

ROADMAPPING E ROADMAP TECNOLÓGICO: UMA PROPOSTA PRÁTICA PARA INSTITUIÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

TECHNOLOGICAL ROADMAPPING AND ROADMAP: A PRACTICAL PROPOSITION FOR SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL INSTITUTIONS

Antonio Ramalho de Souza Carvalho¹
Ligia Maria Soto Urbina²

Artigo recebido em abril de 2017

RESUMO

Este artigo objetiva apresentar uma proposta prática de elaboração de *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico para Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) que possuam um nível incipiente de elaboração desses documentos. O estudo ocorreu em 2016 e apresenta um modelo conceitual seguindo a abordagem Entidade-Relacionamento. O referencial teórico utiliza conceitos de *Roadmappings* e *Roadmaps*. Apresenta-se uma proposta de *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico para ICT, no qual são definidos os atores responsáveis por introduzir o *Roadmapping* tecnológico, principais níveis de arquitetura do *Roadmap* tecnológico, as etapas norteadoras para elaboração do *Roadmap* tecnológico das ICT, os dez passos norteadores do *Roadmapping* tecnológico para as ICT, e ao final, a Matriz de arquitetura de *Roadmap* tecnológico para ICT. Conclui-se que trata de uma ferramenta de acoplamento dos projetos de P&D à Visão tecnológica e que a aplicabilidade do modelo somente será viável para ICT que estejam num nível incipiente de elaboração do *Roadmapping* tecnológico, uma vez que, o exercício de elaboração de *Roadmapping* tecnológico é um processo de aprendizagem e de reestruturação de processos já relacionados, onde ICT maduras nesta prática, já possuem processos forjados para suas necessidades.

Palavras-chaves: *Roadmapping* Tecnológico, *Roadmap* Tecnológico, Instituição Científica e Tecnológica.

ABSTRACT

This article aims to present a practical proposal to develop technological Roadmapping and Roadmap for Scientific and Technological Institutions (STI) that have an incipient level of preparation of these documents. The study took place in 2016 and presents a conceptual model following the Entity-Relationship approach. The study is presented a proposal for technological Roadmap and Roadmapping for STI, which defines: the actors responsible for introducing technological Roadmapping; the main architecture levels of technological Roadmap; the guiding steps to prepare the technological Roadmap for STI; the ten guiding steps of technological Roadmapping for STI, and, at the end, the technological Roadmap Architecture Matrix for STI.

At work the Roadmap and Roadmapping for STI is coupling tools of R&D projects to technological vision is that the applicability of the model will only be feasible for STI to be an incipient level of development of technological Roadmapping, since the exercise of preparation of technological Roadmapping is a learning process and restructuring already related processes where STI mature in this practice, already have forged processes for your needs.

Keywords: Technological Roadmapping, Technology Roadmap, Scientific and Technological Institution.

¹ Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. E-mail: ramalhoarsc@cta.br.

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica. E-mail: ligia@uta.br.

1 INTRODUÇÃO

O futuro é construído com as ações realizadas no presente, considerando todo aprendizado e informações coletadas na vida. Este princípio se aplica em qualquer tipo de sistema, sendo biológico, social ou de engenharia. E como qualquer sistema, sofre impactos do ambiente que, contribuem de forma positiva ou negativa para construção desse futuro.

Cada um busca maneiras de construir o futuro e atingir metas durante sua caminhada. Uma pessoa planeja sua viagem considerando aquilo que lhe é importante. Uma empresa estrutura o seu planejamento naquilo que seus clientes valorizam. Um sistema é gerido visando a evolução. Cada qual olha o futuro conforme suas expectativas e conhecimento.

Um alerta, quando se analisa o futuro da tecnologia, na maioria dos casos, a previsão está errada. Não existe garantia que o futuro desenhado seja de fato construído, entretanto, é de suma importância um olhar para o seu desenvolvimento (CHO et. al., 2016).

O valor de uma previsão tecnológica reside na sua utilidade em subsidiar a tomada de decisões e não na garantia de um futuro idêntico ao desenhado.

Ao buscar uma previsão tecnológica, está de fato, identificando as lacunas de conhecimento e pesquisas para se atingir as metas estabelecidas.

É sabido que, um tomador de decisão, ao possuir diversas alternativas, terá como critério aquela que lhe proporcione resultados mais desejáveis, podendo sua atitude ser explícita e racional, ou puramente intuitiva. E uma forma de garantir explicitamente a tomada de decisão é por meio de *Roadmap* tecnológico. Onde os intervenientes ao sistema contribuem na sua elaboração, por intermédio de *Roadmapping*.

Cho et. al. (2016) descreveram que, nas últimas quatro décadas, o *Roadmapping* tecnológico demonstra ser uma ferramenta eficaz de planejamento da tecnologia e de comunicação dentro um planejamento amplo.

Ao analisar o *Roadmap* tecnológico, nota-se um documento final construído para planejar as necessidades tecnológicas e identificar, numa fase inicial, as ações necessárias de gerenciamento da tecnologia, ou seja, o mapa do caminho. Enquanto, ao se definir um *Roadmapping* tecnológico, tem-se a metodologia para promover o planejamento de desenvolvimento de uma determinada tecnologia, ou seja, o roteiro (BERGERMAN, 2006; KOSTOFF; SCHALLER, 2001).

