conteúdo dos mapas. A separação dos conceitos em clusters tem o objetivo de diminuir a complexidade que existe ao se tratar do mapa como um todo. A Figura 5 apresenta um mapa cognitivo, com os seus conceitos interligados e divididos em três clusters (I, II e III).

Tabela 3 - Lista de conceitos obtidos

| Numeração | Conceito | Numeração | Conceito |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | realizar compras públicas sustentáveis para o setor de elétrica eletrônica...não realizar | 17 | usar critérios já utilizados em outros países ou ferramentas...não usar |
| 2 | o processo de compra deve ter regras claras ...não deve ter | 18 | ACV não pode ser critério... ACV é critério |
| 3 | considerar dimensões social, ambiental, econômica e tecnológica...não considerar | 19 | tratar de forma diferente importador e produtor... não tratar de forma diferente |
| 4 | devem considerar critérios de sustentabilidade ... não devem considerar | 20 | declaração voluntária sobre boas práticas...sem declaração |
| 5 | definir regras claras de avaliação do cumprimento dos critérios...não definir | 21 | medir e externalizar as boas práticas... não medir |
| 6 | definir critérios de sustentabilidade para segmentos de produto do setor... não definir | 22 | não exigir selo/certificação..exigir |
| 7 | os critérios devem ser para produto ... não devem ser | 23 | se exigir que não seja um único selo/certificação... exigir um único selo/certificação |
| 8 | devem ser objetivos e de fácil mensuração ... não devem ser | 24 | selos e certificações voluntários não podem virar compulsórios... podem virar compulsórios |
| 9 | deve garantir propriedade intelectual.. não deve | 25 | rever as normas já existentes...não reve |
| 10 | deve ter padrão ... não deve | 26 | alinhar posicionamento e defender nos fóruns....não alinhar |
| 11 | não pode ser único... deve ser único | 27 | realiar reuniões entre setor e governo....não realizar |
| 12 | deve ser economicamente viável ... não deve ser | 28 | aproveitar o grupo nacional como referência...não aproveitar |
| 13 | não gerar custos adicionais inviáveis ... gera custos adicionais | 29 | não considerar apenas preço...considerar só preço |
| 14 | os critérios devem ser para processo ... não devem ser | 30 | definir o que é produto sustentável para o setor... não definir |
| 15 | não considerar processo ... considerar processo | 31 | governo deve ter conhecimento dos produtos... governo de continuar como está |
| 16 | certificações ISO consideram processo ... não consideram | | |

Para Gomes et al. (2009), um mapa cognitivo pode ser visto como um conjunto de clusters. Os clusters podem ser identificados em função de uma grande densidade de ligações entre conceitos. Outro modo de identificá-los é a partir de conceitos com sentidos semelhantes para obtenção dos objetivos finais. Com isso, foi possível a identificação de nichos de conceitos, determinando o cluster e facilitando a identificação visual das estratégias para cada cluster.

Com a finalização do mapa cognitivo, existe a visualização dos conceitos. Foi possível a identificação de nichos de conceitos e clusters. Esses ficaram divididos em 6 grupos que correspondem às ideias consolidadas pelos especialistas e pelo facilitador, a Tabela 4 corresponde

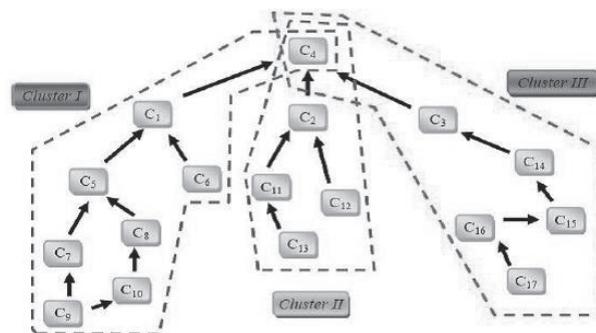


Figura 5. Definição de clusters do mapa cognitivo ⁽²⁷⁾.

Tabela 4. Classificação e densidade do Cluster.

| Cluster | Classificação | Quantidade de Conceitos | % |
|--------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------|
| 1 | Sustentabilidade e definição de critérios | 18 | 45% |
| 2 | Competitividade | 3 | 8% |
| 3 | Boas práticas | 4 | 10% |
| 4 | Certificação voluntária | 5 | 13% |
| 5 | Revisão de normas e estratégia de atuação | 7 | 18% |
| 6 | Conceitos e preparação do governo | 3 | 8% |
| Total | | 40 | 100% |

aos clusters identificados como:

- Sustentabilidade e definição de critérios: essa área aborda a visão do grupo com a sustentabilidade dos produtos e processos do setor elétrico e eletrônico, incluindo a definição de critérios a serem considerados no processo de compras governamentais.
- Competitividade: apresenta a preocupação com a concorrência nos processos licitatórios.
- Boas práticas: demonstra que o grupo leva essa questão em consideração.
- Certificação voluntária: identifica como o grupo entende que deve ser considerado esse ponto nas compras públicas sustentáveis.
- Revisão de normas e estratégia de atuação: apresenta uma reivindicação do grupo e a estratégia para atuar nesse pleito.
- Conceitos e preparação do governo: ressalta a importância de definição de conceitos e a necessidade de melhor preparação dos técnicos governamentais.

A definição de cada Cluster foi debatida e validada com o grupo.

Passo 2: Identificação das linhas de argumentação e dos ramos

A análise avançada dos Mapas Cognitivos tem como característica a identificação dos eixos de avaliação do problema e o conteúdo do mapa. Nesta análise, busca-se a identificação das linhas de argumentação.

Segundo Cruz⁽²⁷⁾, as linhas de argumentação e os ramos compreendem a sequência de conceitos que se conectam entre si por uma relação de influência e que formam uma

linha de raciocínio de meios e fins com início em um conceito-cauda e término em um conceito-cabeça.

Tomando como exemplo a Figura 5, é possível verificar seis linhas de argumentação (C9-C7-C5-C1-C4), (C9- C10- C8- C5- C1- C4), (C6 - C1 - C4), (C13 - C11 - C2 - C4), (C12- C2-C4) e (C17-C16-C15-C14-C3-C4).

A Tabela 5 apresenta as linhas de argumentação do mapa cognitivo do setor de elétrica eletrônica. Estes são constituídos por uma ou mais linhas de argumentação que demonstram preocupações similares sobre o contexto decisório⁽²⁸⁾. No caso estudado, as linhas de argumentação são iguais aos ramos. Dessa forma, considera-se que a análise do mapa cognitivo está encerrada.

Resultado e Discussão

O trabalho colaborativo entre o grupo de especialistas e os facilitadores teve reflexo positivo na estruturação do

Tabela 5. Linhas de Argumentação.

| Numeração | Linha de Argumentação |
|-----------|-----------------------|
| 1 | 1-2-3-4-5-6-7-8-9 |
| 2 | 1-2-3-4-5-6-7-10-11 |
| 3 | 1-2-3-4-5-6-7-12-13 |
| 4 | 1-2-3-4-5-6-14-15 |
| 5 | 1-2-3-4-5-6-14-16 |
| 6 | 1-2-3-4-5-17-18 |
| 7 | 1-2-19 |
| 8 | 1-2-20-21 |
| 9 | 1-2-22-23-24 |
| 10 | 1-2-25-26-27-28 |
| 11 | 1-2-25-29-26-27-28 |
| 12 | 1-30-31 |

problema por meio do mapa cognitivo. A combinação de habilidades técnicas, negociação e de relacionamento interpessoal são fatores importantes nesse processo.

A participação colaborativa dos especialistas tornou o conhecimento do problema mais realístico, fazendo com que os limites técnicos de informações fossem superados, gerando alternativas não antes vislumbradas.

Analisando o mapa cognitivo gerado, é possível identificar tendências. Estas foram destacadas (com cores diferentes), elas retratam as ideias e percepções do grupo, de forma consensual, sobre o problema, Figura 6.

Percebe-se que o cluster de Sustentabilidade e definição de critérios é que possui o maior número de conceitos, destacando que a visão de sustentabilidade do grupo aborda, além das dimensões econômica, ambiental, social e tecnológica. Isso reflete a grande preocupação do setor com a definição de critérios a serem considerados no processo de compras governamentais. Além disso, esse cluster revela como que a definição de critérios deve ocorrer, levando em consideração as particularidades do setor de elétrica e eletrônica.

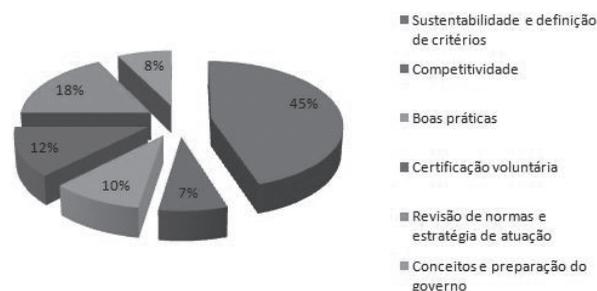


Figura 6. Grau de densidade do Cluster.

Outro cluster que merece destaque, segundo o grupo de especialistas, é o de revisão de normas e estratégia de atuação. Já existem vários estados da federação brasileira com legislações específicas para compras governamentais que exigem critérios que foram estabelecidos sem levar em consideração as particularidades de cada setor. Esse cluster revela a necessidade de revisão dessas normas com base na realidade de cada setor, além disso, estabelece uma estratégia de atuação da CNI e do setor junto ao governo para ter êxito nessa necessidade de revisão das normas.

Outra prioridade, definida pelo grupo, é o cluster de competitividade. Esse cluster é importante para o setor, pois nas compras governamentais, os importadores não são tratados de forma diferenciada dos produtores nacionais. Esse fato corrobora para a perda de competitividade da indústria nacional, que é afetada por todas as normas e impostos inerentes a um produtor nacional, fato que não incorre sobre os importadores e, com isso, conseguem atingir um preço muito menor do que a indústria nacional. Diante disso, apesar de possuir um menor número de conceitos do que outros temas, ele se mostra relevante diante de outros clusters identificados.

Os clusters de Certificação voluntária, Conceitos e preparação do governo e Boas práticas, foram definidos pelo grupo como de média importância em virtude do cenário político atual. Porém, devem ser considerados, sempre que oportuno, nos debates dos fóruns governamentais.

Conclusão

Este trabalho teve como finalidade, visualizar a problemática na qual se encontra inserida e descrevê-la, alcançando seu entendimento, para assim, ter a capacidade de proferir suas decisões estratégicas embasadas no estudo realizado, identificando quais são alguns dos pontos de maior relevância a serem considerados na definição do posicionamento do setor de elétrica e eletrônica.

O trabalho mostra uma potencial aplicação da técnica de mapeamento cognitivo, para o processo de desenvolvimento de estruturação de problemas de natureza complexa. O resultado obtido formaliza as condições ideais para que o objetivo atinja sucesso, na estruturação do problema e levantamento de estratégias de atuação em fóruns governamentais, assim podendo servir de base estruturada para decisões de priorização de temas e formas de atuação.

Na aplicação da pesquisa no setor de elétrica e eletrônica, obteve-se visão detalhada e ampla do contexto atual, a partir da descrição e prospecção gráfica do problema. Com isso, espera-se auxiliar a tomada de decisão com atitudes que visem à melhoria do quadro, o qual apoiará a tomada de decisão estratégica na área de defesa de interesse nos fóruns governamentais sobre compras públicas sustentáveis.

Com isso, a pesquisa auxiliou o setor da indústria elétrica e eletrônica, representado pelo grupo de especialistas, a definir os temas que devem ser priorizados que, neste momento, são aqueles que estão inseridos dentro dos clusters de sustentabilidade e definição de critérios; revisão de normas e estratégia de atuação e competitividade.

Durante o trabalho, foi possível visualizar que diferentes atores envolvidos no problema, possuem objetivos comuns e complementares. Além disso, o motivo mais importante sobre o ponto de vista coletivo, aborda a sustentabilidade, a definição de critérios considerando as particularidades de cada setor, a revisão de normas e a estruturação de uma estratégia de atuação. O entendimento do que se passa no cenário atual do problema é uma variável importante para o planejamento estratégico de uma ação potencial, a fim de viabilizar projetos, envolvendo e captando parcerias para potenciais soluções.

