

## **Produção de material e técnicas para apoio à produção em Tecnologia Assistiva.**

**Bolsista Sara Agueda Fuenzalida Squella (CTI) [ssquella@cti.gov.br](mailto:ssquella@cti.gov.br)**

### **Resumo**

*O foco principal do trabalho proposto está direcionado ao desenvolvimento de materiais e técnicas que contribuam para a aceleração e produção com qualidade, atendendo a demanda real e aprovada pelos usuários de recursos/produtos/serviços, de Tecnologia Assistiva (TA). Esta produção visa alinhar às condições e dinâmicas da indústria 4.0, para que a mesma possa dar suporte e direcionamento às demandas em conformidade com o futuro, sendo estas classificadas e atendidas por ordem de prioridade do governo, da comunidade científica acadêmica e da sociedade.*

*Palavras-chave: Tecnologia Assistiva; Normas; Métricas e avaliações de maturidade tecnológica, ciclos produtivos e fatores humanos.*

### **1. Introdução**

O avanço nas tecnologias tem tornado a vida das pessoas mais fácil, e para as pessoas com deficiência, a tecnologia tem tornado as coisas possíveis\* (frase célebre, adaptada de Mary Pat Radabaugh, 1993).

Sem dúvida nenhuma, vivenciamos os benefícios dos avanços tecnológicos, mas não obstante, iniciamos discussões a respeito dos malefícios ou ineficiências na aplicação prática de algumas destas tecnologias. Sendo assim, ao início de cada projeto, devemos ter ciência de que o mesmo será submetido a análises constantes, desde o momento em que são idealizados, conceituados ou criados, até a sua plena operação, de modo que estejam prontos para o uso ou a comercialização.

Neste processo, além dos fundamentos técnicos/teóricos e contextos ergonômicos centrados e avaliados por usuários, que devem ser levados em consideração para obtenção de um produto e/ou serviço com excelente qualidade, também se deve avaliar o nível de maturidade tecnológica (NMT), ciclo de inovação, sustentabilidade e modelo de negócio envolvidos no projeto. Assim, favorecendo não tão somente de modo efetivo a aplicação tecnológica e sua utilização pela sociedade, como respaldando as melhores práticas em gestão e processos, favorecendo o sucesso da cadeia produtiva.

Outro requisito básico, dentro das etapas do desenvolvimento, é sempre manter-se atualizado. Deste modo, acompanhar as mudanças provocadas pela indústria 4.0, se faz fundamental. A chamada quarta revolução industrial, terá um impacto mais profundo e exponencial, caracterizando-se por um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico, onde devemos visualizar e atender as necessidades dos indivíduos/usuários de forma holística e heurística, para que neste futuro próximo, possamos garantir os benefícios desta revolução à saúde no seu sentido mais amplo, que é um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças.

Neste contexto, pretendemos, realizar um compêndio das principais tecnologias essenciais para o futuro, que permitirão a fusão dos mundos físico, digital e biológico (Manufatura Aditiva – 3D, a Inteligência Artificial – IA, a Internet das Coisas – IoT, a Biologia Sintética – SynBio e os Sistemas Cyber Físicos – CPS), dos principais modelos de avaliação e análise de níveis de maturidade

tecnológica e de fatores humanos, utilizando-se de ferramentas já validadas e desenvolvendo novas ferramentas de acordo com as necessidades, sempre com o intuito de oferecer suporte e apoio a pesquisa, desenvolvimento e inovação para a produção além de sua destinação comercial.

Através dessa base, a proposta principal é a produção de material e técnicas para apoio à produção em Tecnologia Assistiva - TA, tanto na produção de material de suporte referencial/teórico, visamos o desenvolvimento e aprimoramento de métodos de avaliação e análise, sobre a abordagem dos aspectos do processo de desenvolvimento tecnológico para a gestão, como os de fatores humanos envolvidos no desenvolvimento ou produção da Tecnologia Assistiva. Os resultados provenientes das análises serão utilizados como insumos, alinhados a dinâmica da indústria 4.0, tanto em seus processos de produção e prestação de serviços, como nas tendências sociais provocadas pela mesma, ofertando apoio para aceleração e direcionamento a excelência de projetos.