Sabendo-se da importância da construção de *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico para o desenvolvimento de tecnologias e que a contribuição dos intervenientes é de suma importância para consolidação dessa ferramenta, em que a uniformidade de procedimentos contribui para uma efetiva interação entre os envolvidos, este artigo objetiva apresentar uma proposta prática de elaboração de *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico para Instituições Científicas e Tecnológicas que possuam um nível incipiente de elaboração desses documentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os *Roadmappings* e *Roadmaps* tecnológicos são utilizados na indústria, no governo e na academia para retratar a relação estrutural entre ciência e tecnologia e suas aplicações. Originalmente desenvolvidos pela Motorola na década de 1970, foram concebidos para apoiar a melhoria do alinhamento entre tecnologia e desenvolvimento de produtos (*INSTITUTE FOR MANUFACTURIN*, 2010).

Esses *Roadmaps* são utilizados como planos auxiliares de decisão visando melhorar a coordenação de atividades e de recursos cada vez mais complexos em ambientes incertos (KOSTOFF; SCHALLER, 2001).

Os *Roadmaps* tecnológicos são mapas descritos por meio de roteiros, visualizados como gráficos baseados em tempo e multicamadas, enquanto o *Roadmapping* tecnológico é um processo de planejamento estratégico que ajuda a alinhar e comunicar a necessidade do negócio, com os programas de entrega e os recursos (ENGLAND, 2006).

Uma forma genérica de se estabelecer um *Roadmap* tecnológico é apresentada na Figura 1.

Portanto, um *Roadmap* tecnológico fornece uma visão de consenso ou visão de futuro de uma determinada tecnologia, para subsidiar na tomada de decisão. O *Roadmap* tecnológico deve ser visto como sendo um mapa de estrada, que, em alguns casos, incluem-se informações qualitativas para uma melhor compreensão (KOSTOFF; SCHALLER, 2001). São as forças da organização e a demanda de mercado que impõe qual produto a ser desenvolvido.

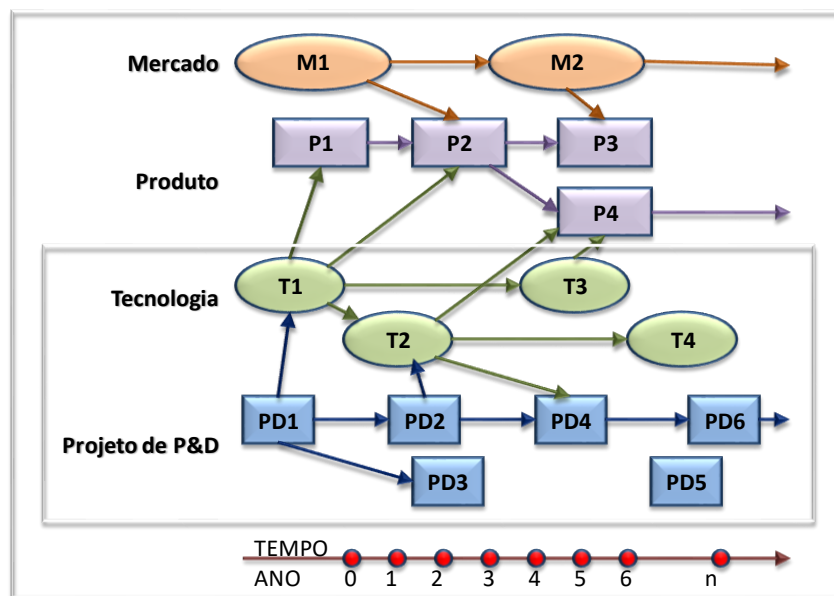


Figura 1 - Estrutura Genérica de *Roadmap* tecnológico
Fonte: Kostoff e Schaller (2001, p. 133)

Conforme Garcia e Bray (1997) existem vários tipos de *Roadmapping* tecnológicos, onde, normalmente, se estabelece marcos e atividades planejadas, identificam-se os problemas e desenvolvem-se soluções aos problemas identificados.

Uma forma mais robusta de apresentar o *Roadmapping* tecnológico é feito pelo *Institute for Manufacturing* (2010), Figura 2, ao formata-lo em multicamadas, alinhando múltiplas perspectivas.

Trata de um processo interativo que se encaixa dentro do planejamento estratégico, integrando as decisões de investimento em tecnologia aos requisitos de negócio. O processo interativo envolve pessoal conhecedor do negócio da empresa e de técnicas de elaboração de *Roadmap* tecnológico.

Em essência, os *Roadmapping* devem ser simples, adaptáveis, e funcionar como “lentes estratégicas” da evolução de sistemas complexos, apoiando o diálogo e a comunicação (*INSTITUTE FOR MANUFACTURIN*, 2010).