Referências Bibliográficas

- Bork, C. A. S. et al. Methodological tools for assessing the sustainability index (SI) of industrial production processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **2014**.
- Governos Locais pela Sustentabilidade Secretariado para América Latina e Caribe. Guia de compras públicas sustentáveis. 2. ed. : ICLEI (LACS), **2008**.
- Tolentino, L. Governo e indústria procuram medidas de apoio à produção e consumo sustentáveis. Disponível em: <<http://www.ministeriodomeioambiente.gov.br/informma/item/9685-governo-e-industria-procuram-medidas-de-apoio-a-producao-e-consumo-sustentaveis>>. Acesso em: 7 maio. **2015**.
- Baker, S. Sustainable Development. Routledge introductions to the environment series. New York, USA: Routledge, **2006**. 245 p.
- De Barba JR, D. J. Framework para a avaliação da sustentabilidade de produtos manufaturados. [s.l.] São José dos Campos, SP: ITA, **2015**.
- Miranda, Â. T. DE. Desenvolvimento sustentável: Conferências da ONU.
- World Commission on Environment and Development; United Nations. Our common future. Oslo: UN, **1987**.
- Ussui, P. R. S.; Borsato, M. Tendências em indicadores de sustentabilidade no desenvolvimento de produto. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP 2011. Anais...Porto Alegre, RS - Brasil. **2011**
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 27 maio. **2015**.
- Brasil; Ministério do Meio Ambiente. Portaria N. 61 , de 15 de maio de 2008. Diário Oficial da União, p. 93–94, 2008.
- Confederação Nacional da Indústria. Conheça a CNI. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/institucional/2015/05/1,1739/conheca-a-cni.html>>. Acesso em: 25 maio. **2015**.
- Confederação Nacional da Indústria. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. A indústria elétrica e eletrônica impulsionando a economia verde e a sustentabilidade. Brasília: CNI/ABINEE, **2012**.
- Demajorovic, J.; Maturana, L. M. Desenvolvimento de produtos sustentáveis: purificadores de água brastemp e carpetes interface. *RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental*, p. 102–119, **2009**.
- United Nations Environment Programme; United Nations. Life cycle management. A businees guide to sustainability. Nairobi: UNEP, **2007**.
- Confederação Nacional da Indústria. A indústria brasileira no caminho da sustentabilidade. Brasília: CNI, **2012**.
- Elkington, J. Cannibals with forks. Estados Unidos da América: Capstone - USA, **1997**.
- Bork, C. A. S. Metodologia aplicada à escolha sustentável de fluidos de corte para sistemas produtivos. [s.l.] São José dos Campos, SP: ITA, **2015**.
- Musango, J. K.; Brent, A. C. A conceptual framework for energy technology sustainability assessment. *Energy for Sustainable Development*, v. 15, n. 1, p. 84–91, **2011**.
- Medeiros, J. F. De; Ribeiro, J. L. D.; Cortimiglia, M. N. Success factors for environmentally sustainable product innovation: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p. 76–86, **2014**.
- Chou, C.-J.; Chen, C.-W.; Conley, C. An approach to assessing sustainable product-service systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 86, p. 277–284, **2015**.
- Brasil; Conselho Superior da Justiça do Trabalho. Guia de contratações sustentáveis da justiça do trabalho. 2. ed. Brasília: Conselho Superior da Justiça do Trabalho, **2014**.
- bastos, A. V. B. Mapas cognitivos e a pesquisa organizacional: explorando aspectos metodológicos. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 7, n. spe, p. 13, **2002**
- Eden, C. Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, v. 159, p. 673–686, **2004**.
- Ackermann, F.; Eden, C.; Cropper, S. Getting Started with Cognitive Mapping 7th Young OR Conference. Anais...University of Warwick: **2004** Disponível em: <www.braxia.com>
- Villafranca, B. C. L. Processo de análise de stakeholder utilizando

mapas cognitivos. [s.l.] ITA: São José dos Campos, **2012**.

26. Heitkotter, B. F. A. Aplicação de mapas cognitivos para estruturação do levantamento dos critérios de utilização de óleo vegetal na produção de fluido de corte. [s.l.] São José dos Campos, SP: ITA, **2011**.
27. Cruz, M. H. Utilização de uma metodologia de apoio à decisão na análise de outsourcing em uma empresa metalúrgica. Campinas, SP: UNICAMP, **2011**.
28. Ensslin, L.; Montibeller, G. N.; Noronha, S. M. D. Apoio a decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, **2001**.
29. Jardim, S. B. Mapas cognitivos: um caminho para construir estratégias. Revista Acadêmica da Face Pucrs, v. 12, n. 1, p. 31, **2001**.
30. Ensslin, L.; Montibeller Neto, G. Mapas cognitivos no apoio à decisão XVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Anais...**1998** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART333.pdf>
31. Gomes, L. F. A. M.; Gomes, C. F. S.; Almeida, A.T. de. Tomada de decisão gerencial enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, **2009**. 324p

José Q. Neto^{1*}, Jefferson O. Gomes¹, Carlos A. Schuch Bork² & Henrique M. R. Mendes³

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias. São José dos Campos, CEP: 12228-615, SP.

²Instituto Federal Sul-riograndense. Câmpus Sapucaia do Sul: Avenida Copacabana, 100 · Bairro Piratini - Sapucaia do Sul/RS · CEP 93.216-120

³Universidade Nove de Julho. São Paulo, SP. CEP 01156-050.

*E-mail: jneto@cni.org.br

Avaliação da Influência do Capital Intelectual nas Fases de Evolução de Empresas *Startups* de Base Tecnológica

Vanessa V. P. Canhete, Jefferson O. Gomes, Marcelo F. Prim, Juliana G. Ulliana & Germana A. B. Zapata

O crescimento do número de empresas *startups* de base tecnológica e sua contribuição para a introdução de novas tecnologias são reconhecidos pelo mercado e pela comunidade acadêmica como elementos de fortalecimento da inovação no país. O artigo apresenta a influência dos ativos intangíveis no sucesso destas empresas nascentes, sob a visão dos empresários deste mercado, nos primeiros anos de vida das *startups*. Para isso, realizou-se um levantamento *survey* com 15 empresários de empresas *startups* de base tecnológica, com o objetivo principal de avaliar a importância e/ou predominância de determinados tipos de capital intelectual, nas dimensões do capital humano, estrutural e relacional nos 5 primeiros anos de vida das empresas.

Palavras chaves: *Startups de base tecnológica; Capital Intelectual.*

The growing number of startups technology-based companies and their contribution to the introduction of new technologies are recognized by the market and by the academic community as elements of innovation strengthening in the country. This paper presents the entrepreneurs perspective about the the influence of intangible assets on the success of these new companies, in the early years of the startups. For this, it was conducted a survey methodology with entrepreneurs from 15 startups technology-based companies, with the main objective to assess the importance and / or prevalence of certain types of intellectual capital, in the dimensions of human, structural and relational capital, within the first 5 years of life companies.

Keywords: *Startups technology-based; Intellectual Capital.*

Introdução

O crescimento do emprego, no século 21, terá de vir de novos empreendimentos, de modo que toda a sociedade tenha interesse em promover um ambiente que a apoie no sucesso, crescimento e contratações. A criação de uma economia de inovação, que é impulsionada pela rápida expansão de empresas *startups*, nunca foi tão imperativa e desta forma, uma menor taxa de falha de empresas *startups* poderia trazer grandes consequências econômicas (BLANK, 2013).

Novas e pequenas empresas impactam positivamente na economia, no entanto, a falta de experiência empresarial, forte competição da indústria e a fragilidade são alguns dos mais citados argumentos que justificam o insucesso do negócio (PEÑA, 2002). Dada a importância que novos negócios representam para o desenvolvimento econômico e considerando que as empresas *startups* caracterizam uma abordagem atual para o desenvolvimento do empreendedorismo, por seu potencial de crescimento e abordagem tecnológica, tais empresas apresentam-se como importante fonte de pesquisa, incluindo os estudos sobre a influência das dimensões do capital intelectual sobre o sucesso empresarial (MACHADO, 2014).

Nesse sentido, em um mercado competitivo, a capacidade de uma empresa em criar e manter parcerias pode significar um fator crítico de sucesso. As organizações poderiam fazer maior uso de produtos e serviços fornecidos por outras organizações, caracterizando um ambiente propício para a colaboração e aprendizagem de novas práticas (WILLIAMSON, 1975).

Revisão Bibliográfica

EMPRESAS *STARTUPS*

Empresas nascentes de base tecnológica, as chamadas empresas *startups*, são empresas jovens e inovadoras, atuantes em quaisquer áreas de atividades cuja estratégia empresarial e de negócios é sustentada pela inovação e cuja base técnica de produção está sujeita a mudanças frequentes, advindas da concorrência centrada em esforços continuados de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (REVISTA EXAME PME, 2015; FINEP, 2000).

Empresas *startups* utilizam-se de diversos tipos de

inovação, sejam novas descobertas científicas, novas formas de uso de uma tecnologia existente, criação de um novo modelo de negócio, nova proposta de valor, novo segmento de clientes ou mesmo diferentes formas de disponibilização do produto (RIES, 2012).

Empresas *startups* poderiam melhorar seu desempenho inicial pelo estabelecimento de alianças, pela atuação em uma rede eficiente que possa prover acesso à informações diversas e recursos com custos mínimos de redundância, conflito e complexidade, e uma aliança com competidores estabelecidos que ofereçam mais oportunidades para o aprendizado e menor risco de rivalidade. Em empresas *startups* de alta tecnologia, como na área de biotecnologia, essas alianças podem ser particularmente eficazes para alavancar a inovação, embora em todos os tipos possam facilitar o acesso a recursos complementares, necessários para um crescimento bem sucedido (BAUM et al., 2010).

A *Startup* Enxuta (*Lean Startup*) é um método de lançamento de novas empresas baseado em falhas rápidas e valorização do aprendizado contínuo, favorecendo a experimentação em detrimento ao planejamento elaborado, atenção ao feedback do cliente em detrimento à intuição e o *design* iterativo e colaborativo de produtos em detrimento aos modelos tradicionais de desenvolvimento de produto (RIES, 2012; BLANK, 2013; RIBEIRO, 2014).

Os principais fatores que restringem o desenvolvimento de empresas *startups*, são o alto custo de obtenção do primeiro cliente e do produto errado, os longos ciclos de desenvolvimento de tecnologia, o limitado número de pessoas dispostas a assumir os riscos inerentes à fundação e trabalho em empresas *startup*, a estrutura da indústria de capital de risco, em que poucas empresas faziam altos investimentos em poucas *startups* para aumentar as chances de retornos significativos e a concentração das competências reais na criação de *startups* em apenas alguns centros, em especial nos Estados Unidos (BLANK, 2013).

FASES DE DESENVOLVIMENTO E EVOLUÇÃO DE UMA EMPRESA *STARTUP*

Diversos autores apresentam as fases de desenvolvimento de uma empresa *startup* baseadas no fluxo de caixa ou no aporte de investimentos ao longo do tempo. Freeman e

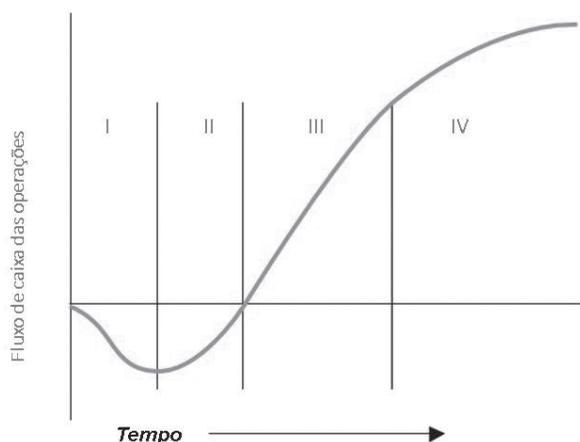


Figura 2.1. Evolução da empresa empreendedora (Fonte: Freeman & Engel, 2007)

Engel (2007) sugerem quatro períodos de desenvolvimento de uma empresa iniciante, conforme figura 2.1.

Os estágios de evolução da empresa são marcados por eventos financeiros que motivam mudanças na estrutura organizacional e na gestão das atividades da empresa, e são caracterizados como (FREEMAN & ENGEL, 2007; DORNELAS, 2008):

Fase da ideia ou Período de “Empreendedorismo puro”: definição do conceito do negócio, obtenção dos recursos financeiros que são oriundos do próprio empreendedor, família, amigos ou de capitais anjos, formação da equipe, identificação de clientes, análise da concorrência, construção do protótipo, obtenção do primeiro contrato (cliente);

Fase de início ou Período de “Foco estratégico”: conhecimento e implementação do negócio, clareza sobre o modelo de negócio, identificação de parceiros estratégicos, desenvolvimento de relacionamento com fornecedores, melhoramento do produto ou transição de um protótipo para um produto escalável, formação de uma equipe completa, levantamento de recursos próprios, a empresa já está constituída e, em geral, tem cerca de um ano de vida e o negócio ainda é considerado de alto risco;

Fase de expansão ou Período de “Construção dos

sistemas”: estabelecimento de controles financeiros, divisões no trabalho, relações de subordinação e autoridades, desenvolvimento de sistemas de controle interno, existência de sistemas operacionais (produção, terceirização, distribuição, vendas, serviços e garantias); geralmente tem de dois a três anos de existência e há necessidade de aumento de capital para acelerar o crescimento e com isso o início da entrada de investimentos de capital de risco;

Fase da consolidação ou Período da “Gestão empresarial”: abertura de capital, formalização da cultura, racionalização da estratégia; fase de expansão e consolidação do negócio e possibilidade de abertura de capital.

Considerando as abordagens apresentadas, percebe-se que os três primeiros estágios são os que de fato correspondem ao período de gestação e abertura de novas empresas e período cuja estruturação adequada é fundamental para o amadurecimento e consolidação das mesmas no mercado.

CAPITAL INTELECTUAL

O termo Capital Intelectual é definido como o conhecimento existente de uma organização que é crítico para seu sucesso e pode influenciar a vantagem competitiva de uma organização, sendo um bem intangível (MERTINS et al, 2006; STEWART, 1998) .