Os métodos de avaliação e análise, sobre a abordagem dos aspectos do processo de desenvolvimento tecnológico para a gestão, terão como foco o desenvolvimento de ferramentas para indicar em qual nível tecnológico encontra-se um determinado projeto, indicando também as etapas que devem ser superadas para atingir o nível máximo e estar em plena conformidade para a comercialização.

Os fatores humanos envolvidos no desenvolvimento ou produção da Tecnologia Assistiva, serão abordados no desenvolvimento de manuais de boas práticas e na produção de protocolos de avaliação de usuários, referentes a questionários, entrevistas, análises de movimento e de fadiga, bem como suporte a análises quantitativas para possíveis ajustes de precisão das tecnologias desenvolvidas.

A partir disso, apresenta-se como justificativa deste trabalho a possibilidade de contribuição direta em avanços de técnicas e pesquisas desse segmento, assim como o avanço da ciência e apoio à sociedade, a qual estas técnicas e materiais poderão se estender a dispositivos médicos, tecnologias de reabilitação, educacionais entre outras.

No contexto institucional, o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI, como uma das unidades de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), mantém como parte de sua estrutura na forma de uma rede cooperativa de pesquisa, desenvolvimento e inovação, o Centro Nacional de Referência em Tecnologia Assistiva – CNRTA (portaria MCTIC nº 5.146 de 2016), o qual interage com diversas instituições e poderá expandir esta base de conhecimento através e para a comunidade em geral.

Desta forma este projeto tem como objetivo geral Contribuir, com a P,D&I de produtos e serviços de Tecnologia Assistiva (TA), sobre os aspectos relacionados a gestão e fatores humanos envolvidos, promovendo qualidade e apoio à informação, divulgação, assessoria técnica e capacitação.

## **2. Desenvolvimento**

Como primeira atividade a equipe de duas bolsistas constantes no CNRTA, realizou um levantamento para atualização e alinhamento de conteúdo previsto para a execução da demanda direta realizada pelo MCTI para complementar a ferramenta já desenvolvida anteriormente pelo CNRTA. Cinquenta e nove (59) artigos catalogados, seis (06) calculadoras de TRL encontradas entre a literatura e sites, além do material para entendimento da construção e estrutura da ferramenta a ser complementada foi analisada. Entre outras atividades foram realizados dois eventos internos, além de ativo suporte a entidades para a tramitação de cooperação institucional e para submissão de projetos ao edital de Seleção pública MCTI/FINEP – MS/SCTIE/DGITIS – Tecnologia Assistiva 06/2020.

Como atividades realizadas e ainda em andamento para este primeiro ano de atuação, neste projeto executamos sete de dozes objetivos específicos previstos. Dentre estes:

- Atender demandas públicas relativas à Tecnologia Assistiva;
- Promover a interação entre centros de pesquisa, setor produtivo e de serviços, órgãos de políticas públicas e entidades que trabalham com públicos alvos da TA;
- Impulsionar metodologias e tecnologias para favorecer a produção de TA;
- Categorizar os projetos da Rede Nacional de Pesquisas e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RNPDTA) e de outros Núcleos de TA no País em um sistema de Informação Contextualizado com bases de caracterização de produtos de TA, enquadramento tecnológico e ciclo de inovação em relação ao público alvo e a contextos alvos;
- Manter um mapeamento do nível de maturidade, inovação e sustentabilidade na perspectiva de modelo de negócio, por meio da categorização dos resultados de esforços realizados por Instituições de C&T integrantes;
- Aplicação de ferramentas e conceitos para inovação e concepção de soluções para problemas específicos nos desenvolvimentos científicos; e
- Permitir a elaboração e divulgação de conhecimento científico específico.