Numa visão de mais alto nível, Carayannis et. al. (2015) afirmam que o exercício de elaboração de um *Roadmapping* tecnológico deve considerar a massa crítica de conhecimento, a experiência, o pessoal e os recursos agrupados por tecnologias, podendo incluir pesquisadores, colaboradores, concorrentes, parceiros e outros membros dentro da cadeia de valor relacionada com a tecnologia. Outro fator importante para se buscar um *Roadmapping* tecnológico robusto é possuir uma base solida de conhecimento e ter um guia de sua implementação.

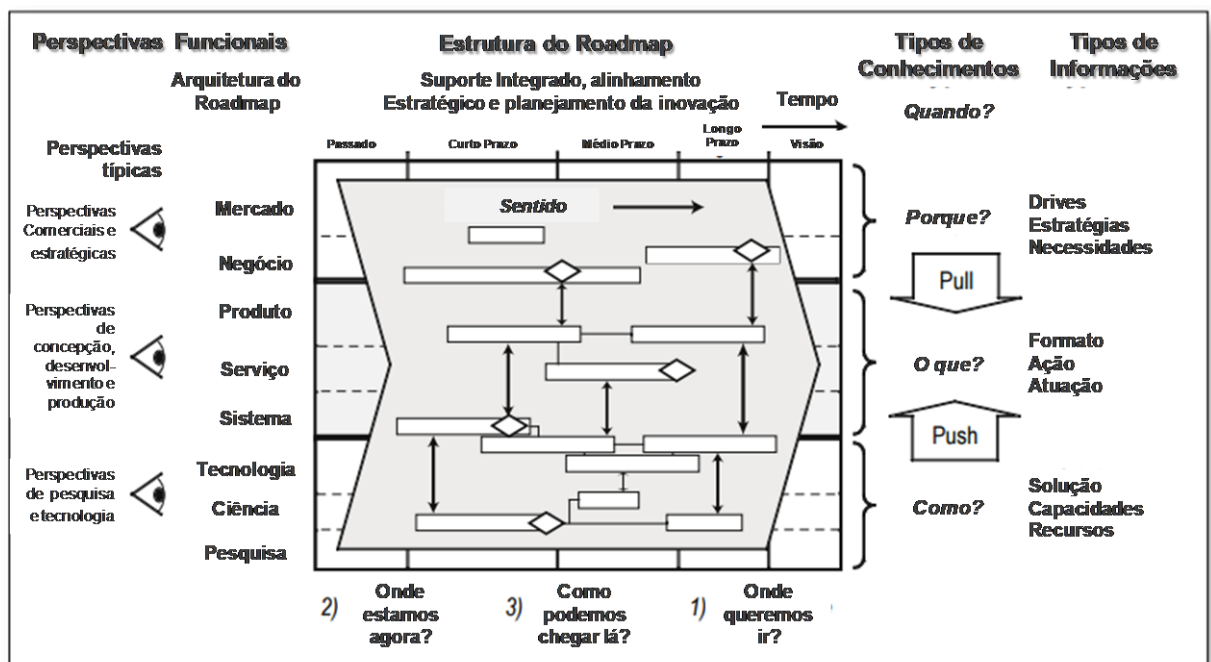


Figura 2 - Estrutura de *Roadmapping* tecnológico em multicamadas, alinhando múltiplas perspectivas
Fonte: Institute for Manufacturing (2010)

O processo *Roadmapping* tecnológico fornece uma maneira de identificar, avaliar, e selecionar alternativas que podem ser utilizadas para alcançar um objetivo tecnológico (KOSTOFF; SCHALLER, 2001). Para Garcia e Bray (1997), um *Roadmapping* tecnológico é constituído de três fases:

- a) Fase 1 – atividade preliminar com a definição do escopo e dos limites para o roteiro de tecnologia;
- b) Fase 2 – desenvolvimento do *Roadmap* tecnológico;

c) Fase 3 – acompanhamento do *Roadmapping* tecnológico.

Conforme sua maturidade, o *Roadmapping* tecnológico pode ser caracterizado em três níveis principais (ENGLAND, 2006), sendo que, ao final obtêm-se:

- a) Nível 1 - *Roadmaps* tecnológico que suportam a comunicação e entendimento comum.
- b) Nível 2 - *Roadmaps* tecnológico com qualidade suficiente para que possam ser usados como subsídios de decisões ou convencimento de pessoas;
- c) Nível 3 - *Roadmaps* tecnológico que tratam do mapeamento como um sistema, suportando a sincronização e alinhamento das tecnologias em toda organização.

3 METODOLOGIA

Para que fosse possível a elaboração de uma proposta prática de elaboração de *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico para Instituições Científicas e Tecnológicas, foi seguido como guia a abordagem Entidade-Relacionamento, apoiada em cinco passos de Cougo (1997, p. 13):

- 1) Observação dos objetos: observação dos elementos que envolvem a elaboração de um *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico (objetos, características, relacionamentos e outras dimensões envolvidas). Neste trabalho buscou-se a distinção dos principais atores envolvidos (atores chaves, patrocinador, coordenador e representantes de áreas distintas);
- 2) Entendimento dos conceitos: observação de práticas já estabelecidas conforme apresentadas por teóricos, pesquisadores e gestores. Neste trabalho, buscou-se a definição de conceitos básicos referentes ao processo de *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico;
- 3) Representação dos objetos: modelagem dos dados existentes, optando-se pela liberdade de criação da representação particular (COUGO, 1997, p. 155). Neste trabalho, elaborou-se a representação gráfica das Etapas norteadoras para elaboração do *Roadmap* tecnológico das ICT e os dez passos norteadores do *Roadmapping* tecnológico para as ICT, resultando, ao final, na Matriz de arquitetura de *Roadmap* tecnológico para ICT;
- 4) Verificação de fidelidade e coerência: intuito de trazer os diagramas para mais próximo da realidade das ICT e proporcionar maior credibilidade ao modelo. Neste trabalho foram verificados os *Roadmaps* tecnológico da *National Aeronautics and Space Administration* (2015) e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2012), complementado com o estudo apresentado por Fellows Filho (2007) referente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- 5) Validação do modelo: verificar se a proposta atende ao objetivo a ela desenhado. Neste trabalho o modelo foi apresentado para três gestores estratégicos de ICT para opinarem quanto ao modelo proposto.

O estudo em questão ocorreu em 2016 e possui um delimitador a ser considerado. A proposta é um modelo conceitual, ou seja, um modelo cujos objetos, características e relacionamentos representam o ambiente observado, independente das limitações impostas por tecnologias, técnicas de implementação ou dispositivos físicos (COUGO, 1997, p. 28).

4 PROPOSTA DE ROADMAPPING E ROADMAP TECNOLÓGICO PARA ICT

O primeiro elemento a ser observado é a definição dos atores responsáveis por introduzir o *Roadmapping* tecnológico:

- a) Usuários da tecnologia: Organizações que necessitam de sistemas e tecnologias para o cumprimento de sua missão;
- b) Patrocinador: Responsável em solicitar e defender a importância de se elaborar um *Roadmap* tecnológico;
- c) Coordenador: Responsável em coordenar e facilitar a elaboração do *Roadmap* tecnológico. Normalmente especialista no método;
- d) Representantes de áreas distintas: Profissionais relacionados ao contexto da área tecnológica a ser estudada, considerando os usuários – *tecnologia – academia – mercado – indústria*.

Em seguida, estabelece-se um entendimento dos conceitos, a serem utilizados na elaboração do *Roadmapping* tecnológico. Dois conceitos básicos, adaptados para as Instituições Científicas e Tecnológicas são as apresentadas a seguir:

- a) *Roadmapping* tecnológico: O *Roadmapping* tecnológico de uma ICT tem como finalidade ser o instrumento de apoio ao planejamento estratégico de desenvolvimento de sistemas e tecnologias voltados à soberania nacional, considerando a visão tecnológica num horizonte temporal;
- b) *Roadmap* tecnológico: O *Roadmap* tecnológico da ICT é o mapa gerado ao final do processo de aplicação do *Roadmapping* tecnológico.

Dependo da complexidade dos níveis de arquitetura do *Roadmap* tecnológico, podem ser definidos como:

- a) Nível 1 – *Roadmap* tecnológico com informações básicas para se estabelecer uma compreensão comum da proposta do estudo. Normalmente utilizada para um estudo preliminar;
- b) Nível 2 – *Roadmap* tecnológico com informações suficientes para se definir uma lógica transparente, considerando as atividades de alto nível da ICT (Diretrizes, Planos e Instruções), que servirá como base de uma tomada de decisão estratégica;
- c) Nível 3 – *Roadmap* tecnológico com informações necessárias para que todos os envolvidos possam entender as etapas e objetivos a serem alcançados durante a aplicação do *Roadmapping* tecnológico. Elaborada a partir do *Roadmap* tecnológico nível 2.

O *Roadmapping* tecnológico deve seguir uma estrutura capaz de gerar uma lista de tecnologias, respeitando a critérios estabelecidos, com base nas competências e infraestrutura

disponível. Uma representação das etapas dessa estrutura está graficamente descrita na Figura 3.

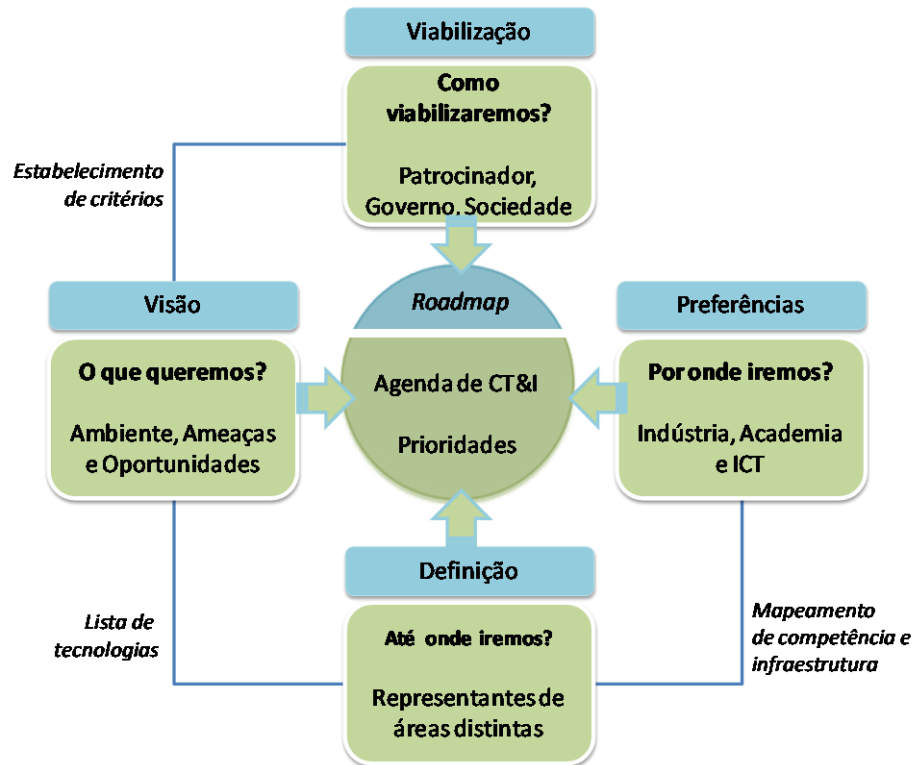


Figura 3 - Etapas norteadoras para elaboração do *Roadmap* tecnológico das ICT
Fonte: Elaborado pelos autores

As etapas apresentadas são norteadoras para elaboração do *Roadmap* tecnológico, cujo, o início de uma nova etapa não significa que a anterior esteja definitivamente concluída, bem como, novas etapas podem ser introduzidas conforme a demanda do trabalho. Busca-se, nesse contexto, estabelecer uma: visão (o que queremos?), definição (até onde iremos); preferência (por aonde iremos); e, ao final, viabilização (como viabilizaremos?).

Tendo as etapas norteadoras para elaboração do *Roadmap* tecnológico das ICT, os seguintes passos devem considerados (Figura 4).

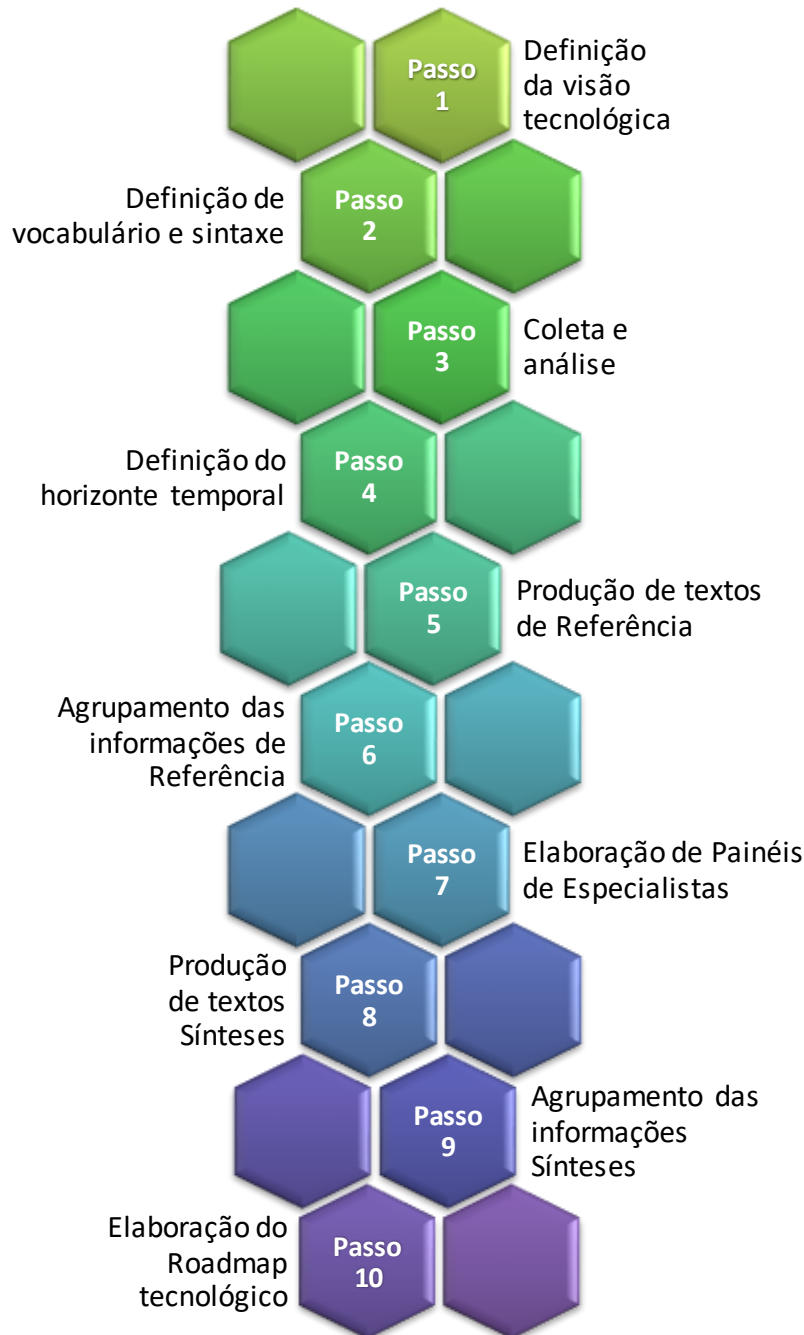


Figura 4 – Dez passos norteadores do *Roadmapping* tecnológico para as ICT
 Fonte: Elaborado pelos autores

Explicações dos passos:

- a) Passo 1 - Definição da visão tecnológica: Nesta etapa é definido o contexto tecnológico desejado em determinados períodos, considerando a necessidade de sistemas e tecnologias pelos usuários. Ressalta-se que, não se espera que a demanda dos usuários seja um limitador para a definição da visão tecnológica, mas sim, um direcionador na elaboração do *Roadmapping* tecnológico;
- b) Passo 2 - Definição de vocabulário e sintaxe: Para que a comunicação seja eficaz, estabelece-se uma linguagem padronizada, comum à ICT e, também, comum ao mercado, academia e indústria;

- c) Passo 3 - Coleta e análise: Busca-se, inicialmente, uma coleta e análise das informações relevantes sobre o tema que deve ser elaborado a partir do conjunto de necessidades e da visão tecnológica inicial. É o uso pretendido a partir dessa análise que é definido o horizonte temporal;
- d) Passo 4 - Definição do horizonte temporal: Para cada sistema ou tecnologia, o horizonte temporal de mapeamento tecnológico deve ser cuidadosamente definido;
- e) Passo 5 - Produção de textos de Referência: Produção de pequenos textos de referência onde se identificam as tecnologias chave, os pontos fortes e os fracos associados a elas;
- f) Passo 6 - Agrupamento das informações de Referência: Nesta etapa as informações são agrupadas por temas definidos pelos participantes;
- g) Passo 7 - Elaboração de Painéis de Especialistas: Realização de pequenos painéis de especialistas para cada uma das temáticas selecionadas quando são simuladas situações e evolução. As principais dimensões a serem analisadas são a tecnológica, a econômica e a política-legal. Orienta-se uma análise de cenários e a definição de *stakeholders* (empresa – cadeia produtiva-inovativa, ICT e governo e tecnologia no Brasil e no mundo);
- h) Passo 8 - Produção de textos Sínteses: Elaboração de textos síntese por painel com os resultados das discussões já desenhados em linhas de tempo evidenciando os fatores críticos, os de controle e as alternativas;
- i) Passo 9 - Agrupamento das informações Sínteses: Realização de workshop para discussão dos resultados dos painéis (textos síntese) de forma integrada para checar a consistência e viabilidade desses;
- j) Passo 10 - Elaboração do *Roadmap* tecnológico: Elaboração dos resultados das discussões e rotas alternativas, indicando uma agenda de CT&I e prioridades, com ênfase as perguntas críticas: por quê; o quê; como; quanto e quando.

Uma forma de representar o Roadmap tecnológico é por meio da Matriz de arquitetura de Roadmap tecnológico para ICT (Figura 5).

A matriz busca interpretar o *Roadmapping* tecnológico em quatro níveis, num horizonte temporal, sendo:

- a) Visão tecnológica – Quais desempenhos tecnológicos e capacidades associadas aos sistemas, plataformas e componentes são necessários para a manutenção da soberania do espaço aeroespacial nacional, dentro do horizonte da elaboração do *Roadmap* tecnológico;
- b) Demanda tecnológica – quais sistemas, plataformas e componentes necessários para que a visão estabelecida seja concretizada, considerando requisitos críticos e objetivos;
- c) Desenvolvimento crítico – quais tecnologias e competências são necessárias para que a demanda prevista seja realizada, considerando as lacunas de capacidade tecnológica;
- d) Recursos essenciais – quais projetos, pesquisas, formação, parceiros e infraestrutura serão necessários para que as tecnologias sejam desenvolvidas.

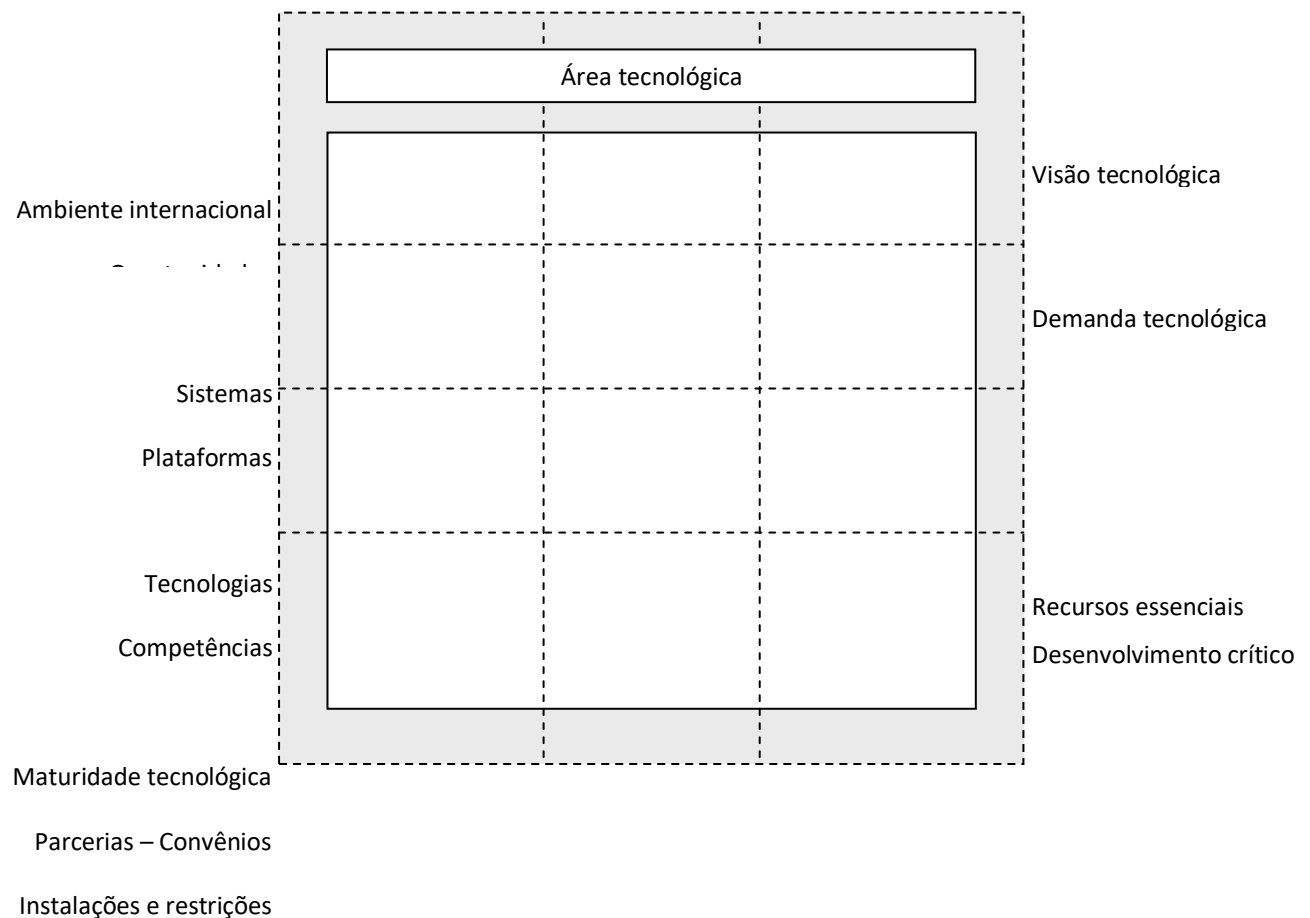


Figura 5 – Matriz de arquitetura de *Roadmap* tecnológico para ICT
 Fonte: Elaborado pelos autores

5 DOCUMENTO GERENCIAL DE UM *ROADMAP* TECNOLÓGICO

Um documento gerencial do *Roadmap* tecnológico deve representar a consolidação das informações de um modo a ser interpretado pela ICT ou mesmo pela comunidade científica ou sociedade. As informações relevantes podem ser apresentadas em três partes:

- 1) Parte 1 – Descrição dos atores responsáveis por introduzir o *Roadmapping* tecnológico (Usuários da tecnologia, Patrocinador, Coordenador e Representantes de áreas distintas) e apresentação das referências da tecnologia obtidas nacionalmente e internacionalmente.
- 2) Parte 2 – Descrição das informações obtidas a partir da Matriz de arquitetura de *Roadmap* tecnológico para ICT, incluindo uma apresentação gráfica da evolução da tecnologia (Figura 6);
- 3) Parte 3 – Consideração final do *Roadmapping* e *Roadmap* tecnológico.

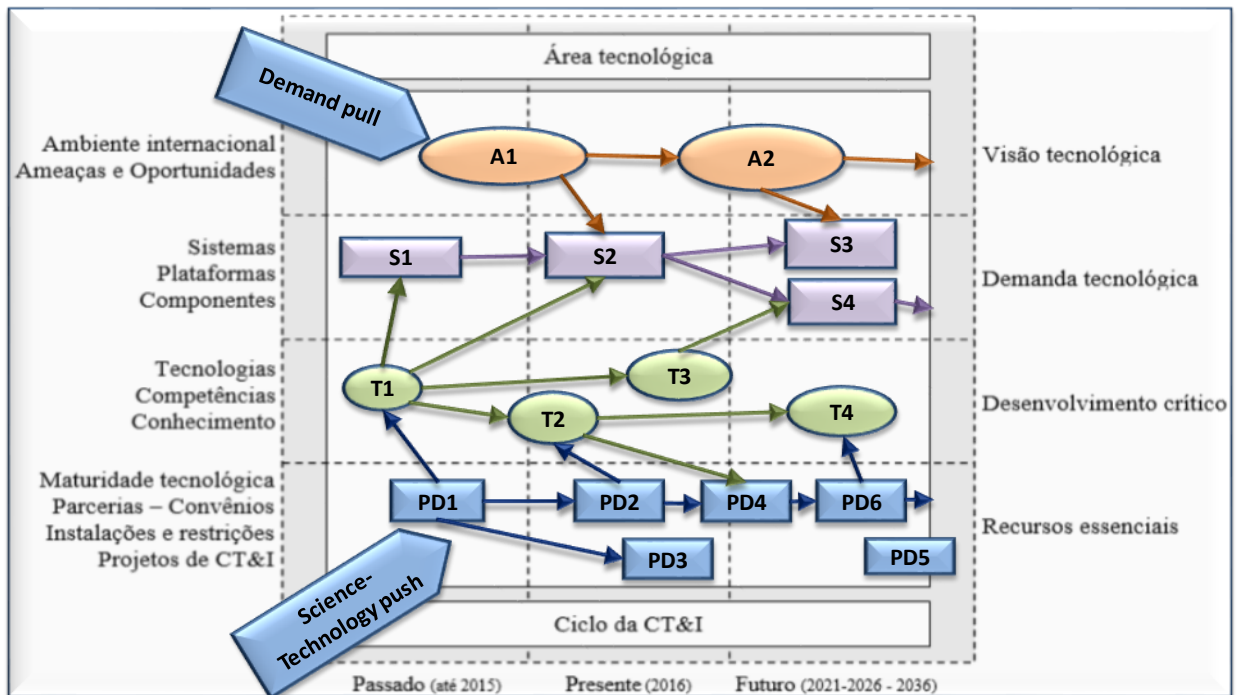


Figura 6 – Exemplo de Matriz de arquitetura de *Roadmap* tecnológico aplicado em ICT

Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 6 representa uma visão gráfica do *Roadmapping* tecnológico, o qual deixa claro que trata de uma demanda do ambiente – *demand pull* - (sociedade, indústria e academia) e de maturidade tecnológica das ICT – *science-technology push*.

6 CONCLUSÃO

A aplicabilidade do modelo somente será viável às ICT que estejam num nível incipiente de elaboração do *Roadmapping* tecnológico, uma vez que, o exercício de elaboração de *Roadmapping* tecnológico é um processo de aprendizagem e de reestruturação de processos já relacionados, onde ICT maduras nesta prática, já possuem processos forjados para suas necessidades.

O documento gerencial de um *Roadmap* tecnológico deve servir para toda sociedade e para os envolvidos com as atividades e projetos das ICT, considerando os serviços e os produtos (*hardware* e *software*) de toda cadeia produtiva e inovativa cuja ICT se encontra.

Outros três pontos a serem considerados pelas ICT na elaboração do *Roadmap* tecnológico é, primeiro, ter o conhecimento de quais tecnologias, competências e conhecimentos já são de domínio das ICT e da sociedade, segundo, quais a serem dominadas e, terceiro de suma importância, quais aquelas que estão se perdendo (por falta de investimento, de laboratórios ou de reposição de pessoal).

Ao tratar a elaboração do *Roadmapping* tecnológico apoiado nos conceitos de *Science-Technology push* e a *Demand pull*, prepara a ICT para a integração dos processos, cujo foco é

a redução do ciclo de vida da inovação. É claro que o processo de inovação ocorre de forma integrada, no qual as diferentes equipes e atores colaboram simultaneamente para o desenvolvimento do projeto, enfatizando o aprendizado concomitante com a indústria, numa visão ampliada da organização.

REFERÊNCIAS

- BERGERMAN M. et al. **MOD Roadmapping Guidance**. Issue 1.1. England, 2006.
- CARAYANNIS, Elias *et. al.* *Smart Roadmapping for STI policy*. **Technological Forecasting & Social Change**. Elsevier. 2015.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Roadmap tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.
- CHO, Y. *et. al.* *An industrial technology Roadmap for supporting public R&D planning*. **Technological Forecasting & Social Change**. Mar. 2016.
- COUGO, Paulo. **Modelagem conceitual e projeto de banco de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.
- ENGLAND. Ministry of Defence. **MOD Roadmapping Guidance**. 2006.
- FELLOWS FILHO, Lélío. **Mapas de Rotas Tecnológicas – Roadmaps: Conceitos, Tipos e Etapas de Elaboração [apresentação INPE]**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Jul. 2007.
- GARCIA, Marie L; BRAY, Olin H. **Fundamentals of Technology. Roadmapping**. Strategic Business Development Department. Sandia National Laboratories. Apr, 1997.
- INSTITUTE FOR MANUFACTURING. *Technology roadmapping: facilitating collaborative strategy development*. **IfM briefing**. Cambridge. v.2, n. 1, 2010.
- KOSTOFF, Ronald N.; SCHALLER, Robert R.. *Science and Technology Roadmaps*. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 48, n. 2, may 2001.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **NASA Technology Roadmaps. Introduction, Crosscutting Technologies, and Index**. Headquarters. Washington DC, July 2015.