Mertins, Alwert & Will (2006) trazem a abordagem europeia da gestão do Capital Intelectual para pequenas e médias empresas, com adaptações à realidade brasileira, sob a forma de apresentação de lições aprendidas na implementação real do método ICS (*Intellectual Capital Statement*) em pequenas e médias empresas brasileiras do setor de óleo e gás. Pelo uso do método do ICS, é possível às pequenas e médias empresas aprender como melhor utilizar seus capitais humano, estrutural e relacional para melhorar suas próprias capacidades e assim se posicionarem de forma mais competitiva.

O projeto InCaS, Declaração do Capital Intelectual para a Europa (do inglês *Intellectual Capital Statement for Europe*) utiliza uma abordagem baseada na metodologia ICS alemã cuja diretriz descreve a estrutura e o conteúdo básico do ICS, bem como o modelo geral e o procedimento de criação do ICS. Dentro do processo de criação, a análise organizacional avalia e documenta o capital intelectual sob três dimensões: humano, relacional e estrutural.

Dentre os métodos de avaliação e gestão do capital

intelectual (CI) destaca-se o projeto alemão “*Wissensbilanz – Made in Germany*”, metodologia desenvolvida por meio de um consórcio liderado pelo Instituto Fraunhofer IPK em Berlin, na Alemanha, cuja aplicada foi voltada a pequenas e médias empresas alemãs (*Federal Ministry of Economics and Labour*, 2004) e baseada no InCaS. Mertins e Will (2009) sugerem que os resultados obtidos por meio da aplicação do método apresentam conclusões qualitativas e quantitativas sobre a relevância estratégica dos elementos do capital intelectual e suas variações, conforme o setor empresarial. Ainda segundo Mertins e Will (2009), o processo de avaliação do capital intelectual inicia-se com a visão e estratégia da organização, considerando o ambiente de negócios em que está inserida.

O Capital Intelectual pode ser dividido em três tipos (MERTINS, WILL, 2006):

- **CAPITAL HUMANO:** o capital humano refere-se ao conjunto de elementos dos recursos humanos ligados às habilidades, competências e motivação dos funcionários, sendo desta forma, uma propriedade dos mesmos, a incorporação da cultura e filosofia da empresa voltada ao atendimento;
- **CAPITAL ESTRUTURAL:** o capital estrutural abrange as estruturas e os processos da organização, que consiste nas estruturas inteligentes que são propriedade da organização, bem como sua tecnologia, invenções, dados, publicações geridos por ferramentas de gestão e processos definidos;
- **CAPITAL RELACIONAL:** o capital relacional consiste nas relações da organização com clientes, fornecedores, parceiros e a sociedade, na forma como apresenta e comercializa seus produtos e serviços e estabelece suas relações financeiras e contratuais.

Para cada um dos tipos de capital intelectual, são definidos fatores críticos que, então são avaliados, conforme as perspectivas de quantidade, qualidade e sistemática. Para Mertins e Will (2007), é fundamental a identificação dos fatores do capital intelectual, relevantes para os processos estratégicos de negócios e que agregam valor à empresa.

RELAÇÃO DAS EMPRESAS *STARTUPS* E O CAPITAL INTELECTUAL

A falta de experiência em negócios e a forte concorrência

no setor exemplificam algumas das dificuldades enfrentadas por novas empresas para sobreviver em sua fase inicial, e os fatores de sucesso dessas empresas incluem tanto os fatores tangíveis como os intangíveis (PEÑA, 2002).

Peña (2002) definiu o processo de desenvolvimento de uma empresa *startup* em período “ex-ante”, período de gestação e período de consolidação, identificando os elementos tangíveis e intangíveis de cada período. Sugere ainda que o sucesso de uma empresa *startup* pode ser, mesmo que de forma parcial, explicado pelo capital humano, pelo capital estrutural e pelos elementos de capital relacional, em que cada um desses fatores compõe os elementos intangíveis. Entre eles, as habilidades de empreendedores, o modo de tomada de decisões estratégicas, as adaptações ao mercado e a capacidade de trabalho em rede com parceiros externas.

Machado (2014) afirma que os ativos de capital intelectual desempenham um papel fundamental no crescimento e sobrevivência de novas empresas, realizando uma análise do grau de maturidade do capital intelectual em empresas *startups* incubadas e apresenta um modelo de influência do capital intelectual no sucesso de uma empresa *startup*. Um estudo realizado por Hormiga (2010), com 130 empresas *startups*, a fim de obter um melhor entendimento sobre a importância de ativos intangíveis em empresas recém-criadas, revelou que o capital humano tem forte influência no desempenho das empresas no primeiro estágio de vida.

Método da Pesquisa

A proposta metodológica desenvolvida no trabalho baseou-se em uma pesquisa exploratória de abordagem qualitativa cujo método utilizado foi a pesquisa levantamento (*survey*) buscando conhecer as expectativas das empresas *startups* quanto ao capital intelectual. A avaliação da importância do capital intelectual, nas fases de evolução das empresas *startups*, seguiu as etapas:

1. Seleção das empresas *startups* e respectivos representantes;
2. Delimitação das fases de desenvolvimento das empresas *startup*;
3. Seleção dos tipos de capital intelectual e respectivos fatores de sucesso;
4. Construção do roteiro e aplicação do questionário;

5. Análise dos dados e identificação do nível de importância do capital intelectual em cada fase de desenvolvimento.

Para esta pesquisa, o critério de seleção das empresas *startups* participantes da pesquisa foi a participação no Edital SENAI SESI de Inovação 2014, atendendo aos requisitos de faturamento anual de até R\$3,6 milhões de reais e até cinco anos de existência. As fases de desenvolvimento de uma empresa *startup* consideradas neste trabalho foram baseadas nas definições da literatura a fim de garantir o mesmo entendimento a todos os entrevistados, e a delimitação seguiu o tempo de vida das empresas, estabelecendo três fases (períodos ou estágios) de evolução:

- FASE I: 1º ano de vida da empresa (fase da ideia ou início)
- FASE II: do 2º ao 3º ano de vida da empresa (fase da prototipação, lançamento do produto)
- FASE III: do 3º ao 5º ano de vida da empresa (fase da consolidação)

Para a avaliação do capital intelectual foram consideradas as dimensões do capital humano, relacional e estrutural, com fatores de sucesso definidos na literatura por Mertins, Wang & Will (2009) e aplicados em um estudo com pequenas e médias empresas, adicionaram-se ainda dois fatores de capital humano baseados nos conceitos *Lean Startup* apresentados por Ries (2012) quanto ao sucesso de uma empresa *startup*. Foi realizado o contato com os representantes das empresas *startups*, explicado o objetivo da pesquisa e o método de avaliação. A análise foi realizada para cada um dos fatores de sucesso nas fases de desenvolvimento da empresa, de acordo com as avaliações dos empresários cujas notas podiam variar de zero a cinco, no qual a nota zero significa que o fator não tem importância na fase da vida da empresa e para a nota cinco, o fator possui extrema importância na fase da vida da *startup*.

A análise dos dados consistiu na identificação dos fatores e tipos de capital intelectual prevaletentes em cada fase de evolução da empresa, segundo a percepção do grau de importância e necessidade de existência do capital intelectual pelas empresas, sendo que os empreendedores foram orientados quanto à necessidade de avaliação nas três fases, considerando sua visão acerca

de seu momento atual, experiência em fases anteriores e perspectiva de futuro quanto à importância do capital intelectual.

A demonstração e análise dos resultados visou identificar os hiatos existentes entre as fases de evolução, permitindo assim uma avaliação da predominância do capital intelectual e as necessidades de ativos intangíveis e fatores mais importantes para as empresas *startups* ao longo de seus primeiros anos de vida, sob a ótica dos empresários.

Análise e Interpretação dos Resultados

A taxa de resposta com o retorno dos questionários preenchidos foi de 55,2%, totalizando a participação de 16 empresas. Para avaliação dos resultados, foi calculada a média, a variância e o desvio padrão populacional dos dados.

A figura 4.1 apresenta os resultados das médias de cada fator do capital intelectual nas diferentes fases. Nota-se que na fase I, há a predominância dos fatores do capital humano na avaliação dos empresários, como fatores de maior importância para a empresa no primeiro ano de vida, com destaque para o fator CH-6 “Capacidade de adaptação a mudanças”, definido como a capacidade de aprender com os erros e de ter uma reação rápida a novos rumos da estratégia do negócio, redefinindo alternativas de mudanças ágeis sem alterar a essência da empresa.

Ainda na fase I, quanto ao capital estrutural e o capital relacional, destacam-se os fatores críticos de sucesso CE-4 “Inovação de Produtos” e CR-5 “Relacionamento com parceiros de cooperação”, respectivamente. O fator “Inovação de Produtos” foi definido como as inovações significantes para o futuro da organização, caracterizadas por trazer o aprimoramento ou mudanças radicais aos produtos e/ou processos existentes e eventualmente, resultem em um pedido de patente. Já o fator “Relacionamento com parceiros de cooperação” refere-se às relações com as associações profissionais, organismos e sociedades, bem como a gestão desses relacionamentos, que compreende a aquisição conjunta de clientes, fornecedores, investidores, transferência de conhecimento em parcerias de Pesquisa & Desenvolvimento, transferência de boas práticas e atividades em rede.

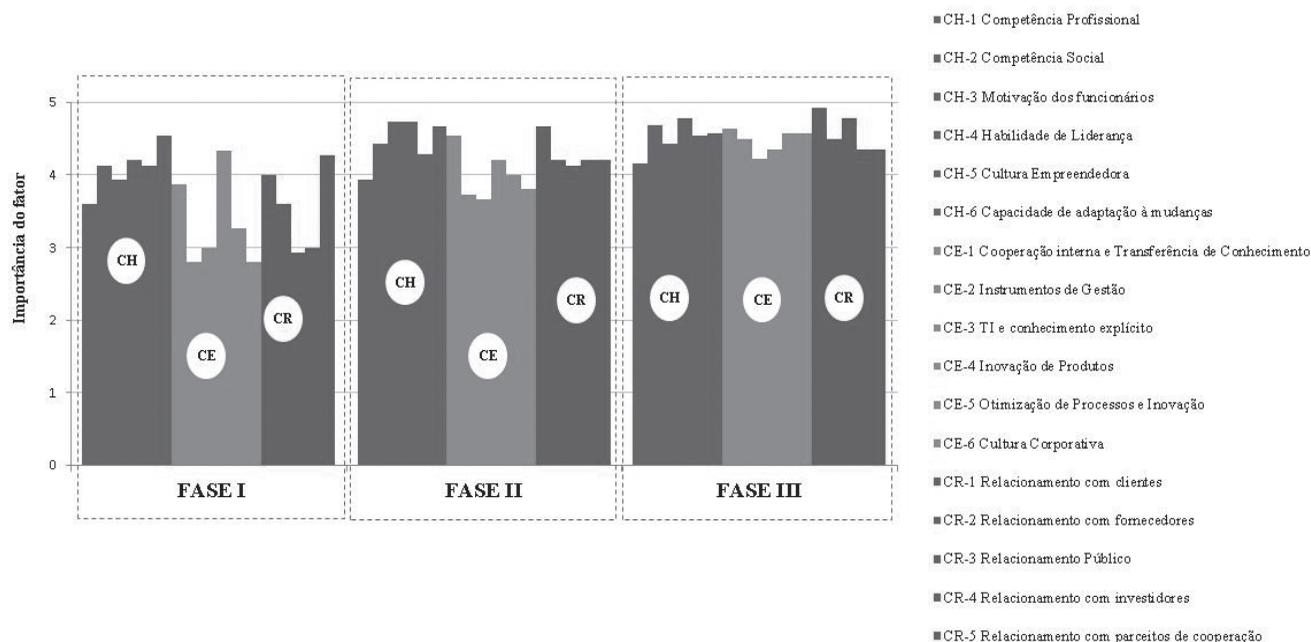


Figura 4.1. Resultados da avaliação da importância dos fatores de sucesso nas fases de evolução da *startup*. (Fonte: autores)

Na fase II, também destacam-se os fatores do capital humano, porém nota-se um aumento na importância dos fatores do capital estrutural e relacional na fase que representa o posicionamento do(s) produto(s) da empresa no mercado. Já a fase III apresenta médias de notas mais altas em todos os fatores e maior uniformidade quanto à importância das três dimensões do capital intelectual avaliadas sob a ótica dos empresários, sugerindo que esses fatores deveriam estar mais desenvolvidos na empresa, na fase em que ela inicia sua consolidação no mercado.

Em uma perspectiva diferente de apresentação dos dados, reforça-se a importância do capital humano nos cinco primeiros anos que abrangem as três fases, sem grandes variações, nas fases II e III, segundo a avaliação dos empresários. Para o capital estrutural e capital relacional nota-se que suas relevâncias são mais significativas nas fases II e III.

De acordo com os dados obtidos da avaliação dos empresários, observa-se que pelos valores de variância e desvios padrão, os resultados das fases II e III apresentam menor dispersão da população dos dados e, portanto, menor desvio em relação à média. Este resultado indica maior uniformidade nas avaliações dos empresários quanto às notas dadas para representar a importância dos fatores do capital intelectual nestas fases de vida das empresas.