Estas atividades se deram tanto como uma demanda direcionada a atender uma solicitação de demanda pública do MCTI com a complementaridade de uma ferramenta para categorização, enquadramento tecnológico e ciclo de inovação, incluindo avaliação para enquadramento de maturidade tecnológica em TRL, como para manter um mapeamento do nível de maturidade, inovação e sustentabilidade referente aos resultados alcançados pelas entidades financiadas com editais apoiados pelo MCTI. Desta forma também pretendemos atualizar a base de dados fornecidos referentes à RNPDTA, principal foco para prestação de apoio como núcleo acelerador de projetos.

Do total de 130 projetos aprovados, nos editais fomentados pelo MCTI, o CNRTA possui em seu banco de dados para análise 70 projetos. Estes projetos estão em processo de avaliação, sendo esta realizada com a utilização de uma planilha Excel, parte de uma ferramenta SICPROJ desenvolvida anteriormente pelo CNRTA, acrescida atualmente de uma nova ferramenta de avaliação de maturidade tecnológica, que utiliza a escala TRL.

Dentre os projetos, seis foram avaliados e tiveram pontos de discussão sinalizados para posterior modificação e ajuste, após deliberação com o MCTI. No momento já foram avaliados 12 projetos e os outros 58 já estão organizados para finalização das avaliações e formatação na tabela de acompanhamento geral dos resultados.

No momento, a estrutura realizada para as avaliações está em conformidade com a introdução da evidencia encontrada nos relatórios existentes no banco de dados no questionário correspondente ao enquadramento do TRL. A seguir uma visualização de sua arquitetura.

TRL	Requisito
1	A proposta representa uma solução viável para um problema real para o qual seus princípios básicos foram identificados? Evidência:
2	A solução foi prevista no seu ambiente? Evidência:
3	Foram desenvolvidos testes de laboratório ou simulações com intenção de validar os conceitos ou predições analíticas do desenvolvimento tecnológico? Evidência:
4	A solução foi testada por prova de conceito em um ambiente simulado com as variáveis mais relevantes? Evidência:

5	A solução foi comprovada em escala laboratorial em um ambiente simulado? Evidência:
6	Foram realizados testes que demonstram o funcionamento correto do protótipo ou teste piloto em escala de laboratório em ambientes relevantes? Evidência:
7	Foram apresentados testes em que o protótipo da solução funciona em um ambiente real, com processos normatizados e onde estão cobertas as necessidades mercadológicas? Evidência:
8	Em um ambiente real, as funções da solução foram aprovadas por um grupo limitado de usuários? Evidência:
9	A solução funcionou com sucesso em um ambiente operacional completo de mercado e está pronta para produção em série e comercialização? Evidência:

### Nível de Maturidade Tecnológica - TRL

O analista deve seguir a sequência de 1 a 9.  
**Ler aba INSTRUÇÕES**

C	1	A proposta representa uma solução viável para um problema real para o qual os principais riscos foram identificados?
C	2	A solução foi provada no ambiente?
C	3	Foram desenvolvidos testes de laboratório ou simulações com intenção de validar ou conceitar ou prever analiticamente o desenvolvimento tecnológico?
R	4	A solução foi testada por prova de conceito em um ambiente simulado com as variáveis mais relevantes?
C	5	A solução foi comprovada em escala laboratorial em um ambiente simulado?
C	6	Foram realizados testes que demonstram o funcionamento correto da protótipo ou teste piloto em escala de laboratório em ambientes relevantes?
C	7	Foram apresentados testes em que a protótipo da solução funciona em um ambiente real, com processos normatizados e onde estão cobertas as necessidades mercadológicas?
C	8	Em um ambiente real, as funções da solução foram aprovadas por um grupo limitado de usuários?
C	9	A solução funcionou com sucesso em um ambiente operacional completo de mercado e está pronta para produção em série e comercialização?

*Descrição de Mark*

Se realizam estudos e pequenos experimentos em ambiente controlado como prova de conceito. Se estabelece o funcionamento em conjunto de todos os possíveis componentes da tecnologia, o protótipo inicial terá componentes manuais e componentes que requerem calibração e ambiente especial. Nesse estado se identifica o potencial das aplicações, se entende o possível produto e o possível mercado, se faz a análise preliminar de inovação e revisão de mercado.

Baseado nas informações inseridas, a pesquisa se encontra em TRL4

TRL9 \_\_\_\_\_  
 TRL8 \_\_\_\_\_  
 TRL7 \_\_\_\_\_  
 TRL6 \_\_\_\_\_  
 TRL5 \_\_\_\_\_  
 TRL4   
 TRL3 \_\_\_\_\_  
 TRL2 \_\_\_\_\_  
 TRL1 \_\_\_\_\_








### Relatório Final de Avaliação

**Resumo**

**Título do projeto:** Avaliação Comparativa de Cadeiras de Rodas com Propulsão Manual, Híbrida e Motorizada de Pele de Vaca Dimensionais e de alto-forno em uma Usuária

**Descrição:** No Brasil, existem as cadeiras de rodas de acionamento manual e as motorizadas, sendo as primeiras as utilizadas em maior escala, desde principalmente as ones para. Além disso, são mais leves, de mais fácil transporte e proporcionam a possibilidade de a usuária realizar uma atividade física durante a propulsão, trazendo diversos benefícios. Apesar disso, requer reforço por parte da usuária durante a propulsão, dependendo do ambiente, e sua manobra pode ocorrer de forma manual ou elétrica. As cadeiras motorizadas, por sua vez, proporcionam mobilidade ao usuário independentemente de sua força e preparo físico, já que a propulsão é realizada pelo motor e, assim, geram um nível grau de independência. Mas, por outro lado, são focadas na realização de tarefas, apresentam maior peso e maiores dimensões, dificultando o transporte, e há a ausência das baterias limitando o raio de alcance da cadeira. Na tentativa de superar as vantagens e solucionar as desvantagens de cada sistema, propõem, essencialmente, uma terceira classe, as cadeiras de rodas híbridas. Este conceito baseia-se no princípio de propulsão complementar ao motorizado sem que este seja de alto desempenho sobre a cadeira. As rodas são semelhantes às das cadeiras de rodas manuais, mas fornecem um momento complementar por meio de um motor, de forma a reduzir o esforço requerido do usuário. Quando comparadas às cadeiras motorizadas apresentam maior autonomia e redução do peso das baterias. Apesar do potencial de avaliação, a equipe de projeto reconhece poucas trabalhos similares comparando as alterações biomecânicas e sua repercussão nos membros superiores decorrentes da utilização de uma cadeira com este. Além disso, a relativa simplicidade da técnica de acionamento do motor reduziria o potencial de melhoria da avaliação de controle de forma a trazer em escala as alterações biomecânicas dos membros superiores e a maximizar o potencial terapêutico de avaliação. Adicionalmente, não se pode ignorar a importância de adequação das análises de produtos aos padrões antropométricos brasileiros. Este projeto contribui ao objetivo final de desenvolvimento de tecnologia nacional em cadeiras de rodas com propulsão assistida nos seguintes pontos: 1) desenvolvimento de modelos biomecânicos de sistema cadeira de rodas e motorizado e de métodos que permitam a avaliação dos esforços nos membros superiores durante a propulsão de cadeiras de rodas manuais e assistidas em diversas situações; 2) implementação de avaliação de controle para as cadeiras de rodas com propulsão assistida; 3) desenvolvimento de dispositivos de medição das forças aplicadas ao eixo de propulsão de cadeiras de rodas (plataformas de força e rodas dimensionais); 4) desenvolvimento de um protocolo experimental para a avaliação e decomposição de esforços requerida durante a locomoção em cadeiras de rodas manuais e com propulsão assistida e sua aplicação por meio de simulação; 5) aplicação de avaliação de controle de movimento; 6) aplicação de avaliação de controle de movimento; 7) propulsão de cadeiras de rodas manuais por meio de simulação experimental realizada em ambiente controlado e em colaboração com o Laboratório de Biomecânica e Controle Motor (BNCL) da UFAPC liderada pelo Prof. Marcos Deutz; 8) projeto de um protótipo de cadeira de rodas com propulsão assistida a ser construída em uma cadeira de rodas manual (Walter, Welgemo, Incasso, plano de avaliação de controle de movimento adquiridos neste projeto); 9) disseminação dos resultados obtidos em congressos nacionais e internacionais, científicos e acadêmicos de reabilitação (Mabilis) e Show em São Paulo. Este projeto foi essencial para a formação e consolidação do Núcleo de Tecnologia Assistiva no Centro Universitário FEI que antecedeu a trabalhar no programa nível final e no desenvolvimento de tecnologia nacional na área de Tecnologia Assistiva.

**Coordenador do projeto:** Prof. Dr. Rogério de Toledo Fleury

**Instituição:** FEI - Centro Universitário FEI

**Avaliador (s):** Deivid Vilela Sara Sperella

**Data de Avaliação (se houver):** 12/02/2020

Métrica da Avaliação do Projeto					
Ciclo	Satisfação %	GAP %	Grau Final	Avaliação	Grau GAP
Inovação:	60	40	3	Baixo	3
Módulo de Inovação:	40	60	2	Baixo	3
Maturidade:	40	60	2	Baixo	3
Sustentabilidade:	40	60	2	Baixo	3
* Alto para Grau 3 e 4; e Baixo para Grau 1 e 2.					
Classificação: 2					

**Nível de Maturidade Tecnológica - 4**

## Referências

ABNT NBR ISO 16290. Sistemas espaciais – Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação. ABNT NBR ISO 16290:2015, 15 páginas. ISBN 978-85-07-05775-8

ALTUNOK, T., & CAKMAK, T. A technology readiness levels (TRLs) calculator software for systems engineering and technology management tool. *Advances in Engineering Software*, 41(5), 769–778.2010 <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.12.018>

AMADEU, E.; MORESI, D., OLIVEIRA, M. DE, FILHO, B., BARBOSA, J. A., & BORGES, M. P. Análise de níveis de prontidão: uma proposta para empresas nascentes. *Atas CIAIQ2017*, 4, 55–64.2017 Retrieved Disponível em: <http://www.proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2017/article/view/1127/1094>. Acesso em: 06 de Agosto de 2019.

ANIMAH, I.; SHAFIEE, M. A framework for assessment of Technological Readiness Level (TRL) and Commercial Readiness Index (CRI) of asset end-of-life strategies. In: *Safety and Reliability–Safe Societies in a Changing World*. CRC Press., 1767-1773, 2018.

BERSCHER R. C.R.; MORAES H. S.; E COL. Fatores Humanos em TA: Uma Análise de Fatores Críticos nos Sistemas de Prestação de Serviços. *Plurais*. Salvador, v.1 n.2 p.132-152, maio/agosto.2010

Brasil. Avanços, desafios e oportunidades no complexo industrial da saúde em serviços tecnológicos. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2018. 308 p.

CGEE. Relatório Final. Mapeamento de Competências em Tecnologia Assistiva. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Brasília: 2012. URL: <http://www.cgee.org.br>.

COSTA I.M.P.; LEIT H.J.D. Nível de Maturidade Tecnológica (NMT) aplicado às tecnologias em saúde. In *Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Avanços, desafios e oportunidades no complexo industrial da saúde em serviços tecnológicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e*

Insumos Estratégicos, Departamento do Complexo Industrial e Inovação em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, V.1, p.186 - 200, 2018.

**ECSS Secretariat ESA-ESTEC Requirements & Standards Division.** Space engineering \_ Technology readiness level (TRL) guidelines. ECSS-E-HB-11A, Noordwijk, The Netherlands, March 2017.

**EMBRAPII\_Orientacao Operacional\_TRL.** Ofício EMBRAPII nº098/2019. 02 de maio de 2019. Disponível em: [https://embrapii.org.br/wp-content/images/2019/05/0705\\_Orientacao\\_Operacional\\_02-19.pdf](https://embrapii.org.br/wp-content/images/2019/05/0705_Orientacao_Operacional_02-19.pdf). Acesso em: 09 de Agosto de 2019.

**GARCIA D.; CARLOS J.; ITS BRASIL.** Livro Branco da Tecnologia Assistiva no Brasil. São Paulo: ITS BRASIL, 2017. 220 p.

**LIMA, Larisse Araújo et al.** Desenvolvimento tecnológico e a maturidade das pesquisas no âmbito das instituições de pesquisa científica e tecnológica–icts no brasil. Cadernos de Prospecção, v. 12, n. 1, p. 31, 2019.

**MANKINS J.C.** Technology readiness levels – Advanced concepts office. Office of Space Access and Technology NASA. White paper april 6, 1995 Edited:22 December 2004.

**MORESI E.A.D.; FILHO M.O.B.; BARBOSA J.A.; Et al.** Análise de níveis de prontidão: uma proposta para empresas nascentes. 6º Congresso Ibero-Americano em investigação cualitativa. Atas CIAIQ2017, Investigação Qualitativa em Engenharia e Tecnologia. Investigación Cualitativa en Ingeniería y Tecnología, Volume 4, 2017.

**NOLTE, W. L., KENNEDY, B. M., & DZIEGIEL ROGER J., J.** Technology Readiness Level Calculator. (Trl 1), 1–16. 2003. Disponível em: <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2003/systems/nolte2.pdf>. Acesso em: 10 de Agosto de 2019.

**RIBEIRO N. M.** Prospecção tecnológica (PROFNIT, Prospecção tecnológica; V.2). [Recurso eletrônico on-line] Salvador (BA): IFBA, 130 p, 2019. Inclui referências e índice remissivo ISBN: 978-85-67562-38-4 Disponível em: <http://www.profnit.org.br/pt/livros-profnit/> <http://fortec.org.br/documentos/materias/> <http://www.editora.ifba.edu.br/>. Acesso em: 12 de Agosto de 2019.

**ROCHA, D.** Uma adaptação da norma NBR ISO 16290:2015 aplicada em projetos do setor aeroespacial. Dissertação de mestrado, São José dos Campos, 120 páginas, 2016

**ROCHA, D.; DE MELO F.C.L.; RIBEIRO J.** Uma adaptação da metodologia TRL. Revista Gestão em Engenharia, São José dos Campos, v.4, n.1, p.45-56, jan/jun, 2017.

**SIGAHY T. F. A. C.; ANDRADE B. C.** A indústria 4.0 na perspectiva da engenharia de produção no brasil: levantamento e síntese de trabalhos publicados em congressos nacionais. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO “A Engenharia de Produção e as novas tecnologias produtivas: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção” Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.

**STRAUB, J.** In search of technology readiness level (TRL) 10. Aerospace Science and Technology, 46, 312–320. 2015 <https://doi.org/10.1016/j.ast.2015.07.007>

**TREINTAA F.T.T.; FILHOB J.R.F.; SANT’ANNAC A.P.; RABELOD L.M.** Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. Production, v. 24, n. 3, p. 508-520, July/Sept, 2014.

**VELHO S.R.K.; SIMONETTI, M.L.; DE SOUZA C.R.P.; IKEGAMI M.Y.** Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias. Seção 4 Nível de Maturidade Tecnológica. Parc. Estrat. Brasília-DF, v. 22, n. 45, p. 119-140, jul/dez, 2017.