Conclusões

Com a aplicação do método proposto, o objetivo foi obter um cenário para identificação de quais os tipos de capital intelectual que predominam em cada fase de evolução de uma empresa *startup* de base tecnológica, segundo a visão de empresários desse tipo de empresa. A identificação dos fatores de sucesso, mais significativos para a avaliação desse cenário, também foi considerada

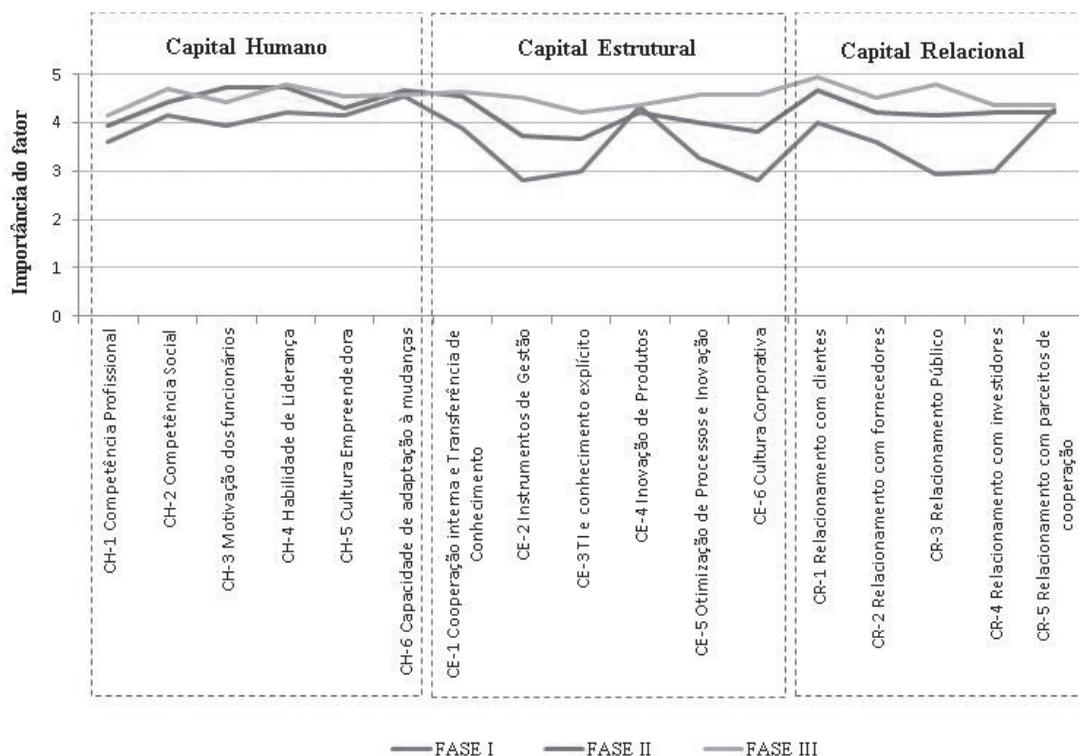


Figura 4.2. Avaliação da importância dos fatores de sucesso do capital intelectual

dentro dos resultados esperados. Esses dados são de fundamental relevância para a pesquisa, uma vez que trazem informações de como a combinação de ativos tangíveis e intangíveis e formas de desenvolvê-los podem influenciar no sucesso dessas empresas, principalmente, em seus primeiros, e mais críticos, anos de existência.

Os resultados apresentados mostram que há uma tendência de posicionar o capital humano nas duas primeiras fases da empresa como grande diferencial, desde o início do negócio, e a grande importância do capital relacional na fase III, de consolidação da empresa no mercado. O método proposto pode ser aplicado a outros cenários de empresas, bem como gerar quadros comparativos do capital intelectual por setores industriais em um mesmo tamanho de empresa.

A partir do trabalho apresentado, novos estudos para desenvolvimento do capital intelectual, baseado na identificação das necessidades observadas pelo tamanho

ou segmento do negócio, podem ser desenvolvidos, possibilitando a inserção de novos conhecimentos acerca dos ativos intangíveis como diferencial no sucesso de empresas.

Referências

1. Baum, J. A. C., Calabrese, T., Silverman, B. S. Don't go it alone: Alliance network composition and *startups'* performance in canadian biotechnology. *Strategic Management Journal* 21: 267-294, **2000**.
2. Blank, S. Why the Lean Startup changes everything. *Harvard Business Review*, v. 91. n. 5, **2013**.
3. Dornelas, J. C. A. Empreendedorismo: transformando ideias em negócios. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, **2008**.
4. Edital SENAI SESI de Inovação **2014**. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Social da Indústria. Brasília: SENAI, 2014. Disponível em <http://www.portaldaindustria.com.br/senai/iniciativas-senai/programas/edital-de-inovacao/2014/>.

5. FINEP Superintendência de Estudos e Estratégias Setoriais .
Categorização das Empresas Clientes Finep. Rio de Janeiro, 2000.
Disponível em
6. http://www.finep.gov.br/o_que_e_a_finep/conceitos_ct.asp#indiceS
7. Freeman J., Engel, J. S. Models of Innovation: *Startups* and Mature Corporations. *California Management Review*. Vol.50 n° 1. **2007**
8. Hormiga, E., Batista-Canino, R. M., Sánchez-Medina, A..
The hole of intellectual capital in the success of new ventures.
Springer. **2010**.
9. Machado, E. Modelo de Análise da Influência do Capital Intelectual no Sucesso de *Startups* Incubadas. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. **2014**.
10. Mertins, K., Alwert, K., Will, M. Measuring Intellectual Capital in European SME. *Proceedings of I-KNOW*, Austria, **2006**.
11. Mertins, K., Wang, W., Will, M. InCaS: Intellectual Capital Management in European SME - Its Strategic Relevance and the Importance of its Certification. *The Electronic Journal of Knowledge Management*. Vol 7 N° 1. **2009**. Disponível em www.ejkm.com
12. Mertins, K.; Will, M.. A Consistent Assessment of Intellectual Capital in SMEs InCaS: Intellectual Capital Statement – Made in Europe. *The Electronic Journal of Knowledge Management*. Vol 5, 4ª Ed. **2007**. Disponível em: www.ejkm.com
13. Peña, I. Intellectual capital and business start-up success. *Journal of Intellectual Capital*, v. 3, n. 2, **2002**.
14. Revista Exame. O que é uma startup? Por GITARY, Y. 2010. <http://exame.abril.com.br/pme/noticias/o-que-e-uma-startup>. Acesso em 03/04/2015
15. Ribeiro, G. O. LEAN *STARTUP*: Análise exploratória sobre sua utilização por novas empresas brasileiras. Dissertação, FGV – EASP. **2014**.
16. Ries, Eric. *A Startup Enxuta: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas*. São Paulo: Leya Brasil, **2012**
17. Stewart, T. A. *Capital Intelectual, a nova vantagem competitiva das empresas*. 11ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, **1998**.
18. Williamson, O. E. *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implication*. Free Press. **1975**

Vanessa V. P. Canhete^{1*},
Jefferson O. Gomes²,
Marcelo F. Prim¹, Juliana G.
Ulliana¹ & Germana A. B.
Zapata¹

¹SENAI Departamento Nacional, Unidade de Inovação e Tecnologia, Brasília – DF

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias. São Jose dos Campos, CEP: 12228-615, SP.

*E-mail: vcanhete@ita.br

The Generalized Reaction Rate Theories in the Systems with Power-Law Distributions

Cangtao Yin

The calculations of reaction rate are important in studying the different processes in physics, chemistry, biology, engineering etc. There exist many theories of reaction rate, such as transition state theory, collision theory, and unimolecular reaction theory. One key assumption in these theories is that thermodynamic equilibrium prevails throughout the entire system studied for all degrees of freedom. According to the Boltzmann-Gibbs statistical mechanics, a Maxwell-Boltzmann distribution whose form is exponential law holds in the whole time. This exponential law form of reaction rate is usually called Arrhenius behavior in chemistry. However, plenty of experimental results show non-Arrhenius behavior, such as power-law behavior. Besides, in reacting systems, the processes of evolution from one meta-stable state to another neighboring meta-stable state happen all the time, therefore the equilibrium assumption would be quite far-fetched. In these cases, current theories are no longer valid, and they can not even serve as a conceptual guide for understanding the critical factors that determine rates. Therefore, providing corresponding theoretical description for non-Arrhenius behavior or power-law behavior becomes urgent. In this general paper, generalized reaction rate theories with power-law distributions in the framework of nonextensive statistical mechanics were discussed based on experimental and observing facts.

Keywords: *reaction rate theory, power-law distribution, non-Arrhenius, nonextensive statistics*

Introdução

The power-law behavior in nonequilibrium systems have been found and noted prevalently in the processes such as anomalous diffusion in anomalous media [1, 2], dissipative biological systems [3, 4], folding of proteins [5], combustion processes [6], gene expressions [7], small organic molecules [8], cell reproductions [9], complex cellular networks [10] etc, which are beyond the scope of conventional reaction rate theory with Maxwell-Boltzmann distributions in equilibrium systems. In these cases, the traditional rate formulae of reaction rate theory become invalid and so need to be modified. In recent years, a new kind of statistical mechanical theory – Nonextensive Statistical Mechanics has been constructed and received great attention, which is based on the q -entropy proposed by Tsallis [11], and has very wide applications for a variety of interesting problems on systems beyond equilibrium [12]. It has become a very useful tool to approach nonequilibrium systems whose properties go beyond the realm governed by Boltzmann-Gibbs statistical mechanics. nonextensive statistical mechanics now naturally gives rise to a possibility for us to generalize the conventional reaction rate theory to nonequilibrium systems presenting the non-Arrhenius behavior, which is just the purpose in this paper.

There existing various reaction rate theories that have been developed to calculate the reaction rate. In all the traditional theories, the distribution function has always been assumed to be a Maxwell-Boltzmann distribution. This is only a good approximation in the situations when the statistical property of the system can be described by Boltzmann-Gibbs statistical mechanics. However, chemical reaction systems are generally far from thermal equilibrium and therefore the statistical properties do not exactly obey Maxwell-Boltzmann distribution. Based on nonextensive statistical mechanics, three kinds of reaction rate theories to nonequilibrium system presenting the non-Arrhenius behavior have been generalized, i.e., the generalized transition state theory, the generalized collision theory, and the generalized unimolecular reaction theory.

Fundamentals

GENERALIZED TRANSITION STATE THEORY

Among various reaction rate theories that have been developed to calculate the reaction rate, transition state theory is the most basic one [13]. Transition state theory has made it possible to obtain quick estimates for the reaction rates of a broad variety of processes in natural science and thus became a cornerstone and a core of the reaction rate theory. By generalizing the equilibrium constant and the chemical potential in the framework of nonextensive statistical mechanics, the generalized transition state theory reaction rate formula for the elementary reaction ($A + BC \rightarrow A \cdots B \cdots C \rightarrow AB + C$) taking place in the system presenting non-Arrhenius behavior was obtained under the assumption of one dimensional reaction coordinate motion [14],

$$k_{q\text{-TST}} = \omega_f \left[2 + \left(\frac{k_B T}{h \omega_f} \right)^{1-q} (Z_{\ddagger}^{\#})^{1-q} - Z_A^{1-q} - Z_{BC}^{1-q} - (1-q) \frac{\Delta \varepsilon_0}{k_B T} \right]^{\frac{1}{1-q}}, \quad (1)$$

where k is the reaction rate coefficient. q represents the statistical property of a system being at nonequilibrium stationary-state [11, 12]. TST stands for transition state theory. The system is reduced to a Maxwell-Boltzmann distribution if the q -parameter is set $q \rightarrow 1$, then the parameter $q \neq 1$ measures a distance away from the equilibrium and it is a function of the energy. ω_f is the reaction coordinate frequency (i.e. decomposition frequency of transition state), then $1/\omega_f$ is the mean lifetime of the transition state. h is Planck constant. k_B is Boltzmann constant and T is temperature. Z is a partition function. \ddagger denotes the transition state. The reaction coordinate motion can be separated from the whole motion in the transition state, therefore the whole partition function Z^{\ddagger} for the transition state can be written as $Z^{\ddagger} = Z_W^{\ddagger} Z_D^{\ddagger}$, Z_D^{\ddagger} is the transition state partition function which removed the vibration partition function Z_W^{\ddagger} . $\Delta \varepsilon_0$ is the difference of basic energies between transition state and reactants.

As expected, in the limit $q \rightarrow 1$, Eq.(1) is reduced to the standard transition state theory reaction rate formula for the elementary reaction in systems with a Maxwell-

Boltzmann distribution [15, 16].

It was found that the power-law transition state theory reaction rate formula Eq. (1) not only depends on the q -parameter, but also on the reaction coordinate frequency ω_f which does not appear in the conventional transition state theory reaction rate formula.

In addition, the tunneling correction was considered into generalized transition state theory, which could be very important for the reactions in low temperature. The power-law transition state theory reaction rate formula with the tunneling correction could be expressed as [17],

$$k_{q-TST} = \kappa_q k_{q-TST} = \frac{(2-q)\omega_f}{k_B T} \left[2 + \left(\frac{k_B T}{h\omega_f} Z_i^* \right)^{1-q} - \sum_i Z_i^{1-q} - \frac{(1-q)\Delta\varepsilon_0}{k_B T} \right]^{1-q} \left[1 - \frac{(1-q)\Delta\varepsilon_0}{k_B T} \right]^{\frac{q-2}{1-q}} \times \int_0^\infty d\varepsilon \frac{\cosh(2\alpha\zeta^{1/2}) - 1}{\cosh(2\alpha\zeta^{1/2}) + \cosh(\sqrt{4\alpha^2 - \pi^2})} \left[1 - \frac{(1-q)\varepsilon}{k_B T} \right]^{\frac{1}{1-q}} \quad (2)$$

where $\zeta = \varepsilon/\Delta\varepsilon_0$ and $\alpha = 2\pi\Delta\varepsilon_0/h\omega_f$, k is tunneling correction with Eckart barrier [18]. Z_i is the partition function of the i th reactant molecule. As expected, in the limit $q \rightarrow 1$, Eq. (2) recovers the standard form of the transition state theory reaction rate formula with tunneling correction in Boltzmann-Gibbs statistics [18, 19].

Generalized Collision Theory

The collision theory is an old and foundational reaction rate theory among all the theories calculating the reaction rate [20]. More important, analysis of the collision phenomena plays a central role in almost all investigations of structures of matters on microscopic scale. As a first step of the generalization of the collision theory rate formula to the nonequilibrium system presenting non-Arrhenius behavior, a simple system involving two gases, A and B, whose molecules behave as hard spheres characterized by the impenetrable radii R_A and R_B , was considered [21]. The collision between A and B occurs when their centers approach within a distance d_{AB} , such that $d_{AB} = R_A + R_B$. By using the nonextensive velocity distribution [22], the collision theory reaction rate for systems presenting non-Arrhenius behavior was derived, and the new collision theory can overcome the difficulties in the Lindemann-Christiansen mechanism. The collision theory reaction rate coefficient for the power-law distribution was derived by [21],

$$k_{q-CT} = \chi_q \pi d_{AB}^2 \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi\mu}} \left[1 - (1-q) \frac{\varepsilon_c}{k_B T} \right]^{1-q} \quad (3)$$

with the q -dependent parameter,

$$\chi_q = \begin{cases} \Gamma[1/(1-q)+5/2]/(1-q)^{1/2} \Gamma[1/(1-q)+3], & q < 1, \\ \Gamma[1/(q-1)-2]/(q-1)^{1/2} \Gamma[1/(q-1)-3/2], & 1 < q < 3/2. \end{cases}$$

CT means collision theory. μ is reduced mass. ε_c is the critical energy value at which the reaction occurs. As expected, when taking the limit $q \rightarrow 1$, it become the familiar form in the conventional collision theory [20].

What's more, the reaction without barrier with power-law distribution was studied in the framework of Tsallis statistics in the Gorin model [23, 24]. The reaction rate coefficient for the barrierless reaction in the system with power-law velocity q -distribution was derived as [25],

$$k_{q-RWB} = 2^{11/6} \Gamma(2/3) \sqrt{\pi/\mu} C^{1/3} (k_B T)^{1/6} K_q \quad (4)$$

with the q -dependent factor,

$$K_q = \begin{cases} (1-q)^{-1/6} \Gamma[1/(1-q)+5/2]/\Gamma[1/(1-q)+8/3], & q < 1, \\ ((q-1)^{-1/6} \Gamma[1/(q-1)-5/3]/\Gamma[1/(q-1)-3/2]), & 1 < q < 8/5. \end{cases}$$

RWB stands for reaction without barrier, C is a constant determined by the nature of the molecules.

Generalized Unimolecular Reaction Theory

Unimolecular reactions are in principle the simplest

type of chemical reactions that can occur in the gas phase since the reactions formally involve only one molecule. The unimolecular reaction theory in the gas phase is a classical topic in physical chemistry [15, 19]. The reaction rate of bimolecular reactions in high and low pressure limits should be studied respectively.

In high pressure limit, by generalizing the energy distribution function $P(E)$, the generalized unimolecular reaction theory rate formula for the nonequilibrium system presenting power-law behavior was obtained [26],

$$k_{q-\text{limit}}^{\infty} = \frac{\prod_{i=1}^s v_i}{\prod_{i=1}^{s-1} v_i^{\neq}} \left[1 - (1-q) \frac{E_0}{k_B T} \right]^{\frac{1}{1-q} + s}, \quad (5a)$$

where E_0 is the threshold energy. If there are s degrees of freedom in the reactant with frequencies v_i , there are $s-1$ degrees of freedom in the transition state with frequencies v_i^{\neq} when the reaction coordinate is excluded.

In the same way, the unimolecular reaction theory rate in the low pressure limit was also generalized in the framework of nonextensive statistical mechanics [26],

$$k_{q-\text{limit}}^0 = \frac{Z_{AM}}{(s-1)!} \begin{cases} B\left(\frac{(q-1)E_0}{k_B T + (q-1)E_0}, s, \frac{1}{q-1} - s\right) \Gamma\left(\frac{1}{q-1}\right) / \Gamma\left(\frac{1}{q-1} - s\right), & 1 < q < 1 + \frac{1}{s}, \\ B\left(\frac{(1-q)E_0}{k_B T}, s, \frac{1}{1-q} + 1\right) \Gamma\left(\frac{1}{1-q} + 1 + s\right) / \Gamma\left(\frac{1}{1-q} + 1\right), & q < 1, \end{cases} \quad (5b)$$

where Z_{AM} is the collision number between reactant molecule A and M per unit volume per unit time. (M is an inert/buffer gas, or any molecule that does not react with the molecule A, which could be A itself.) B is the upper-part incomplete Beta function [27].

It is clear that by taking the limit $q \rightarrow 1$ in both Eq. (5a) and (5b) the standard unimolecular reaction theory rate coefficient for the system with a Maxwell-Boltzmann distribution [28] can be recovered perfectly.

The new rate formulae depend strongly on the power-law parameter, in both the high and low pressure limits.

the new unimolecular reaction theory rate formula depends on the number of degrees of freedom s , which does not appear in the traditional unimolecular reaction theory formula.

Applications

In order to illustrate the application of the generalized reaction rate theories above to chemical reactions occurring in a nonequilibrium system with the power-law distributions, several typical reactions as examples were taken to testify the generalized formulae.

For generalized transition state theory, an elementary reaction process ($F + H_2$) was studied [14]. A very strong dependence of the new reaction rate coefficient on power-law parameter was shown. Then the tunneling correction was considered in generalized transition state theory and applied into $H + H_2$ reaction [17]. There are only minor differences arising due to the q -parameter between k_q and k .

The pre-exponential factors of $F + H_2$, $CO + O_2$, and $CH_3 + CH_3$ were calculated according to generalized collision theory [21]. The power-law rate coefficient in collision theory also strongly depends on the power-law parameter. Consequently, the new collision theory can overcome the difficulties in the Lindemann-Christiansen mechanism. Four barrierless reactions were taken as application examples with larger fitting q -parameters can be exactly in agreement with measurements in the experimental studies [25]. Unlike those for bimolecular and unimolecular reactions, due to the lack of barriers, the power-law rate coefficient for barrierless reactions does not have a power-law function, and thus is not very strongly dependent on the q -parameter.

Two unimolecular reactions, the dissociation of CH_3CO and the isomerization of CH_3NC , were taken as application examples to calculate their reaction rates [26]. It should be mentioned that the famous RRKM (after Rice, Ramsperger, Kassel, and Marcus) theory is in fact the high pressure limit of unimolecular reaction theory.

In a word, with different fitting q -parameters, all the rate coefficients of chemical reactions above can be calculated exactly in agreement with measurements in the experimental studies in the studied temperature ranges.

Conclusion

First, the generalized transition state theory for an elementary bimolecular reaction was studied based on the power-law nonextensive statistical mechanics theory. A generalized reaction rate formula with power-law distribution was obtained, which shows that the reaction rate not only depends on a power-law parameter but on the reaction coordinate frequency in the transition state. The example of $F + H_2$ was taken and the new theory shows a better agreement with all the experimental results. What's more, the tunneling correction was considered into generalized transition state theory mentioned above, which could be very important for the hydrogen reactions in low temperature. Similar results were given for the tunneling reaction.

Second, the collision theory was further generalized and studied. The reaction rate formula was obtained according to the assumption that the system follows the power-law distribution. The generalized collision theory can effectively overcome two important difficulties of the famous Lindemann mechanism. The pre-exponential factors of $F + H_2$, $CO + O_2$, and $CH_3 + CH_3$ were calculated. In addition, the reaction without barrier with power-law distribution was studied in the framework of Tsallis statistics.

Last but not least, the generalized unimolecular reaction theory rate was considered and discussed. The two reaction rate formulae in high pressure limit and low pressure limit were rigorously given respectively with power-law distributions. The decomposition of CH_3CO and the isomerization of CH_3NC were taken as two examples, all of which could be well described by generalized theoretical results. In sum, a great deal of work have been done to develop models of phenomenological kinetics with non-Maxwell-Boltzmann distributions and it is expected that the generalized theories may give a bright direction in the near further.

Reference

1. Lenzi, E. K., Anteneodo, C., Borland, L., Phys. Rev. E., **2001**, 63, 051109-1.
2. Zhao, J. L., Bao, J. D., Commun. Theor. Phys., **2005**, 44, 752.
3. Aquilanti, V., Mundim, K. C., Elango, M., Kleijn, S., Kasai, T., Chem. Phys. Lett., **2010**, 498, 209.
4. Silva, V. H. C., Aquilanti, V., de Oliveira, H. C. B., Mundim, K. C., Chem. Phys. Lett., **2013**, 590, 201.
5. Frauenfelder, H., Sligar, S. G., Wolynes, P. G., Science, **1991**, 254, 1598.
6. Skokov, V. N., Reshetnikov, A. V., Koverda, V. P., Vinogradov, A. V., Physica A, **2001**, 293, 1.
7. Furusawa, C., Kaneko, K., Phys. Rev. Lett., **2003**, 90, 088102.
8. Benz, R. W., Swamidass, S. J., Baldi, P., J. Chem. Inf. Model, **2008**, 48, 1138.
9. Kaneko, K., Orig. Life Evol. Biosph., **2007**, 37, 449.
10. Nacher, J. C., Akutsu, T., Cell. Biochem. Biophys., **2007**, 49, 37.
11. Tsallis, C., J. Stat. Phys., **1988**, 52, 479.
12. Tsallis, C., Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics: Approaching a Complex World, New York: Springer, **2009**.
13. Pollak, E., Talkner, P., Chaos, **2005**, 15, 026116.
14. Yin, C. T., Du, J. L., Physica A, **2014**, 395, 416.
15. Hanggi, P., Talkner, P., Borkovec, M., Rev. Modern Phys., **1990**, 62, 251.
16. Hu, Y., Lv, R., Liu, G., Hei, E., Physical Chemistry, 5th ed., Higher Education Press, Beijing, **2007**.
17. Yin, C. T., Zhou, Y. J., Du, J. L., Physica A, **2014**, 413, 294.
18. Bell, R. P., The Tunnel Effect in Chemistry, Chapman & Hall, London, New York, **1980**.
19. Henriksen, N. E., Hansen, F. Y., Theories of Molecular Reaction Dynamics: The Microscopic Foundation of Chemical Kinetics, Oxford University Press, New York, **2008**.
20. Arnaut, L., Formosinho, S., Burrows, H., Chemical Kinetics: From Molecular Structure to Chemical Reactivity, Elsevier, **2007**.
21. Yin, C. T., Du, J. L., Physica A, **2014**, 407, 119.
22. Silva, R., Plastino, A.R., Lima, J.A.S., Phys. Lett. A, **1998**, 249, 401.
23. Truhlar, D. G., Garrett, B. C., Klippenstein, S. J., J. Phys. Chem., **1996**, 100, 12771.
24. Fernandez-Ramos, A., Miller, J. A., Klippenstein, S. J., Truhlar, D. G., Chem. Rev., **2006**, 106 4518.
25. Yin, C. T., Du, J. L., J. Stat. Mech. **2014**, P07012.
26. Yin, C. T., Guo, R., Du, J. L., Physica A, **2014**, 408, 85.
27. Mathai, A. M., Haubold, H. J., Special Functions for Applied Scientists, Springer, New York, **2008**.
28. , N. J. B., Comprehensive Chemical Kinetics, Elsevier, **2003**.

Cangtao Yin*

Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, Brazil.

*Email: ctyin1986@gmail.com

Applications of Kramers Escape Rate Theory With Power-Law Distributions

Yanjun Zhou

Kramers escape rate theory is the most important one of modern reaction rate theories. However, one key assumption of the theory that thermodynamic equilibrium must prevail throughout the entire system studied is farfetched for open complex systems. Thereby, Kramers escape rates are generalized to describe rates of reactions in nonequilibrium systems with power-law distributions. Kramers escape rates in the very low damping systems, in overdamped systems and in the low-to-intermediate damping (LID) systems are investigated and the corresponding escape rates are obtained respectively on the basis of nonextensive statistics. When apply to biological, physical and chemical systems in each damping systems, these generalized escape rates with power-law distribution show a better agreement with experimental rates as compared with the traditional Kramers escape rates. It is expected that the generalized result can lead to an insight into the research on reaction rate theory for nonequilibrium complex systems with power-law distributions.

Keywords: Kramers escape rate theory; Power-law distribution

Introdução

Kramers escape rate theory, a theoretical reaction model, which describes the thermal escape of a Brownian particle out of a metastable well, has been got high interests in biology, physics and chemistry [1,2] etc. In 1940, Kramers realized a very unsatisfactory feature of the transition state theory (TST), whose escape rate is in contradiction to the fluctuation-dissipation theorem. So he defined a prefactor μ to remedy this defect [3]. He yielded three explicit formulas of μ for the escape rate in a very low damping, intermediate and overdamped cases respectively according to different dissipative coupling to the bath. His outstanding results point new ways to understand the dynamic features of systems.

When Brownian particles move in different damping media, Kramers postulated that the systems can be thermal equilibrium both in the reaction state and product state, a Maxwell-Boltzmann (MB) distribution always holds in the whole time, and any disturbance to the MB distribution can almost be negligible [3]. Under this key assumption, the escape rates in different damping systems are obtained. However, the assumption is unsatisfying in open complex systems. Nonequilibrium is the main feature for open complex systems. As a matter of fact, lots of experimental observations on complex systems have shown non-MB distributions or power-law distributions, such as folding of proteins [4], trapped ion reactions [5], chemical kinetics, and biological and ecological population dynamics [6, 7], reaction-diffusion processes [8], chemical reactions [9], astrophysical and space plasmas [10], etc. The forms of such power-law distributions in various systems include the generalized Lorentzian distributions in the solar wind and space plasmas [11, 12], the q -distributions in complex systems within nonextensive statistical mechanics [13], and α -distributions appeared in physics, chemistry and elsewhere like $P(E) \sim E^{-\alpha}$ with an index $\alpha > 0$ [5, 8, 9]. These power-law distributions may lead to anomalous processes different from those in the realm governed by Boltzmann-Gibbs statistics with MB distribution. At the same time, a class of statistical mechanical theories studying the power-law distributions in complex systems has been constructed, for instance, by generalizing Boltzmann entropy to Tsallis entropy

[13], by generalizing Gibbsian theory [14] to a system away from thermal equilibrium, and so forth. Therefore, Kramers escape rate can be reconsidered under the condition of power-law distributions in complex systems.

Fundamentals

There are two main theories to calculate the escape rate constants k , one is the first passage time theory [15, 16] and the other is flux over population theory [3, 16]. The first passage time is the first time that the particles leave the boundary of V . Because of the noise, even the same initial positions will lead to different first passage times, hence the mean first passage time (MFPT) is introduced. If initial positions of the particles are located in the reactant domain, and the finite space V is the domain for the reaction, then the transition from the reactant to the boundary may be characterized by a rate which is simply determined by the inverse MFPT, i.e. $k=1/\tau$ in very low damping and $k=1/2\tau$ in high damping. Suppose the particle has the initial position x_0 or position x_0 and momentum p_0 , and locates in the finite space V with absorbing boundary. If $P(x,t)$ or $P(x,p,t)$ is the probability distribution that has not left by time t , then it satisfies the Smoluchowski equation in overdamped system and Klein-Kramers equation in a very low and intermediate damping systems. The corresponding initial conditions and absorbing boundary conditions are $P(x,0)=\delta(x-x_0)$, $P(x,t)=0$ on ∂V and $P(x,p,0)=\delta(x-x_0) \delta(p-p_0)$, $P(x,p,t)=0$ on ∂V . Introducing the Fokker-Planck operator and adjoint operator, operating on the MFPT with it and doing the time integral, the MFPT is then determined by correspondingly solving the inhomogeneous adjoint equation [3, 16],

$$\frac{p}{m} \frac{\partial \tau(x,p)}{\partial x} - \left(\frac{dU}{dx} + \gamma p \right) \frac{\partial \tau(x,p)}{\partial p} + \frac{\partial}{\partial p} \left(D \frac{\partial}{\partial p} \tau(x,p) \right) = -1, \quad (1a)$$

$$\tau(x,p) = 0 \text{ on } \partial V, \quad (1b)$$

$$-(m\gamma)^{-1} \frac{dU}{dx} \frac{\partial \tau(x)}{\partial x} + (m\gamma)^{-1} \frac{\partial}{\partial x} D(x) \frac{\partial \tau(x)}{\partial x} = -1, \quad (2a)$$

$$\tau(x) = 0 \text{ on } \partial V, \quad (2b)$$

where m is the mass of the particle, U is a potential field, γ is the friction coefficient, D is the diffusion coefficient. Eqs. (1a)-(2b) are the starting point of the calculations of escape rate constants. For the flux over population theory, if the steady-state current J and the (nonequilibrium) population inside the initial domain n are got, the rate of escape k is then given by the ratio $k = J/n$.

In very low damping systems, Brownian force causes only a tiny perturbation in the undamped energy during one oscillation in the well, therefore the energy is a slowly varying quantity and the phase a fast-varying quantity. So the original Klein-Kramers equation in the canonical variables (x, p) can be written as a diffusion equation in the energy (E) and phase (w). Average the density over the fast phase variable, and an energy diffusion equation in the slow (almost conserved) energy variable is obtained [3]. The chain rule is used to transform Eq. (1a) into the functions of the energy E and the phase w , average the Eq. (1a) over the phase w and utilize the definition of the time average and action I , i.e., then Eq. (1a) becomes,

$$\left(\frac{I}{mI'} \frac{\partial D}{\partial E} - \gamma(E) \frac{I}{I'} + \frac{D}{m} \right) \frac{\partial \tau(E)}{\partial E} + D(E) \frac{I}{mI'} \frac{\partial^2 \tau(E)}{\partial E^2} = -1, \quad (3)$$

where . Eq. (3) is the general energy-diffusion equation of the MFPT or escape rate constant in very low damping system which can both describe the thermal equilibrium and nonequilibrium systems. For intermediate and high damping systems, the rate constants can be got directly by solving Eq. (1) and (2) with absorbing boundary conditions.

Applications

In the very low damping system, generalized fluctuation-dissipation relation [17] is $D = m\gamma\beta^{-1}(1 - \kappa\gamma\beta E)$, where $\beta = 1/k_B T$, k_B is the Boltzmann constant, T is the temperature, κ is a parameter and $\kappa \neq 0$ measures a distance away from thermal equilibrium. The solution to Eq. (3) is

$$k^{-1} = \tau(E) = \int_{E'}^E \frac{\beta}{E' \gamma(E') (1 - \kappa\beta E')^{(1+\kappa)/\kappa}} \int_0^{E'} dE'' (1 - \kappa\beta E'')^{1/\kappa}, \quad (4)$$

and this generalized result can well apply to the Josephson junction. The Josephson junction consists of two superconductors coupled by a weak link and it has received much attention in both theory and experiment [3, 18-20]. At temperatures sufficiently close to the transition temperature, thermal fluctuations can disrupt the coupling of the phases of the order parameters of two superconductors separated by a thin insulating barrier. The Josephson current thereby acquires a noise voltage with a nonzero average value [20]. Generation of a noise voltage with a nonzero average value can be considered that a Brownian particle performing its motion in a potential energy with the damping coefficient and the random force escapes from a metastable state, so it can be directly treated by Kramers escape theory. Since the escape process is stochastic and the bias current of each escape is also stochastic, which result in the distribution function $f(I)$ measured in the experiments. According to the relationship between the distribution function and MFPT [19], the MFPT can be indirectly obtained and testified [21]. Since $\kappa \neq 0$ reflects influence of the environment on the system, $\kappa < 0$ and $\kappa > 0$ stand for stronger and weaker influence from the environment, which are analogous to superdiffusive effect and subdiffusive effect in nonlinear diffusive media, so κ may be considered as an anomalous escape factor.

In the low to intermediate damping (LID) system, the escape rate is obtained based on the flux over population theory [22],

$$k = \frac{\gamma_c I_c \beta (1 - \kappa) (\kappa + 1) \left[\sqrt{1 + \frac{4\alpha(1 - \kappa\beta E_c)}{I_c \gamma_c \beta}} - 1 \right]}{\sqrt{1 + \frac{4\alpha(1 - \kappa\beta E_c)}{I_c \gamma_c \beta} + 2(1 - \kappa)(1 - \kappa\beta E_c) - 1}} k_{\kappa=0}, \quad (5)$$

where γ_c and I_c are the friction coefficient and action in the saddle point, factor α is a constant of order unit and k_{k-TST} is the TST rate with power-law distribution [23]. Then we apply our result to the experiment. K.Hara et al. [24] studied the Kramers turnover behavior for the excited-state isomerization of 2-alkenylanthracene in alkane at the high pressure. The experimental material was 2-(2-propenyl) anthracene (22PA), synthesized using the method of Stolka et al. [25] and purified by TLC. Steady-state and time-resolved fluorescence spectra in supercritical (SC) ethane (99.95%) and SC CO₂ (99.999%) were measured at 323 K and at pressures up to 15.1 and 17.4 MPa respectively [24]. The interaction (i.e. dynamic solvent effect) between the solute and solvent is studied and the consequence can be well explained by our LID result. Parameters we adopt in the Eq. (5) keep the same with the experimental data [24]. At the turning point, our result $k/k_{TST}=0.64$ with the power-law parameter $\kappa=0.28$ agrees with the experimental turning point value $\kappa_{max}=0.64$. So, it is concluded that our theory represents excellently the experimental result compared to the traditional theory.

In the overdamped system, the escape rate k is [26],

$$k = \frac{1}{2\tau(x)} = \frac{1}{2m\gamma \int_x^b dy e^{\phi(y)} / D(y) \int_a^y dz e^{-\phi(z)}}, \quad (6)$$

where $\phi = -\ln(1-\kappa\beta U)^{1/\kappa}$. There exist plenty of real systems describing the very high damping condition, such as single-molecule pulling experiments in biology [27-29]. The pulling of molecular can be considered as an escape process of crossing the barrier. Since the escape process is stochastic and the external force of each escape is also stochastic, which result in the distribution function $f(F)$ measured in the experiment. According to the relationship between $f(F)$ and escape rate k [28,19] as well as the k and k_0 (the intrinsic rate in the absence of external forces), other parameters by fitting the observed distribution function $f(F)$ are obtained, such as k_0 , the transition state position etc. In the pulling experiment of

unfolding of titin, the material is a recombinant construct of 8 tethered I27 titin molecules, and the unfolding of multiple covalently linked proteins can be treated as the unfolding of a single protein with an average effective pulling spring constant. The apparent rate is roughly between one and eight times than the intrinsic rate k_0 of a single titin, and the specific value of k_0 is confirmed according to the rupture event of molecules in the experiment [29]. We take experimental parameters into Eq. (6) and get that the theoretical result of k_0 has a good agreement with the experimental one when power-law parameter κ adopts a specific value. Thereby, we show an expected result obtained by our generalized expression of the escape rate.

Conclusion

It should be noticed that nonextensive statistics is the first, but probably not the only, new possible classical statistics for nonextensive systems. Nonextensive systems may obey another statistics other than that of BG or Tsallis, depending on the nature of their underlying dynamics. According to the present studies, nonextensive statistics has been proved to be very useful for the variety nonequilibrium and nonextensive systems and can represent different complex phenomena. Further developments and applications of nonextensive statistics have been continuing.

Based on the nonextensive statistics, we have derived the generalized expressions of the escape rate constants in three different damping systems with power-law distributions according to the MFPT theory and flux over population theory and apply them into different domains. The new results have been proved that our theoretical rates with power-law distribution show good conformity with experimental ones. The advantage of our result with power-law distributions lies in its theoretical foundations and physical meanings, so it is expected that the generalized results can lead to an insight into the research on reaction rate theory for nonequilibrium complex systems with power-law distributions and have wide applications in the further.

Reference

1. Gardiner, C. W., Handbooks of stochastic methods for physics,

- chemistry and the Natural Sciences, Springer, **2004**.
2. Chatterjee, D., Cherayil, B. J., *J. Chem. Phys.* **2010**, 132, 025103.
 3. Coffey, W. T., Kalmykov, Y. P., Waldron, J. T., *The Langevin Equation: With Applications to Stochastic Problems in Physics Chemistry and Electrical Engineering*, Singapore: World Scientific, **2004**.
 4. Frauenfelder, H., Sligar, S. G. Wolynes, P. G., *Science*, **1991**, 254, 1598.
 5. DeVoe, R. G., *Phys. Rev. Lett.*, **2009**, 102, 063001.
 6. Aquilanti, V., Mundim, K. C., Elango, M., Kleijn, S., Kasai, T., *Chem. Phys. Lett.*, **2010**, 498, 209.
 7. Niven, R. K., *Chem.Eng.Sci.*, **2006**, 61, 3785.
 8. Gallos, L. K., Argyrakis, P., *Phys. Rev. E.*, **2005**, 72, 017101.
 9. Claycomb, J. R., Nawarathna, D., Vajrala, V., Miller, J. H. Jr, *J. Chem. Phys.* **2004**, 121, 12428.
 10. Scudder, J. D., *Astrophys. J.*, **1994**, 427, 446.
 11. Treumann, R. A., Jaroschek, C. H. Scholer, M., *Phys. Plasmas*, **2004**, 11, 1317.
 12. Collier, M. R., Roberts, A., Vinas, A., *Adv. Space Res.* **2008**, 41, 1704.
 13. Tsallis, C., *Introduction to Nonextensive Statistical Mechanics: Approaching a Complex World*, New York: Springer, **2009**.
 14. Treumann, R. A. Jaroschek, C. H., *Phys.Rev.Lett.*, **2008**, 100, 155005.
 15. Zwanzig, R., *Nonequilibrium Statistical Mechanics*, Oxford University Press, New York, **2001**.
 16. Hanggi, P., Talkner, P., Borkovec, M., *Rev. Mod. Phys.* **1990**, 62, 251.
 17. Du, J. L., *J. Stat. Mech.*, **2012**, P02006.
 18. Mazo, J. J., Naranjo, F, Zueco, D., *Phys. Rev. B.*, **2010**, 82, 094505.
 19. Barone, A., Cristiano, R., Silvestrini, P., *J. Appl. Phys.*, **1985**, 58, 3822.
 20. Ambegaokar, V., Halperin, B. I., *Phys. Rev. Lett.*, **1969**, 22, 1326.
 21. Zhou, Y. J., Du, J. L., *J. Stat.Mech.*, **2013**, P11005.
 22. Zhou, Y. J., Du, J. L., *Physica A*, **2014**, 403, 244.
 23. Du, J. L., *Physica A*, **2012**, 391, 1718.
 24. Hara, K., Ito, N., Kajimoto, O., *J. Chem. Phys.*, **1999**, 110, 1662.
 25. Stolka, M., Yanus, J. F., Pearson, J. M., *Macromolecules*, **1976**, 9, 710.
 26. Zhou, Y. J., Du, J. L., *Physica A*, **2014**, 402, 299.
 27. Luccioli, S., Imperato, A., Mitternacht, S., Irbäck, A., Torcini, A., *Phys. Rev. E.*, **2010**, 81, 010902(R).
 28. Dudko, O. K., Hummer, G., Szabo, A., *Phys. Rev. Lett.*, **2006**, 96, 108101.
 29. Hummer, G., Szabo, A., *Biophys. J.*, **2003**, 85, 5.

Yanjun Zhou*

Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Brazil

*Email: yanjunzhou@aliyun.com

O Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Introdução

Este artigo tem por objetivo apresentar o MPEP (Mestrado Profissional em Produção, www.mpep.ita.br) do ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica, www.ita.br), particularmente em sua edição mais recente, que teve início em 2012 e foi estabelecida através de uma parceria com o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, www.senai.br).

A seção II é dedicada a um breve histórico do MPEP que, como será visto, teve sua primeira edição entre 2003 e 2006. A seção III apresenta detalhes técnicos do programa, descrevendo as hipóteses de trabalho de parte a parte (ITA e SENAI), os processos de seleção e de nivelamento e os módulos didáticos e de pesquisa que o compõem. A seção IV é dedicada à apresentação de algumas estatísticas relacionadas às três turmas de alunos que já concluíram ou estão cursando o MPEP e à discussão da taxa de sucesso do programa (razão entre o número de concluintes e número de iniciantes). A seção V compila extratos de depoimentos voluntários de ex-alunos que concluíram com sucesso o MPEP e, finalmente, a seção VI é dedicada a considerações a respeito da continuidade do programa.

Breve Histórico

Em meados de 2011, o Professor Jefferson de Oliveira Gomes, da Divisão de Engenharia Mecânica do ITA, foi convidado a assumir o cargo de Gerente Executivo do Departamento Nacional do SENAI para Tecnologia e Inovação.

No exercício dessa sua nova função, o Professor Jefferson percebeu que os profissionais dos IST (Instituto SENAI de Tecnologia) e dos ISI (Instituto SENAI de Inovação) poderiam se beneficiar bastante da formação oferecida pelo MPEP, um mestrado profissional (*stricto sensu*) oferecido pelo ITA dentro do curso de pós-graduação de Engenharia Aeronáutica e Mecânica.

Criado em 2003, no âmbito de uma parceria entre o ITA e a Pilkington, empresa multinacional que atua na área de produção de vidros, o MPEP tinha por objetivo capacitar profissionais graduados em engenharia ou ciências exatas interessados em se especializar nos ramos da engenharia de produção com ênfase em métodos quantitativos aplicados aos processos industriais.

O MPEP funcionara entre 2003 e 2006, quando deixou de receber novas turmas uma vez que ele havia sido concebido para ser oferecido exclusivamente aos profissionais da Pilkington e a empresa entendeu que já havia graduado pessoal interno em quantidade suficiente para seus propósitos.

Em 2012, o Professor Jefferson procurou pelo Professor Flávio Mendes Neto, da Divisão de Engenharia Civil do ITA, que havia sido o Coordenador Executivo do MPEP entre 2003 e 2006, e propôs a ele a ideia de reedição do curso para profissionais do SENAI. Essa reedição passaria por uma revisão completa (disciplinas, ementas, carga horária, créditos etc.), mas manteria os fundamentos e o objetivo, notadamente o de continuar a ser um Mestrado Profissional *stricto sensu*, i.e., capaz de conceder titulação reconhecida pela CAPES

(Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), agência do MEC (Ministério da Educação) responsável pelo credenciamento, acompanhamento e avaliação dos cursos de pós-graduação em todo o Brasil.

O MPEP em sua Edição em Parceria com o Senai

FUNDAMENTOS

As Turmas MPEP formadas em parceria com o SENAI são basicamente compostas por graduados em engenharia e ciências exatas em geral e têm cerca de 30 (trinta) participantes.

A maioria das aulas ocorre em Brasília e o restante no ITA podendo, eventualmente, ocorrer em algum outro local decidido em comum acordo entre o SENAI e o ITA. Da mesma forma, o cronograma de atividades também é estabelecido em comum acordo entre as partes. Cumpre destacar que esta é a primeira iniciativa do ITA em oferecer um curso fora de sua única sede, em São José dos Campos, e ela vem sendo considerada internamente, no instituto, mais um caso de sucesso, tanto operacional quanto em termos de consecução de objetivos.

Os requisitos acadêmicos mínimos para o programa são 21 créditos obtidos em disciplinas cursadas com aproveitamento e frequência, publicação de pelo menos um artigo técnico científico em revistas indexadas ou eventos nacionais ou internacionais, demonstração de proficiência em Língua Inglesa, aprovação em Exame de Qualificação, realização de um estágio de imersão na fase final de confecção da dissertação e aprovação da Dissertação de Mestrado, defendida publicamente, perante banca examinadora, no ITA em São José dos Campos, SP.

Com duração máxima prevista de 24 meses, o curso está organizado em semestres acadêmicos (em geral dois semestres acadêmicos por ano e quatro disciplinas por semestre acadêmico).

Os créditos referentes às disciplinas devem ser obtidos em três semestres. Até o terceiro semestre são feitas as designações orientador/orientado e o aluno começa a se dedicar às atividades objetivando a confecção, a documentação e a defesa da Dissertação de Mestrado.

É hipótese do MPEP que cada aluno tenha, de seu

empregador em geral e de sua gerência imediata em particular, um real comprometimento traduzido em liberação parcial ou total das atividades profissionais para assistir às aulas e para se dedicar aos estudos, às séries de exercícios, aos trabalhos, à publicação de artigo técnico-científico e, também, à confecção de sua dissertação. Os interesses do SENAI podem e devem ser incorporados aos temas das dissertações dos alunos.

SELEÇÃO E NIVELAMENTO

Os candidatos são indicados pelo SENAI por avaliação curricular, apreciação de duas cartas de recomendação e uma prova concebida para avaliar a capacidade lógica e matemática no estilo GMAT (*Graduate Management Admission Test*).

Com 50% das questões em português e 50% em inglês, essa prova é confeccionada e corrigida por docentes do ITA e aplicada por pessoal do SENAI (nível superior) em sua sede em Brasília e, simultaneamente, com recursos e gravação em vídeo conferência, em diversos outros Departamentos Regionais do SENAI, tudo sob supervisão de docentes do ITA. A prova é eliminatória e o candidato deve ter nota mínima igual ou superior a 5 (cinco) numa escala de 0 (zero) a 10 (dez).

O curso tem início com um nivelamento do conhecimento dos alunos versando sobre tópicos básicos de Álgebra Linear e Cálculo Diferencial e Integral, assuntos fundamentais para um bom entendimento dos conceitos teóricos e práticos apresentados e discutidos nas várias disciplinas do curso.

OS MÓDULOS

A seguir são apresentadas as programações das disciplinas dentro dos módulos que têm a duração aproximada de um semestre acadêmico.

Cada disciplina com a duração de 40 horas-aula cursada com aproveitamento e frequência satisfatórios (nota mínima de 6,5 na escala de zero a dez e presença em no mínimo 85% das aulas) vale até dois créditos e meio (2,5), a menos de informação explicitamente diferente.

O conjunto de disciplinas é validado na contagem de créditos quando, considerando as disciplinas cursadas com aproveitamento e frequência satisfatórios, a média geral mínima for de 7,5 na escala de zero a dez.

Há atividade de monitoria/tutoria durante os períodos

letivos objetivando um acompanhamento detalhado do desempenho individual e da turma como um todo. Este acompanhamento pode ser realizado à distância e pode contar com a participação de tutores selecionados no corpo docente ou discente (com preferência pelos alunos de doutoramento) do ITA.

Módulo 1: Quatro disciplinas presenciais e uma não presencial:

- Fundamentos de Tratamento de Incertezas;
- Desenvolvimento Integrado de Produto;
- Estruturação de Problemas;
- Otimização e
- Metodologia do Trabalho Científico (1,5 crédito, disciplina não presencial).

Módulo 2: Quatro disciplinas presenciais:

- Identificação, Modelagem e Análise de Processos;
- Processo Decisório nas Organizações;
- Modelos de Previsão e
- Gerenciamento da Inovação Tecnológica.

Módulo 3: Três disciplinas presenciais:

- Gestão de Operações;
- Desenvolvimento Enxuto de Produtos e
- Simulação.

Módulo 4: Uma disciplina de acompanhamento presencial integrada com estágio:

- Dissertação de Mestrado (1 crédito, contabilizado uma única vez) e
- Estágio de imersão (4 semanas de atividades no ITA, direcionadas à dissertação).

Das Turmas e da Taxa de Sucesso

TURMA 1

A primeira turma (Turma 1) do MPEP em parceria com

o SENAI iniciou as aulas no segundo semestre de 2012.

Essa turma era composta por 31 alunos que eram profissionais do SENAI baseados em 13 distintas UF (Unidades da Federação), a saber: Amazonas, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Quanto à formação, a turma era composta por 18 bacharéis em engenharia (em diferentes modalidades), seis profissionais com bacharelado e/ou licenciatura em diferentes áreas das ciências, seis tecnólogos (em diferentes modalidades) e uma médica veterinária.

As dissertações foram orientadas por sete docentes do ITA (Arnoldo Souza Cabral, Jefferson de Oliveira Gomes, Deborah Dibbern Brunelli, Lígia Maria Soto Urbina, Luís Gonzaga Trabasso, Mischel Carmen Neyra Belderrain e Rodrigo Arnaldo Scarpel) que, numa prática comum da pós-graduação do instituto, contaram com a co-orientação de sete profissionais externos ao ITA (Carlos Fernando Martins, Fernando Ribeiro de Melo Nunes, José Evaristo Gonçalves, Marcelo Prim, Marcos Antonio Coelho Berton, Ricardo Marques Dutra, Rosele de Felipe Wittée Neetzow e Viviane Gaspar Ribas El Marghani).

Todos os 31 alunos (100%) que haviam iniciado o curso defenderam suas dissertações com sucesso e assim concluíram o curso, obtendo o diploma de Mestre em Engenharia no Curso de Mestrado Profissional em Produção do ITA.

TURMA 2

Em 2013, a Turma 2 iniciou suas atividades novamente com 31 alunos também baseados em 13 distintas UF, a saber: Amazonas, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

A turma era composta por 19 bacharéis em engenharia, seis profissionais com bacharelado e/ou licenciatura em diferentes áreas das ciências e seis tecnólogos.

As dissertações foram orientadas por nove docentes do ITA (Armando Zeferino Milioni, Arnoldo Souza Cabral, Carlos Henrique Costa Ribeiro, Jefferson de Oliveira Gomes, Juliana de Melo Bezerra, Lígia

Maria Soto Urbina, Luís Gonzaga Trabasso, Mischel Carmen Neyra Belderrain e Rodrigo Arnaldo Scarpel) que contaram com a co-orientação de três profissionais externos ao ITA (Alvaro Guedes Soares, Joner Oliveira Alves e Marcelo Prim).

Dos 31 alunos que haviam iniciado o curso, 25 (81%) defenderam suas dissertações com sucesso, assim obtendo o diploma de Mestre em Engenharia no Curso de Mestrado Profissional em Produção do ITA. Todas as dissertações foram defendidas ao longo do segundo semestre de 2015.

TURMA 3

A Turma 3, ora em curso (o início das atividades se deu em 2014), iniciou com 28 alunos baseados em 13 distintas UF, a saber: Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo).

A turma é composta por 18 bacharéis em engenharia (em diferentes modalidades), quatro profissionais com bacharelado e/ou licenciatura em diferentes áreas das ciências, quatro bacharéis em administração ou economia e dois tecnólogos.

As designações orientador/orientado ainda estão sendo feitas e a previsão é a de que as dissertações sejam defendidas ao longo do segundo semestre de 2016.

DA TAXA DE SUCESSO

Considerando as Turmas 1 e 2 agregadas, 62 alunos iniciaram o MPEP e 56 o concluíram, obtendo a titulação final. Isso corresponde a uma taxa de sucesso de 92%, um número que pode ser considerado surpreendentemente elevado por aqueles que conhecem as estatísticas semelhantes nos meios acadêmicos nacionais, inclusive aquelas relacionados a mestrados profissionais.

Parte desse sucesso talvez possa ser creditado ao processo de acompanhamento constante dos alunos por parte dos docentes e da coordenação do MPEP.

Esse acompanhamento se enfatiza justamente no momento em que os alunos iniciam seus esforços na elaboração de suas dissertações, haja vista o Estágio de Imersão, que prevê que os alunos passem quatro semanas integrais no ITA, dedicados exclusivamente

a atividades direcionadas à dissertação, e a disciplina Dissertação de Mestrado, a qual, embora contabilizando apenas um crédito, contribui significativamente na apresentação aos alunos das melhores práticas na elaboração de uma dissertação de mestrado, da escolha do tema e do orientador à defesa final, passando pela preparação para o exame de qualificação e pelo estilo técnico da redação.

Cumprido salientar, ainda, a preocupação com os aspectos formais e científicos da grade, com a prova de seleção, a disciplina de nivelamento e a disciplina de Metodologia do Trabalho Científico, que discute as exigências éticas, científicas e acadêmicas que serão requeridas e observadas nos trabalhos, provas, artigos e dissertações produzidos pelos mestrandos.

Esta taxa de sucesso também pode ser explicada pela inclusão de requisitos que, na pós-graduação em geral, são mais comuns nos cursos de doutorado, a saber: a publicação de artigo técnico-científico e o Exame de Qualificação, que serve como balizador e um eventual modelador de realinhamentos tempestivos necessários à dissertação.

DEPOIMENTOS

Dos 31 alunos da Turma 1, 14 ofereceram voluntariamente seus depoimentos a respeito do MPEP. Exercício semelhante de coleta de depoimentos dos alunos da Turma 2 ainda está em fase inicial de execução.

Os textos completos dos depoimentos dos alunos da Turma 1 podem ser encontrados em www.mpep.ita.br. Seguem alguns trechos curtos extraídos dos depoimentos desses alunos.

Álvaro Diaz Marques, do Setor de Eficiência Energética do SENAI do Espírito Santo destacou que “Poder vivenciar um ambiente do nível do ITA foi um marco em meu desenvolvimento profissional e pessoal”.

Alysson Andrade Amorim, do SENAI do Ceará, lembrou que o MPEP lhe proporcionou “a oportunidade de complementar meus conhecimentos técnicos aos processos de fabricação, materiais, termodinâmica, metrologia etc., dentro de uma visão gerencial mais consistente e confiável”.

Carlos Alberto Pereira Coelho, da Gerência de Inovação e de Tecnologia considerou o MPEP um

investimento “garantido e seguro” e destacou que o Curso lhe proporcionou ensinamentos “com aplicações diretas nas minhas atividades profissionais na área da inovação tecnológica”.

Fábio Pires, da Unitec/DN, enfatizou que o MPEP lhe ajudou na criação de “uma rede com pessoas comprometidas com o desenvolvimento tecnológico no Brasil”.

Fabrcio Liberali Campana, da Gerência de Inovação e Tecnologia, do SENAI do Rio Grande do Sul, viu importância no fato de que o MPEP ter sido focado no aprendizado de técnicas aplicáveis “em situações reais da rotina diária, contribuindo com o desenvolvimento institucional do SENAI, apresentando resultados tangíveis e intangíveis para a empresa e profissionais envolvidos”.

Júlio Augusto Zorzal dos Santos, da Gerência de Segurança e Saúde do Trabalho pontuou que a pesquisa realizada para o desenvolvimento da sua dissertação “terá grande utilidade para o Sistema Indústria, em função da capacidade de disponibilizar a ‘Metodologia de Avaliação do Capital Intelectual de Redes Organizacionais de Segurança e Saúde do Trabalho – SST por meio de Método de Apoio Multicritério à Decisão’, a qual poderá ser utilizada para outras áreas temáticas”.

Luiz Eduardo Leão, do Distrito Federal, visitou o tema da sua dissertação, no qual foi capaz de “estratificar o desafio do tema competitividade, reforçando as fases que o antecede como a produtividade e a maturidade tecnológica, mais a inclusão do Capital Intelectual como importante fator para o sucesso dos negócios”. Destacou também a publicação de “um artigo dedicado ao setor ferramenteiro, que permitiu contribuir com sua sensibilização sobre a importância de um benchmarking não só de recursos tecnológicos mas, também, de recursos do capital humano, relacional e estrutural.

Marcelo Vieira de Aguiar, do Amazonas, enfatizou os aspectos práticos e aplicados do MPEP, uma vez que ela vem usando “algumas destas ferramentas no meu trabalho atual como Gerente de Tecnologia e Inovação e também na proposição de novas consultorias para a indústria, ampliando o portfólio de serviços do SENAI-AM”.

Mateus Simões de Freitas, da Unidade de Inovação

e Tecnologia do SENAI Nacional, registrou que “a dissertação foi uma aplicação concreta de um projeto de nossa Unidade” e que “o ganho do SENAI não está apenas em cerca de 30 alunos com titulação de mestres mas, sim, um ganho de cerca de 30 projetos de pesquisa totalmente aplicáveis a problemas da organização”.

Paula Nadai, da Unitec, do SENAI Nacional, concentrou seus comentários na intensidade do curso: “Nunca imaginei que seria tão puxado! E com tantas horas e finais de semana de dedicação e abdicção da minha vida pessoal. Mas valeu muito a pena”.

Sandro Portela Ormond, da Unidade de Educação Profissional e Tecnológica do SENAI Nacional, percebeu que o seu “crescimento profissional foi significativo” e que a “competência do corpo docente, aliada às diferentes áreas de atuação dos alunos enriqueceu cada atividade proposta”.

Sérgio Luiz Souza Motta, do Sesi Segurança e Saúde, entende que ter concluído o MPEP “me posiciona em um nível de qualificação diferenciado e trouxe um reconhecimento profissional na CNI”.

Ainda, Stella Fernanda de Aquino Oliveira, Pesquisadora Industrial do Laboratório Aberto de Inovação e Criatividade do Mato Grosso do Sul, agradeceu ao SENAI pela oportunidade e registrou a importância da parceria com o ITA: “a parceria não poderia ter sido feita com instituição melhor. Fomos apresentados aos melhores docentes, as ferramentas e aos laboratórios mais atualizados do país”.

E, finalmente, Valdir Pereira de Souza Junior, da Uetec do SENAI do Mato Grosso, também se referiu à dificuldade do curso e à dedicação necessária para sua conclusão, mas concluiu que “Os frutos já estão sendo colhidos, com a aplicação do estudo desenvolvido para a dissertação, e seu desdobramento em novas formas de tratar situações que permitem olhares e soluções diferenciados”.

Comentários Finais

Como é sabido, a CAPES avalia trienalmente todos os programas de pós-graduação *stricto sensu* do país e atribui aos cursos por ela credenciados uma nota que varia entre 3 (mínimo para credenciamento) e 7 (nota máxima). As notas 6 e 7 são reservadas apenas aos programas que incluam Doutorado. A nota máxima

para os Mestrados Profissionais é a nota 5, que é exatamente a nota atribuída ao MPEP em suas duas fases de existência, a primeira delas em parceria com a Pilkington (2003-2006) e a segunda, atual, em parceria com o SENAI (desde 2012).

Somada à taxa de sucesso do programa e aos depoimentos voluntários dos alunos, a nota da CAPES é um indicador pragmático e bastante significativo da excelência do MPEP.

Todavia, a frágil situação econômica do País e, em particular, as dificuldades do Sistema Indústria, colocaram em cheque, ao menos temporariamente, a viabilidade da formação de novas turmas no âmbito da parceria entre o ITA e o SENAI.

Pelo fato de o Mestrado Profissional atender empresas privadas, e não o público em geral, estuda-se a viabilidade da interlocução com novos parceiros, com adaptações dos parâmetros do curso visando a acomodação de eventuais necessidades específicas.

Para atender às solicitações de informações individuais sobre novas turmas, que são várias e frequentes, foi montada uma lista de email “opt in” que será o veículo de comunicação oficial. Para a inscrição basta o fornecimento de informações eletrônicas de contato no portal www.mpep.ita.br.

A título de informação, no início de dezembro, sem qualquer divulgação além do próprio portal, o número de interessados já era superior a duas centenas.

Armando Zeferino Milioni¹ & Flávio Mendes Neto²

¹Divisão de Engenharia Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica

²Divisão de Engenharia Civil, Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Instruções para Envio de Artigos para a Revista Processos Químicos

Prezado(a) autor(a),

Para que seu artigo possa entrar em nosso processo de avaliação, visando à possível publicação na revista Processos Químicos, ele deverá satisfazer às seguintes condições:

- ▶ Utilizar somente o editor Microsoft Word, numerando todas as páginas;
- ▶ Conter, no máximo, 40 laudas, incluindo Figuras, Tabelas, Esquemas etc.;
- ▶ Conter Resumo e *Abstract*, ambos com até 100 palavras;
- ▶ Conter Palavras-chave e *Keywords*, ambos com até 3 palavras;
- ▶ Título com, no máximo, 20 palavras;
- ▶ Titulação do autor (créditos). Dados pessoais do autor: endereço, telefone, e-mail;
- ▶ As figuras, tabelas, esquemas etc. devem ser colocados após as referências e devidamente identificados. Se escaneados, devem ser em alta resolução (800 dpi/ bitmap para traços) com extensão TIF ou JPEG. As fotos ou desenhos com cor (300 dpi/grayscale) devem ser enviados com extensão tif/jpg, para não termos problemas ao aplicá-las no padrão da Revista. Outras extensões possíveis: CDR, EPS ou CDX. No caso particular de esquemas contendo estruturas químicas, estas deverão ter sempre a mesma dimensão, para que possam ser reduzidas uniformemente. Considerar que as figuras deverão ter largura máxima de uma coluna (8,5 cm) ou, excepcionalmente, de 2 colunas (17,5 cm).

► As figuras (gráficos, esquemas, etc.) deverão ter qualidade gráfica adequada (usar somente fundo branco).

► A primeira página deverá conter o título do trabalho, nome e endereço dos autores (para a revista, a menor unidade é o departamento). Havendo autores com diferentes endereços, estes deverão se seguir imediatamente ao nome de cada autor. Os autores devem ser agrupados por endereço. Indicar com asterisco(*) o autor para correspondência, colocando seu e-mail no rodapé desta página (um só e-mail). A segunda página deverá conter o título, o resumo e o *abstract* do trabalho;

► As referências bibliográficas deverão ser numeradas e todas citadas ao final do artigo. Será utilizada a abreviatura da revista como definida no *Chemical Abstracts Service Source Index* (ver <http://www.cas.org/sent.html>). Caso a abreviatura autorizada de uma determinada revista não possa ser localizada e não for óbvio como o título deve ser abreviado, deve-se citar o título completo. Exemplos de citações:

1. Varma, R. S.; Singh, A. P.; J. Indian Chem. Soc. **1990**, 67, 518.
2. Provstyanoi, M. V.; Logachev, E. V.; Kochergin, P. M.; Beilis, Y. I.; Izv. Vyssh. Uchebn. Zadev.; Khim. Khim. Tekhnol. **1976**, 19, 708.
3. Lemos, T. L. G.; Andrade, C. H. S.; Guimarães, A. M.; Wolter-Filho, W.; Braz-Filho, R.; J. Braz. Chem. Soc. **1996**, 7, 123;
4. Ângelo, A. C. D.; de Souza, A.; Morgon, N. H.; Sambrano, J. R.; Quim. Nova **2001**, 24, 473.
5. Regitz, M. Em Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry; Regitz, M.; Scherer, O. J., eds.; Georg Thieme Verlag: Stuttgart, **1990**, cap. 2.
6. Cotton, F.A.; Wilkinson, G.; Advanced Inorganic Chemistry, 5th ed., Wiley: New York, **1988**.

► Espaço duplo entre linhas;

► Fonte: *Times New Roman* 12;

► A linguagem empregada deve ser atual. Isso implica a não utilização de termos, tais como: destarte, outrossim, descrever-se-á.

► O texto deve apresentar discurso impessoal, ou seja, expressões, tais como: constatamos, verificamos, utilizamos devem ser substituídas por constatou-se, foi verificado, utilizou-se.

► Enviar uma cópia do artigo, acompanhada de carta de encaminhamento à Editoria da Revista Processos Químicos, por meio do site www.rpqsenai.org.br. Maiores informações podem ser obtidas mediante endereço eletrônico: revistapq.senai@sistefieg.org.br.

VOCÊ É O PRIMEIRO INVESTIDOR

DA SUA

IDEIA

DEIXE O **EDITAL SENAI SESI DE INOVAÇÃO** SER O SEGUNDO.

O **EDITAL SENAI SESI DE INOVAÇÃO** É O INCENTIVO DE QUE MUITA IDEIA PRECISA PARA IR PARA FRENTE.

Se a sua empresa tem um projeto no âmbito industrial para inovação tecnológica ou melhoria da qualidade de vida do trabalhador, inscreva-o no **Edital SENAI SESI de Inovação**. Se você busca desenvolver novos produtos, processos e serviços inovadores, agora é sua chance. Com isso, os maiores vencedores são o aumento da competitividade e da produtividade das empresas.

SAIBA MAIS EM EDITALDEINOVAO.COM.BR
E NÃO PERCA A OPORTUNIDADE DE FAZER
PARTE DO FUTURO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA.

Innovate UK
Technology Strategy Board

Parceria:
 INOVATIVA
BRASIL

Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Realização:

 **Sistema
Indústria**

Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria