

SEG - SISTEMA EMBRAPA DE GESTÃO

Manual sobre o Uso da Escala TRL/MRL

Índice

1. Introdução	3
2. A escala TRL/MRL	4
3. Enquadramento das tecnologias Embrapa na Escala TRL/MRL	6
4. Modelo de Inovação Aberta da Embrapa	8
ANEXOS	11

1. Introdução

A escala dos níveis de maturidade tecnológica, escala TRL/MRL - do inglês *Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels* (Mankins et al., 1995), permite no âmbito do processo de inovação de empresas tecnológicas o acompanhamento pormenorizado do ativo tecnológico no decorrer dos processos de pesquisa, desenvolvimento e validação, ao mesmo tempo em que possibilita a comparação direta entre diferentes ativos.

A correta aplicação desta escala facilita o entendimento entre gestores, equipes internas e parceiros externos, sobre a fase de desenvolvimento em que se encontra um determinado ativo e a partir daí identificar os esforços e recursos necessários para o codesenvolvimento, ou a cocriação de tecnologias, no sentido de avançar na maturidade de uma determinada tecnologia com vistas a identificação de oportunidades de negócios e transferência. A escala TRL/MRL é amplamente difundida e utilizada internacionalmente pelas mais diversas instituições de pesquisa e desenvolvimento tecnológica. No entanto, verifica-se que especialmente no contexto agropecuário e agroindustrial, sua aplicação ainda é incipiente. Neste sentido, a equipe da SPD elaborou este Manual com o intuito de alinhar e internalizar o uso da Escala TRL/MRL no macroprocesso de inovação da Embrapa. Consequentemente, isso permitirá que o conceito de TRLs/MRLs possa ser imediatamente incorporado ao processo de acompanhamento técnico e de qualificação de ativos, permitindo a unificação de linguagem entre a Embrapa e seus parceiros e clientes. Este documento tem como base os estudos anteriores do Grupo de Trabalho para a definição de critérios mínimos para o enquadramento de tecnologias numa escala de maturidade tecnológica (DE-IT, Portaria N° 1159/2017) e o Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia (Capdeville et al., 2017).

2. A escala TRL/MRL

A Escala TRL/MRL (do inglês, *Technology Readiness Levels* e *Manufacturing Readiness Levels*) é utilizada para avaliar tecnicamente uma tecnologia e enquadrá-la em Níveis de Maturidade Tecnológica. TRLs (*Technology Readiness Levels*) referem-se aos níveis de maturidade de um produto, ao passo que MRLs (*Manufacturing Readiness Levels*) são usualmente empregados para designar os níveis de maturidade de um processo (*Department of Defense Instruction 5000.02 - Operation of the Defense Acquisition System*, 2008). Uma vez que a Embrapa desenvolve simultaneamente várias tecnologias, a aplicação da escala TRL/MRL em âmbito corporativo traz a possibilidade de uniformizar os processos relacionados a gestão tecnológica entre as diversas unidades de negócio, além de auxiliar as unidades táticas a gerirem os ativos tecnológicos da empresa de modo organizado e eficiente. Assim, para o melhor aproveitamento da escala, é fundamental que atores envolvidos na gestão da programação e gestão de ativos na empresa tenham a noção exata do conceito na qual a mesma se fundamenta evitando com isso seu uso indevido ou fora de contexto.

Abaixo é apresentada a escala padrão de TRLs/MRLs. Tanto os TRLs, como os MRLs são subdivididos em uma escala de 1 a 9 (ISO 16290 e MANKINS, 1995) e podem ser definidos resumidamente conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Definições dos níveis de maturidade tecnológica

Nível	Indicador	Descrição
1	TRL MRL	Princípios básicos observados e reportados. Princípios básicos observados e reportados.
2	TRL MRL	Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Conceito de manufatura definido.
3	TRL MRL	Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental. Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar).
4	TRL MRL	Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório. Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente laboratorial (fazer funcionar apropriadamente).
5	TRL MRL	Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais. Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção.
6	TRL MRL	Modelo do sistema/subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante. Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.
7	TRL MRL	Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional. Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis com o produto final.
8	TRL MRL	Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo.

9	TRL MRL	O sistema já foi operado em todas as condições, extensão e alcance. Uso do produto em todo seu alcance e quantidade. Produção estabelecida.
---	------------	--

Fonte: Capdeville et al. (2017).

3. Enquadramento das tecnologias Embrapa na Escala TRL/MRL

Os seguintes tipos de resultados previstos no Sistema Embrapa de Gestão (SEG) são enquadrados na Escala de Maturidade Tecnológica (Escala TRL/MRL): *Cultivar, Raça ou grupo genético, Processo Agropecuário, Insumo Agropecuário, Processo Industrial, Produto Industrial, Máquina e implemento e Software para Clientes Externos*. Cabe portanto destacar que **apenas os tipos de resultados pertencentes à categoria Ativos Tecnológicos podem ser classificados quanto ao seu desenvolvimento por meio de TRLs/MRLs**.

De modo geral pode-se definir que: ideação (TRL/MRL 1), concepção (TRL/MRL 2), prova de conceito de função crítica (TRL/MRL 3), otimização (TRL/MRL 4), prototipagem (TRL/MRL 5) e escalonamento (TRL/MRL 6), demonstração em ambiente de produção (TRL/MRL 7), produção (TRL/MRL 8), produção continuada (TRL/MRL 9). Vê-se assim que a escala TRL/MRL engloba as várias fases de um programa de PD&I, conforme exposto na Figura 1 abaixo.

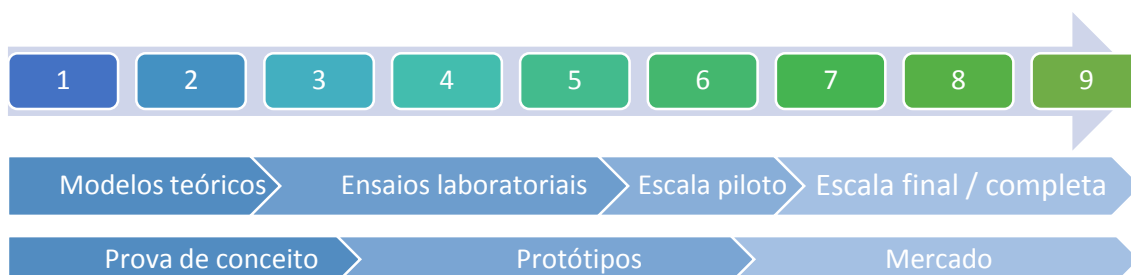


Figura 1. Programa de PD&I e os níveis de maturidade tecnológica.

Fonte: Adaptado de Capdeville et al. (2017).

A transição entre cada nível de maturidade na escala, a partir do nível 3, se dá por meio de comparação entre o Coeficiente Técnico de Referência (CTR) e o Coeficiente Técnico Atual (CTA). Nos níveis iniciais (TRL/MRL 1 e 2), não existe CTA, pois as pesquisas/estudos ainda estão no modelo teórico. O CTR representa o critério técnico (ou um grupo de coeficientes técnicos) expresso quantitativamente, com o qual se avalia o nível de desempenho a ser atingido pela tecnologia em desenvolvimento para que esta seja vantajosa/competitiva em relação às tecnologias já existentes. O CTR refere-se a parâmetros de medida dos componentes críticos daquela dada tecnologia, como rendimento, produtividade, pureza, dentre outros. O CTR representa portanto o(s) coeficiente(s) técnico(s) presentes na melhor/mais usada tecnologia presente do mercado ou descrita no estado da arte. Neste último caso, após se avaliar o estado da arte pertencente à tecnologia que está sendo desenvolvida (Exs: patentes, artigos científicos, relatórios de desempenho de tecnologias similares já disponíveis no mercado, dentre outros), bem como, utilizando-se de avaliações técnico-econômicas, é que o CTR é obtido. Salienta-se que o CTR tende a se manter igual ao longo do desenvolvimento da tecnologia, exceto em caso de surgimento de novas tecnologias concorrentes e/ou alterações no mercado alvo (Capdeville et al., 2017).

Já o CTA se refere ao coeficiente atual da tecnologia em desenvolvimento, obtido experimentalmente seguindo o mesmo método de medição do parâmetro técnico que caracteriza o CTR da tecnologia em questão. Dessa forma, pode ocorrer (e normalmente ocorre) a variação do valor do CTA ao longo dos níveis da escala TRL/MRL, visto que novos testes são realizados nas diferentes circunstâncias e conformações prescritas pelos níveis de maturidade tecnológica. Para definir como se dá o avanço entre os níveis de maturidade tecnológica é necessário que se compare de forma objetiva o CTA e CTR. Desse modo, quando a tecnologia estiver em TRL/MRL 3, o CTA é menor que o CTR, uma vez que nessa

fase está se provando experimentalmente o conceito da tecnologia. Todavia, para a tecnologia atingir o TRL/MRL 4 e assim por diante (TRL/MRL 4 a 9), o CTA deverá ser sempre igual ou maior que o CTR, de acordo com os requisitos definidos para cada nível de maturidade.

De forma a facilitar o entendimento, as fases e o estado da técnica ao longo dos níveis do TRL/MRL estão descritos na Figura 2.

Níveis TRL/MRL	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fases [f]	Descobrir	Entender	Adaptar		Validar	Refinar	Usar		
Estado da técnica [c]	Conceito		Desenvolvimento				Produto		

Figura 2. Fases e estado da técnica nos níveis de maturidade tecnológica.

A escala TRL/MRL se refere à maturidade da tecnologia, única e exclusivamente, não se refere a um projeto ou aos processos da empresa. Além disso não há a obrigação de se iniciar o enquadramento pelo primeiro nível (TRL/MRL 1), caso o estado da arte já relate amplamente e de maneira pormenorizada o atingimento dos níveis TRL/MRL inferiores e a equipe de pesquisa avalie que a reprodutibilidade dos níveis TRL/MRL inferiores é garantida. Esta prática, no entanto, deve ser avaliada com cautela pelo Comitê Técnico da Unidade (CTI), uma vez que ela pode aumentar consideravelmente o nível de insucesso do projeto. Além disso, após o nível TRL/MRL 5 (onde já há definição da aplicação da tecnologia ao longo do desenvolvimento) pode ser observado que a aplicação não tem mais validade. Portanto, pode-se retornar aos níveis anteriores ao TRL/MRL 5 para se realizar a validação de outra aplicação da tecnologia. Esta possibilidade ocorre quando se identificam outros campos de aplicação para o ativo de inovação. Por exemplo, suponha que ocorreu a avaliação e o enquadramento de ativo tecnológico (cultivar) de código BGM XX de milho que está sendo desenvolvida para produção de milho-verde, já em nível de maturidade TRL/MRL 7. No entanto, foi descoberto que o germoplasma deste ativo também apresenta aptidão potencial para a produção de minimilho. Portanto, para a aplicação minimilho, o ativo tecnológico para milho-verde deve se desdobrar em um segundo ativo tecnológico, uma vez que serão necessários novos experimentos e testes de interação para definição de época ideal de colheita e produtividade da aplicação minimilho. Este segundo ativo passa então a ser enquadrado em TRL/MRL 4, nível de maturidade imediatamente anterior ao nível de definição da aplicação da tecnologia (protótipo – TRL/MRL 5). Dessa forma, haverá um ativo tecnológico em TRL/MRL 7 para a aplicação de milho-verde e um segundo ativo tecnológico em TRL/MRL 4 para a aplicação como minimilho (Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017).

4. Modelo de Inovação Aberta da Embrapa

A Embrapa é uma empresa focada na geração e oferta de conhecimentos, informações e tecnologias para o setor produtivo em benefício da sustentabilidade da agricultura e segurança alimentar brasileira. Depreende-se, portanto, que a Embrapa não comercializa produtos e processos por si só, de forma isolada. Ou seja, a empresa detém competência e infraestrutura para desenvolver por si só somente as etapas entre TRL/MRL 1 a 5 para a maioria das tecnologias, com a exceção de ativos tecnológicos relacionados a cultivares, insumos agropecuários, raças, máquinas e softwares, que podem atingir as fases de escalonamento (TRL/MRL 6), demonstração em ambiente de produção (TRL/MRL 7) e produção (TRL/MRL 8) nas dependências da Embrapa. Todavia, um parceiro do setor produtivo será necessário para que soluções tecnológicas geradas na Embrapa atinjam o setor ambiente produtivo e social (TRL/MRL 9), agregando valor e gerando inovação.

Portanto, o macroprocesso de inovação da Embrapa se ancora necessariamente em um modelo de inovação aberta. A inovação aberta conceitualmente refere-se a um fluxo aberto, no qual os recursos (*know-how*, ativos, tecnologias, dentre outros) se movem facilmente na fronteira entre empresa e mercado, em ambas as direções. Neste contexto, é possível descrever graficamente o conceito do Modelo de Inovação da Embrapa conforme demonstrado na Figura 2. A analogia adotada é a de um funil de inovação acoplado à escala TRL/MRL. Esta analogia permite acompanhar as etapas de pesquisa, desenvolvimento e validação de ativos tecnológicos ao longo do funil por meio de níveis de maturidade. Na área externa da “entrada” do funil encontram-se as várias proposições de ativos tecnológicas originadas do processo de ideação (TRL1) até a área externa de sua “saída” onde se encontram os ativos tecnológicos acabados que atingem o mercado (TRL 9). Também, se encontram do lado externo da “entrada” do funil os tipos de resultados categorizados no SEG como **ativos pré-tecnológicos** (*Produto pré-tecnológico; Coleção biológica, Metodologia técnico-científica; Base de dados, informações e análises*). Estes **somente adentram o funil se embarcados como componentes de ativos tecnológicos** (Exs: Um gene (ativo pré-tecnológico) que “embarca” em uma cultivar (ativo tecnológico; Uma base de dados, informações e análises (ativo pré-tecnológico) que “embarca” em um software (ativo tecnológico)). É importante reconhecer também que atividades de PD&I são sempre acompanhadas de risco, e muitos dos ativos tecnológicos em estágio inicial de desenvolvimento serão obrigatoriamente descontinuados no caminho. Assim, o funil se estreita, uma vez que nem todas as ideias e projetos resultam em novos produtos, processos ou serviços. Adicionalmente, uma vez que a Embrapa não é capaz de inserir seus ativos tecnológicos no ambiente produtivo e social de forma isolada, ela deve, necessariamente, buscar a inovação aberta por meio de “aberturas” no funil. Estas “aberturas” podem ser viabilizadas por diferentes estratégias de negócios como a cooperação tecnológica, fornecimento de tecnologia, licenciamento de direitos sobre patentes e cultivares, dentre outros (Figura 3). Fica claro, portanto, que a efetividade das ações de PD&I da Embrapa depende do seu estreito relacionamento com o setor produtivo.

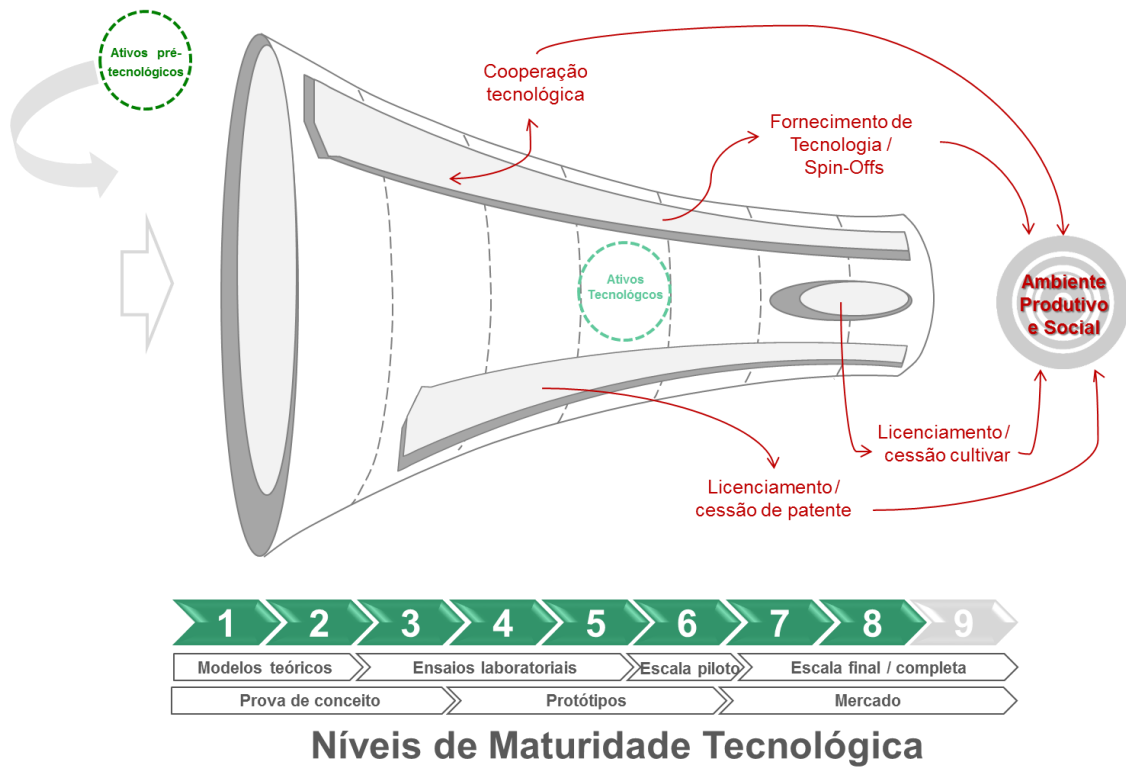


Figura 3. Modelo conceitual de inovação aberta adotado pela Embrapa.

Referências

BAMBINI, M.D.; ROCHA, D. T.; CARROMEU, C.; CORREA, F. T. B. S.; PUSINHOL, C. C.; GREENHALGH, A. A. M. S.; VISOLI, M. C. (2015). Modelos de negócios inovadores na transferência de software agropecuário: boas práticas de Unidades de Pesquisa da Embrapa. Série Documentos Embrapa, ISSN 1677-9274.

BLANCHETTE JR., S.; ALBERT, C.; GARCIA-MILLER, S. (2010). Beyond Technology Readiness Levels for Software: U.S. Army Workshop Report. Defense Technical Information Center. <https://doi.org/10.21236/ada535517>

CAPDEVILLE, G. de; ALVES, A. A.; BRASIL, B. dos S. A. F. Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia: gestão estratégica integrada de P&D e TT. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2017. (Embrapa Agroenergia. Documentos, 24). No prelo.

Department of Defense Instruction 5000.02 - Operation of the Defense Acquisition System. DOD. 8 December 2008.

ESA TRL Working Group. 2013. Guidelines for the use of TRLs in ESA programmes. Disponível em: <<https://artes.esa.int/sites/default/files/ESSB-HB-E-002-Issue1%2821August2013%29.pdf>>.

ISO/FDIS 16290:2013 (E) Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment. International Organization for Standardization, Switzerland, 2013, 12 p.

MANKINS, J. C. Technology Readiness Levels. A White Paper. April 6, 1995. Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology. NASA. Disponível em: <http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf>.

ANEXOS

Tabela 1. Escala TRL/MRL para máquinas, equipamentos e implementos.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuraçã o do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Sensores embarcados ou não em sistemas maiores/mais complexos	Equipamentos de análise e/ou seleção de produtos agropecuários (ex. café, frutas, azeites)	Colhedoras
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que sensores podem funcionar sem uma fonte direta de alimentação elétrica e tal princípio poderia ser aplicado no aumento da eficiência da irrigação Não há CTA* definido	É conhecido que equipamentos permitem a análise de líquidos / azeites / vinhos e poderia ser usado para análises sem abrir os recipientes. Não há CTA definido	É conhecido que equipamentos podem viabilizar a colheita de diversas culturas e poderiam ser aplicados para a cultura do amendoim forrageiro. Não há CTA definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Proposta concebida de que um determinado sensor de irrigação pode funcionar sem o provimento de energia elétrica ou ar comprimido. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs*), exemplificados pelo rendimento, precisão, imprecisão etc. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).	Proposta concebida de que um determinado equipamento pode ser utilizado para a análise de líquidos/azeites/vinhos sem a abertura dos recipientes. Definição dos parâmetros- chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs), exemplificados pelo rendimento, precisão, imprecisão etc. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).	Proposta concebida de que uma determinada colhedora pode ser desenvolvida para a colheita de amendoim forrageiro. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs), exemplificados pelo rendimento, precisão, imprecisão etc. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componente s físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico- analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Conceito comprovado por meio de resultados experimentais e analíticos validando as previsões de parâmetros-chave ou CTRs. Proposição de aplicações e ambiente operacional da tecnologia; integração da tecnologia, como parte ou não de sistema maior ou mais complexo. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Conceito comprovado por meio de resultados experimentais e analíticos validando as previsões de parâmetros-chave ou CTRs. Proposição de aplicações e ambiente operacional do equipamento de análise/seletor; integração da tecnologia, como parte ou não de sistema maior ou mais complexo. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Conceito comprovado por meio de resultados experimentais e analíticos validando as previsões de parâmetros-chave ou CTRs. Proposição de aplicações e ambiente operacional da colhedora; integração da tecnologia, como parte ou não de sistema maior ou mais complexo. CTA é inferior ao(s) CTR(s)

4	Prova de conceito / Laboratorial / Pré-melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	<p>Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório</p> <p>Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)</p>	<p>Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.</p>	<p>Avaliação do protótipo de baixa fidelidade do sensor, com teste de desempenho documentado, demonstrando concordância com previsões analíticas. Definição documentada do ambiente relevante.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Avaliação do protótipo de baixa fidelidade do equipamento seletor/analítico, com teste de desempenho documentado, demonstrando concordância com previsões. Definição documentada do ambiente relevante.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Avaliação do protótipo de baixa fidelidade da colhedora, com teste de desempenho documentado, demonstrando concordância com previsões analíticas. Definição documentada do ambiente relevante.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em boa parte dos aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	<p>Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configuração física final.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção</p>	<p>Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.</p>	<p>Protótipo de média fidelidade do sensor, com teste de desempenho documentado, demonstrando concordância com previsões analíticas, em ambiente externo. Definição documentada de requerimentos de escalonamento ou produção industrial dos sensores. Desenvolvimento das arquiteturas física e funcional (engenharia de sistemas).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Protótipo de média fidelidade do equipamento analítico/seletor, com teste de desempenho documentado, demonstrando concordância com previsões analíticas, em ambiente externo. Definição documentada de requerimentos de escalonamento ou produção industrial do equipamento analítico/seletor. Desenvolvimento das arquiteturas física e funcional (engenharia de sistemas).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Protótipo de média fidelidade da colhedora; com teste de desempenho documentado, demonstrando concordância com previsões analíticas, em ambiente externo. Definição documentada de requerimentos de escalonamento ou produção industrial da colheitadeira. Desenvolvimento das arquiteturas física e funcional (engenharia de sistemas).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
6	Piloto / Melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	<p>Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos</p>	<p>Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.</p>	<p>Protótipo de alta fidelidade do sensor, com teste de desempenho documentado, em concordância com previsões analíticas (ex. CTA igual ou maior que CTR). Validação das arquiteturas física e funcional (engenharia de sistemas).</p>	<p>Protótipo de alta fidelidade do equipamento analítico/seletor, com teste de desempenho documentado, em concordância com previsões analíticas (ex. CTA igual ou maior que CTR). Validação das arquiteturas física e funcional (engenharia de sistemas).</p>	<p>Protótipo de alta fidelidade da colhedora, com teste de desempenho documentado, em concordância com previsões analíticas (ex. CTA igual ou maior que CTR). Validação das arquiteturas física e funcional (engenharia de sistemas).</p>

				em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.		CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).
7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis.</p>	Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.	Protótipo do sensor testado em ambiente de campo, com avaliação do desempenho, em ambiente produtivo/industrial.	Protótipo do equipamento analítico/seletor testado em ambiente produtivo/industrial, com avaliação do desempenho.	Protótipo da colhedora testado em ambiente de lavoura, com avaliação do desempenho de colheita, em ambiente produtivo/industrial.
8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo</p>	Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.	Teste de desempenho documentado do sensor, ratificando as previsões analíticas. Contém: análise de alcance dos requerimentos operacionais; se houve diagnóstico de problemas, e se for o caso, quais são os planos, opções ou ações, para resolvê-los, antes do estabelecimento do formato (arquitetura física e funcional) final da tecnologia.	Teste de desempenho documentado do equipamento analítico/seletor, ratificando as previsões analíticas. Contém: análise de alcance dos requerimentos operacionais; se houve diagnóstico de problemas, e se for o caso, quais são os planos, opções ou ações, para resolvê-los, antes do estabelecimento do formato (arquitetura física e funcional) final da tecnologia.	Teste de desempenho documentado da colhedora, ratificando as previsões analíticas. Contém: análise de alcance dos requerimentos operacionais; se houve diagnóstico de problemas, e se for o caso, quais são os planos, opções ou ações, para resolvê-los, antes do estabelecimento do formato (arquitetura física e funcional) final da tecnologia.
9	Final (completa) /	Idêntico (corresponde	Operacional (ambiente que		Tecnologia em formato final, em aplicação /	Produto validado e testado e apto para aplicação real	Produto produzido em ambiente produtivo /	Produto produzido em ambiente produtivo/industrial

Pós- melhoramento	à aplicação final em todos os aspectos)	aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance. Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.	execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).	produzido em ambiente produtivo / industrial e utilizado a campo com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção	industrial com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção	e utilizado em lavouras reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção
----------------------	--	--	--	---	---	---	--

Fonte: Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017. *CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 2a. Escala TRL/MRL de tipos de processos industriais e agropecuários.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Biocologia Industrial	Biocologia Industrial
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que o ácido succínico pode ser produzido a partir de xilose e que o processo poderia ser melhorado Não há CTA* definido	É conhecido que cogumelos são capazes de destoxificar compostos orgânicos e poderiam ser usados na produção de produtos para alimentação animal Não há CTA definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Proposta concebida de que leveduras geneticamente modificadas podem ser usadas para conversão de xilose em ácido succínico. Definição dos parâmetros-chave de desempenho. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)*.	Proposta concebida de que torta de caroço do algodão pode ser destoxificada, para uso na alimentação animal, por meio de um processo de cultivo de cogumelos. Definição dos parâmetros-chave de desempenho. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório, com identificação de sequências gênicas, síntese e transformação em levedura e avaliação da produção de ácido succínico. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório, por meio de técnicas de química analítica e testes laboratoriais de avaliação da degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão com microcrustáceos, com identificação das espécies de cogumelo com eficiência na redução da toxidez. CTA é inferior ao(s) CTR(s)

4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	<p>Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório</p> <p>Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)</p>	<p>Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.</p>	<p>Desenvolvimento: Processo de produção, por meio de melhorias em: i) meio de cultura; ii) condições de fermentação e/ou iii) genética da linhagem.</p> <p>Desenvolvimento: Processo de produção dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão testado em laboratório com ajuste de variáveis de controle para aumento da eficiência, comprovada por meio de testes de toxicidade em microcrustáceos (<i>Artemia salina</i>).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em boa parte dos aspectos)	<p>Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)</p> <p>Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção</p>	<p>Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.</p>	<p>Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: hidrolisado de bagaço-de-cana) realizado em biorreator em pequena escala.</p> <p>Desenvolvimento: Otimização do processo de degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão, tratada com espécies selecionadas de cogumelo, testado utilizando todos os reagentes/insumos industriais e testes de toxicidade em modelo animal alvo (monogástrico).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	
6	Piloto / Melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	<p>Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)</p> <p>Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.</p>	<p>Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.</p>	<p>Scale up: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: hidrolisado de bagaço-de-cana) realizado em escala piloto.</p> <p>Scale up: Otimização do processo de degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão, tratada com as melhores espécies selecionadas de cogumelo, testado utilizando todos os reagentes/insumos industriais, em escala piloto, e testes de toxicidade em modelo animal alvo (monogástricos).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	

7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis</p>	Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.	<p>Processo de produção de ácido succínico a partir de xilose em ambiente produtivo/industrial, com avaliação de desempenho do uso de leveduras geneticamente modificadas.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Processo de degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão, tratada com as melhores espécies selecionadas de cogumelo, em ambiente produtivo/industrial, com avaliação de desempenho em testes de toxicidade em modelo animal alvo (monogástricos).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo</p>	Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.	<p>Produto final especificado e produção de ácido succínico realizada em ambiente produtivo / industrial, com produção em larga escala.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Processo de destoxificação da torta de algodão integrado à especificação do processo de produção de um alimento animal (ex. ração), executado em ambiente produtivo/industrial, com produção em larga escala.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
9	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance.</p> <p>Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.</p>	Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).	<p>Processo produzido em ambiente produtivo / industrial, com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção</p>	<p>Processo utilizado em ambiente produtivo/industrial, com produção em larga escala e utilizado em animais monogástricos com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção</p>

Fonte: Adaptado de Capdeville et al. (2017) e do Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017.

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 2b. Escala TRL/MRL de tipos de processos industriais e agropecuários.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Processo agropecuário	Processo agropecuário
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que o uso de modelo matemático para fertilização nitrogenada pode aumentar o rendimento médio e o lucro de plantios de sorgo. Não há CTA* definido	É conhecido que a poda e a brotação influenciam a produção de uvas. Não há CTA definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Proposta concebida de que o uso de um modelo matemático para fertilização nitrogenada pode influenciar no aumento do rendimento e da lucratividade de plantios de sorgo. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)*.	Proposta concebida de que o manejo da poda e da brotação pode influenciar no aumento da produção e da qualidade enológica de uvas. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Início da experimentação: Conceito comprovado com identificação de doses de fertilizantes nitrogenados para plantios de sorgo. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Início da experimentação: Conceito comprovado com identificação de diferentes épocas de podas e indutores de brotação em uvas. CTA é inferior ao(s) CTR(s)
4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)	Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.	Desenvolvimento: Otimização de processo de fertilização nitrogenada de sorgo determinado, com testes de validação de diferentes fontes, doses e impactos no sistema solo-planta, em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Desenvolvimento: Otimização de processo de manejo de poda de inverno antecipada, com validação de diferentes tipos e impactos no rendimento, em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).

5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em boa parte dos aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final. Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.	Desenvolvimento: Otimização do processo de fertilização nitrogenada de sorgo e construção de modelo matemático (protótipo), com fontes, doses e épocas determinadas, em pequena escala.	Desenvolvimento: Otimização do processo de manejo de poda de inverno antecipada, com tipos de poda selecionadas, e determinação da necessidade de manejo químico para brotação para cada tipo de poda e épocas de avaliação, em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).
6	Piloto / Melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.	Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.	Scale up: Otimização do processo de fertilização nitrogenada de sorgo a partir de uso de modelo matemático, com doses selecionadas e em diferentes locais, em maior escala (campos experimentais e fazendas modelo).	Scale up: Otimização do processo de manejo de poda de inverno antecipada, com tipos de poda selecionadas, e avaliação da necessidade de manejo químico para brotação para cada tipo de poda, em diferentes locais, em maior escala (campos experimentais e fazendas modelo). CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).
7	Final (completa) / Pós- melhoramento	Similar (configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional. Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis	Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.	Processo de fertilização nitrogenada de sorgo a partir de uso de modelo matemático validado, em ambiente produtivo/comercial, com avaliação de rendimento e avaliação econômica.	Processo de manejo de poda de inverno antecipada, com testes de indutores de brotação validado, em ambiente produtivo/comercial, com avaliação de rendimento e avaliação econômica. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).

8	Final (completa) / Pós- melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo</p>	<p>Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.</p>	<p>Processo final definido por meio de um modelo matemático que engloba o preço estimado da produção a ser gerada e o rendimento médio esperado do plantio de sorgo, de acordo com a dose do adubo nitrogenado. Processo implantado em larga escala, em ambiente produtivo/comercial.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Processo final definido para antecipação da poda, sem influência no rendimento, com definição do uso (doses e produtos) de indutor de brotação, nas condições da região testada. Além da definição do melhor espaçamento e carga de gemas. Processo implantado em larga escala, em ambiente produtivo/comercial.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
9	Final (completa) / Pós- melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance.</p> <p>Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.</p>	<p>Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).</p>	<p>Processo utilizado em ambiente produtivo/comercial, em larga escala e utilizado com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção</p>	<p>Processo utilizado em ambiente produtivo/comercial, em larga escala e utilizado com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção</p>

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 3. Escala TRL/MRL para produtos industriais e agropecuários.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Produto Inoculante	Produto Biofilme	Agente de controle biológico
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que um inoculante para fixação de N pode ser criado e tal princípio poderia ser usado para aumentar a produtividade das culturas Não há CTA* definido	É conhecido que bactérias formadoras de biofilme podem ser usadas para desenvolver um insumo e tal princípio poderia ser usado para o controle da antracnose Não há CTA* definido	É conhecido que insetos predadores podem controlar pragas e tal princípio pode ser usado para reduzir danos nas lavouras Não há CTA definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá- las.	Proposta concebida de que pode ser desenvolvido um inoculante com maior capacidade de fixação de N do que os disponíveis no mercado. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs*). Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)	Proposta concebida de que determinadas bactérias formadoras de biofilme, sendo antagonistas epífitas do mamão poderiam ser introduzidas em um insumo para controle da antracnose. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs). Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)*.	Proposta concebida de que uma determinada vespa pode ser multiplicada em ambiente controlado e utilizada de forma sistemática para reduzir danos de uma praga nas lavouras. Definição dos parâmetros- chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs). Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico- analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório, com identificação e seleção de novos microrganismos com capacidade de fixação de N, em ambiente controlado. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório, com isolamento e seleção de bactérias antagonistas; avaliação da formação de biofilmes e controle do fungo. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório, com reprodução da vespa e avaliação da eficiência da predação da praga pela vespa. CTA é inferior ao(s) CTR(s)
4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório	Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que	Desenvolvimento: Avaliação do potencial de novas estirpes de microrganismos com capacidade de fixação de N mais eficiente do que os	Desenvolvimento: Avaliação da formulação de bactérias, formadoras de biofilme, antagonistas epífitas do mamão para o controle da antracnose; testes em frutos	Desenvolvimento: Avaliação do processo de reprodução da vespa, mecanismo de liberação e processo de predação da praga

			Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)	funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.	disponíveis no mercado e de excipientes para formulação	em escala laboratorial, com melhorias técnicas e econômicas em relação ao padrão.	especificados e validados em laboratório.	
5	Prova de conceito / Laboratorial / Pré-melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em boa parte dos aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final. Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção.	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.	Desenvolvimento: Processo de produção de inóculos de microrganismos com capacidade de fixação de N mais eficiente do que os disponíveis no mercado, testados em ambiente externo. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Desenvolvimento: Processo da formulação de bactérias, formadoras de biofilme, antagonistas epífitas do mamão. Desempenho do controle da antracnose com melhorias técnicas em relação ao padrão. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s). Desenvolvimento: Componentes do dispositivo de liberação da vespa testados em ambiente externo. Desempenho do controle da praga em ambiente externo testado de maneira independente da forma de liberação. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).
6	Piloto / Melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante. Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.	Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.	Scale up: Protótipo da formulação contendo os microrganismos selecionados com capacidade de fixação de N mais eficiente do que os disponíveis no mercado e teste de eficiência agrônômica a campo da formulação final. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Scale up: Protótipo da formulação de bactérias, formadoras de biofilme, antagonistas epífitas do mamão para o controle da antracnose, testado em ambiente externo, com avaliação do desempenho no controle da doença. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Scale up: Protótipo do dispositivo de liberação da vespa testado em ambiente externo, com avaliação do desempenho no controle da praga. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).

7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional. Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis	Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.	Protótipo do inoculante testado em ambiente de lavoura, com avaliação do desempenho em ambiente industrial com demonstração do desempenho a campo.	Protótipo da formulação testado em ambiente de lavoura, com avaliação do desempenho no controle da antracnose. Produção da formulação em ambiente produtivo/industrial.	Protótipo do dispositivo de liberação da vespa testado em ambiente de lavoura, com avaliação do desempenho no controle da praga. Reprodução da vespa testada em ambiente produtivo/industrial.
8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo.	Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.	Produto final especificado e produção do inoculante em ambiente produtivo/industrial, em larga escala.	Produto final especificado e produção da formulação realizada em ambiente produtivo/industrial, em larga escala.	Produto final especificado e produção do dispositivo realizada em ambiente produtivo/industrial, com reprodução da vespa realizada em larga escala.
9	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance. Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.	Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).	Produto validado e testado e apto para aplicação real produzido em ambiente produtivo/industrial e utilizado em lavouras reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção	Produto validado e testado e apto para aplicação real produzido em ambiente produtivo/industrial e utilizado em lavouras reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção	Produto validado e testado e apto para aplicação real produzido em ambiente produtivo/industrial e utilizado em lavouras reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção

Fonte: Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017.

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 4. Escala TRL/MRL para cultivares.

TRL/MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Cultivares de plantas perenes	Cultivares de plantas anuais	Biotecnologia Vegetal
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados.	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que a laranja pode ser melhorada geneticamente e tal princípio pode ser usado para aumentar a produtividade da cultura.	É conhecido que a canola pode ser melhorada geneticamente e tal princípio pode ser usado para aumentar produção de óleo.	É conhecido que técnicas de silenciamento gênico podem ser usadas no melhoramento genético e tal princípio pode ser usado para a redução da recalcitrância da parede celular da cana-de-açúcar.
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido.	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Proposta concebida e estratégia de melhoramento definida para aumento de 20% da produtividade de laranja em 5 anos. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs). Não há CTA* definido. Definição do(s) CTR(s)*.	Proposta concebida e estratégia de melhoramento definida para aumento de produção de óleo na canola. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs). Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).	Proposta concebida e estratégia de melhoramento definida para redução da recalcitrância da parede celular de cana-de-açúcar por meio de técnicas de silenciamento gênico. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs). Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s).
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental. Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar).	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Início da experimentação: Coleta de recursos genéticos, formação e caracterização de Banco Ativo de Germoplasma (BAG) e coleção nuclear. CTA é inferior ao(s) CTR(s).	Início da experimentação: Coleta de recursos genéticos, formação e caracterização de Banco Ativo de Germoplasma (BAG) e coleção nuclear. CTA é inferior ao(s) CTR(s).	Início da experimentação: Identificação de sequências gênicas e promotores, síntese e inserção em plantas modelo. Demonstração experimental do fenótipo (redução da recalcitrância da parede celular) por meio de experimentos conduzidos em câmaras de crescimento. CTA é inferior ao(s) CTR(s).

4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	<p>Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório</p> <p>Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)</p>	Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.	<p>Desenvolvimento: Cruzamentos/seleções e avaliação fenotípica das melhores plantas em BAGs, casa-de-vegetação, plots ou laboratório. O CTA corresponde aos valores medidos para o percentil 5% superior da população (critério de seleção = p: 0,05).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Desenvolvimento: Geração de populações de melhoramento (recombinação/ avaliação). O CTA corresponde aos valores medidos para o percentil 5% superior da população (critério de seleção = p: 0,05).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Desenvolvimento: Avaliação fenotípica e seleções dos melhores eventos em planta modelo em casa-de-vegetação.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	<p>Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)</p>	<p>Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção</p>	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.	<p>Desenvolvimento: Avaliação fenotípica e validação de genótipos candidatos a cultivar no próprio ambiente. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Desenvolvimento: Avaliação fenotípica, avaliação dos teores de óleo e validação de genótipos candidatos a cultivar no próprio ambiente. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Desenvolvimento: Transformação da cultura alvo e validação do fenótipo em casa de vegetação. Seleção dos melhores eventos geneticamente modificados (GM).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
6	Piloto / Melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos. Aproximadamente e 1/10 da escala final, mas pode ser menor dependendo da aplicação)	<p>Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)</p>	<p>Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.</p>	Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.	<p>Scale up: Testes de produtividade e/ou testes de interação Genótipo x Ambiente. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Scale up: Testes de interação Genótipo x Ambiente. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Scale up: Testes de interação Genótipo x Ambiente. Eventos GM da cultura alvo são avaliados em condições de campo (2 ou mais ambientes).</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>

7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis.</p>	<p>Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.</p>	<p>Validação em vários ambientes/campos em escala de pomar comercial. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Validação em vários ambientes/campos em escala de lavoura. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Validação em vários ambientes/campos em escala maior. Testes para avaliação do potencial de impacto ambiental da cultivar.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (Corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo</p>	<p>Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.</p>	<p>Operação: Produção e oferta de sementes/material propagativo em larga escala.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Operação: Produção e oferta de sementes/material propagativo em larga escala.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Operação: Produção e oferta de sementes/material propagativo em larga escala.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
9	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (Corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance.</p> <p>Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.</p>	<p>Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).</p>	<p>Cultivar sendo produzida em pomares comerciais com desempenho conforme o esperado em sistema de produção adequado, sem necessidade de quaisquer ajustes.</p>	<p>Cultivar sendo produzida em lavouras comerciais com desempenho conforme o esperado em sistema de produção adequado, sem necessidade de quaisquer ajustes.</p>	<p>Cultivar sendo produzida em plantios comerciais com desempenho conforme o esperado em sistema de produção adequado, sem necessidade de quaisquer ajustes.</p>

Fonte: Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017.

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 5. Escala TRL/MRL para vacinas (insumos agropecuários).

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Vacinas	Kit diagnóstico
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que vacinas para doenças podem ser criadas e tal princípio pode ser aplicado para uma vacina nacional contra a <i>Pasteurella multocida</i> sorotipo A (PmA) Não há CTA* definido	É conhecido que kit diagnóstico pode ser desenvolvido para doenças e tal princípio pode ser aplicado para bronquite infecciosa das aves Não há CTA definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Proposta concebida de que é possível criar uma vacina nacional contra a <i>Pasteurella multocida</i> sorotipo A (PmA) mais eficiente que as importadas. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs), exemplificados pela precisão, exatidão, repetibilidade, áreas de risco etc. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)*	Proposta concebida de que é possível desenvolver um kit diagnóstico de bronquite infecciosa das aves mais eficiente para as cepas virais existentes no Brasil. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs), exemplificados pela precisão, exatidão, repetibilidade, áreas de risco etc. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório. Identificação/escolha da cepa com alta patogenicidade (antígeno definido). Análise dos parâmetros da produção do antígeno. Avaliação do processo de produção de vacina, com testes de estabilidade, testes com diferentes adjuvantes, concentrações definidas, etc. CTA é inferior ao(s) CTR(s).	Início da experimentação: Conceito comprovado em laboratório. Caracterização e escolha das cepas virais. Avaliação do processo de produção do antígeno recombinante, especificado e validado em laboratório. CTA é inferior ao(s) CTR(s).
4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)	Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.	Desenvolvimento: Avaliação e elaboração dos protocolos vacinais, especificados e validados em laboratório. Utilização de modelos animais. Desenvolvimento da vacina teste (conceito). CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Desenvolvimento: Avaliação dos testes de bancada para produção do kit e testes do uso do antígeno em metodologia diagnóstica (ELISA), especificados e validados em laboratório. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).

<p>5</p> <p>Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento</p>	<p>Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)</p>	<p>Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)</p>	<p>Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção</p>	<p>Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.</p>	<p>Desenvolvimento: Desempenho da vacina no controle de Pasteurella multocida sorotipo A (PmA), em modelos animais.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Desenvolvimento: Desempenho do kit no diagnóstico de bronquite infecciosa, em ambiente externo.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
<p>6</p> <p>Piloto / Melhoramento</p>	<p>Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos. Aproximadamente e 1/10 da escala final, mas pode ser menor dependendo da aplicação)</p>	<p>Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)</p>	<p>Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.</p>	<p>Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.</p>	<p>Scale up: Protótipo da vacina contra a Pasteurella multocida sorotipo A (PmA) testada em ambiente externo (testes pré-clínicos e em animal alvo), com avaliação do desempenho no controle da doença.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Scale up: Protótipo do kit diagnóstico de bronquite infecciosa testado em ambiente externo, com avaliação do desempenho no diagnóstico da doença.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
<p>7</p> <p>Final (completa) / Pós-melhoramento</p>	<p>Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)</p>	<p>Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)</p>	<p>Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis</p>	<p>Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.</p>	<p>Protótipo da vacina testado em ambiente externo, por meio de testes clínicos (em maior escala) com avaliação do desempenho no controle da doença e definições acerca da fabricação (BPF/GMP), em ambiente produtivo/industrial. Testes em granjas.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Protótipo do kit diagnóstico de bronquite infecciosa das aves testado em ambiente externo, por meio de testes clínicos (em maior escala) com avaliação do desempenho no diagnóstico da doença e definições acerca da fabricação (BPF/GMP), em ambiente produtivo/industrial. Testes em granjas.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>

8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (Corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo.</p>	<p>Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.</p>	<p>Produto final especificado e produção da vacina realizada em ambiente produtivo/industrial, em larga escala.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Produto final especificado e produção do kit diagnóstico realizada em ambiente produtivo/industrial, em larga escala</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
9	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (Corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance.</p> <p>Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.</p>	<p>Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).</p>	<p>Produto produzido em ambiente produtivo/industrial e utilizado em granjas reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção</p>	<p>Produto produzido em ambiente produtivo/industrial e utilizado em granjas reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção</p>

Fonte: Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017.

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 6. Escala TRL/MRL para raças ou grupos genéticos.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Raça de frango de corte	Raça de galinha poedeira	Raça de suíno
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que uma linhagem nacional de frango de corte pode ser desenvolvida e tal princípio pode ser usado para aumentar a competitividade no mercado Não há CTA* definido.	É conhecido que uma linhagem de galinha para ovos coloniais pode ser desenvolvida e tal princípio pode ser usado para aumentar a competitividade no mercado Não há CTA definido.	É conhecido que uma raça de suíno pode ser desenvolvida e tal princípio pode ser usado para apresentar carne de melhor qualidade Não há CTA definido.
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Proposta concebida de que uma linhagem nacional de frango de corte pode ser competitiva. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs*) Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)	Proposta concebida de que uma determinada linhagem de ovos coloniais pode apresentar produção semelhante e maior rusticidade do que as linhagens para produção de ovos em gaiolas. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs) Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)	Proposta concebida de que uma determinada raça de suíno pode apresentar carne de melhor qualidade para produtos de maior valor agregado. Definição dos parâmetros-chave de desempenho e/ou Coeficientes Técnicos de Referência (CTRs) Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar).	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Início da experimentação: Conceito comprovado, com coleta/aquisição de recursos genéticos, formação e caracterização. Definição dos cruzamentos realizados. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Início da experimentação: Conceito comprovado, com coleta/aquisição de recursos genéticos, formação e caracterização. Definição dos cruzamentos realizados. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Início da experimentação: Conceito comprovado, com coleta/aquisição de recursos genéticos, formação e caracterização. Definição dos cruzamentos realizados. CTA é inferior ao(s) CTR(s)
4	Prova de conceito/ Laboratorial /	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou	Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que	Desenvolvimento: Cruzamentos/seleções e avaliação das melhores raças/linhagens, em	Desenvolvimento: Cruzamentos/seleções e avaliação das melhores raças/linhagens, em ambiente	Desenvolvimento: Cruzamentos/seleções e avaliação das melhores raças/linhagens, em

	Pré-melhoramento		arranjos experimentais básicos de laboratório	funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.	ambiente controlado considerando o(s) componente(s) crítico(s) definido(s).	controlado considerando o(s) componente(s) crítico(s) definido(s).	ambiente controlado considerando o(s) componente(s) crítico(s) definido(s).	
			Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente).		CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	
5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final. Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção.	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.	Desenvolvimento: Avaliação e validação de linhagens/raças candidatas, em ambiente externo. Desempenho da produção avaliado. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.	Desenvolvimento: Avaliação e validação de linhagens/raças candidatas, em ambiente externo. Desempenho da produção e rusticidade avaliado. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.	Desenvolvimento: Avaliação e validação de linhagens/raças candidatas, em ambiente externo. Desempenho da qualidade de carne avaliado. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população.
					CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	
6	Piloto / Melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos. Aproximadamente 1/10 da escala final, mas pode ser menor dependendo da aplicação)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante. Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.	Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.	Scale up: Raça/linhagem promissora, com avaliação do desempenho de produtividade por meio de testes de produtividade e/ou testes de interação Genótipo x Ambiente, em ambiente externo.	Scale up: Raça/linhagem promissora, com avaliação do desempenho de produtividade e rusticidade por meio de testes de produtividade e/ou testes de interação Genótipo x Ambiente, em ambiente externo.	Scale up: Raça/linhagem promissora, com avaliação do desempenho de produção de carne de qualidade por meio de testes de produtividade e/ou testes de interação Genótipo x Ambiente, em ambiente externo.
					CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	
7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional. Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos	Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo	Raça/linhagem avaliada em ambiente produtivo / industrial, com avaliação de desempenho da produtividade de carne.	Raça/linhagem avaliada em ambiente produtivo / industrial, com avaliação de desempenho da produtividade de ovos e rusticidade.	Raça/linhagem avaliada em ambiente produtivo / industrial, com avaliação de desempenho da qualidade da carne.

			em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis.	demonstração em ambiente operacional.		CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).
8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (Corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo.	Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.	Operação: Produção de pintainhos em larga escala, em ambiente produtivo / industrial. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Operação: Produção de pintainhos em larga escala, em ambiente produtivo / industrial. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).	Operação: Produção de matrizes em larga escala, em ambiente produtivo / industrial. CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).
9	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (Corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance. Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.	Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).	Raça/linhagem produzida em ambiente produtivo / industrial e utilizada em granjas reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção	Raça/linhagem produzida em ambiente produtivo / industrial e utilizada em granjas reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção	Raça/linhagem produzida em ambiente produtivo / industrial e utilizada em granjas reais com desempenho alcançado conforme especificação, sem necessidade de ajustes no produto ou no processo de produção

Fonte: Relatório do GT da Portaria Nº 1159/2017. *CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 7a. Escala TRL/MRL para software.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Software Web	Software como Aplicativo Móvel
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	É conhecido que um software web pode ser utilizado e traduzido como solução para o problema levantado, perante as características do público-alvo de utilizadores e os desafios técnicos apresentados. Identificados possíveis soluções existentes de que possam ser reusadas/adaptadas.	Estudo de dispositivos e aderência da aplicação de aplicativo móvel como solução para problema levantado, perante as características do público-alvo de utilizadores, forma de distribuição os desafios técnicos apresentados e identificados possíveis frameworks que possam ser utilizados.
						Não há CTA Definido	Não há CTA Definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Identidade visual, composição gráfica, mapa de navegação, plataforma tecnológica, recursos de infraestrutura definidos, levantamento de possíveis parceiros, modelo de suporte/operação negócio e público alvo definido para o software web.	Identidade Visual, plataforma móvel (Android/IOS, etc.), recursos dos dispositivos necessários e características técnicas (sensores, modelos de tablets/celulares compatíveis) definidos, levantamento de possíveis parceiros, modelo de suporte/operação, gestão de dados e negócio definido para o aplicativo móvel e proposta de valor.
						Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)	Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Requisitos funcionais e não funcionais documentados, desenho da arquitetura e de integração com demais componentes declarados, requisitos validados com os stakeholders, plano de integração e de dados elaborado e protótipo de software construído e testes em ambiente de desenvolvimento realizados.	Requisitos funcionais e não funcionais documentados, desenho da arquitetura e de integração com demais componentes declarados, requisitos validados com os stakeholders, plano de integração e de dados elaborado e protótipo de software construído.
						CTA é inferior ao(s) CTR(s)	CTA é inferior ao(s) CTR(s)

4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	<p>Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório</p> <p>Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)</p>	Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.	<p>Testes das Interfaces de Integração com outros sistemas realizados.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Teste de microserviços, autenticação, teste de segurança, desempenho, domínio e integração com outros serviços em ambiente de desenvolvimento realizado.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em boa parte dos aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	<p>Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção</p>	Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.	<p>Teste de carga de dados, avaliação do desempenho realizado.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Testes em dispositivos elencados como compatíveis com a aplicação.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
6	Piloto / Melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	<p>Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.</p>	Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.	<p>Disponibilização do Software em ambiente de homologação e plano de marketing elaborado.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Disponibilização na Loja de Aplicativo como versão beta realizada, Plano de distribuição e de marketing elaborado.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes</p>	Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.	<p>Avaliação de Satisfação realizada, e plano de mudanças gerenciado. Software em Versão Candidata a Final</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Avaliação de Satisfação realizada, e plano de mudanças gerenciado. Software em Versão Candidata a Final</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>

				operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/ simuladores inativos compatíveis			
8	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo</p>	Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.	Software disponibilizado e testado por um grupo restrito de usuários finais.	Aplicativo distribuído e testado por um grupo restrito de usuários finais.
9	Final (completa) / Pós-melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance.</p> <p>Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.</p>	Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).	Software disponibilizado ao mercado.	Aplicativo disponibilizado ao mercado.

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Tabela 7b. Escala TRL/MRL para softwares.

TRL/ MRL	Escala ou Fase / Ação de PD&I [d; e]	Fidelidade / Configuração do Objeto [y]	Ambiente [c; e; y]	Descrição Geral [a; b]	Descrição detalhada [x]	Software como Serviço	Software Embarcado
1	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	A pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa e desenvolvimento, no entanto, sem realização de investigação aplicada, nem desenvolvimento.	Análise da necessidade da elaboração de novos serviços em software para oferta de dados ou informação oriunda do processamento computacional para público-alvo/mercado demandante definido e identificado possíveis ecossistemas de serviços que possam ser utilizados. Não há CTA Definido	Identificado possíveis frameworks que possam ser utilizados, e estudo de viabilidade para avaliar a aderência da proposta de solução aos conceitos teóricos propostos. Não há CTA Definido
2	Conceitual	Descrição	Teórico	Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada. Processo: Conceito de manufatura definido	Uma vez que princípios básicos foram observados, aplicações práticas são propostas ou têm algum grau de sustentação. No entanto, são especulativas, podendo não haver provas ou análise detalhada para sustentá-las.	Levantamento dos dados de entrada e saída, análise de viabilidade, estudo teórico, público alvo, modelo de oferta, provedor de serviços realizado para software ofertado como serviço e proposta de valor definido. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)	Aderência das características do software às condições e restrições do hardware verificada, arquitetura de hardware selecionado, condições do ambiente onde a tecnologia estará em operação, definição da plataforma de construção e gestão de dados declarada, modelo de comunicação estabelecido, sensores, atuadores, dados aberto, missão e requisitos de produto declarados, parceiros e modelo de negócio ou resultado social levantado e declarado. Não há CTA definido. Definição do(s) CTR(s)
3	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré- melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)	Pesquisa e desenvolvimento é iniciada, como prova de conceito preliminar, envolvendo estudos analíticos e laboratoriais para a validação físico-analítica dos componentes isolados da tecnologia.	Plano de capacidade x demanda e documentação do serviço declarado e algoritmo desenvolvido e implantado no provedor de serviço. CTA é inferior ao(s) CTR(s)	Requisitos funcionais documentados, desenho da arquitetura e de integração com demais componentes declarados, requisitos validados com os stakeholders, requisitos priorizados por criticidade e agregação de valor ao negócio, plano de integração realizado e protótipo de software construído. CTA é inferior ao(s) CTR(s)

4	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	<p>Produto: Validação em ambiente controlado de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório</p> <p>Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente controlado (fazer funcionar apropriadamente)</p>	<p>Componentes básicos da tecnologia são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificação de que funcionam em conjunto. Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório.</p>	<p>Casos de teste do serviço executado.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Implantação do Software no hardware selecionado realizada e teste das principais funcionalidades realizada.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
5	Prova de conceito/ Laboratorial / Pré-melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em boa parte dos aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	<p>Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final.</p> <p>Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção</p>	<p>Os componentes tecnológicos básicos são integrados com elementos de suporte razoavelmente realísticos, possibilitando testes em ambiente relevante e com maior fidelidade, em relação ao nível anterior. A validação ocorre em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais.</p>	<p>Teste de segurança, desempenho, domínio e integração com outros serviços.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Teste dos Requisitos de Produto e Domínio da Aplicação</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
6	Piloto / Melhoramento	Similar (com configuração que corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional)	<p>Produto: Modelo do sistema / subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante</p> <p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.</p> <p>Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional.</p>	<p>Modelo do sistema / subsistema protótipo, com configuração da tecnologia mais avançada em relação ao nível anterior, é demonstrado em ambiente relevante, significativamente mais representativo em termos de finalização.</p>	<p>Avaliação do desempenho em condições similares a produção.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Implantação do software embarcado no hardware para testar a experiência de uso na perspectiva técnica. Plano de distribuição e de marketing elaborado.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
7	Final (completa) / Pós-melhoramento	Similar (configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia está em comissionamento inativo. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis</p>	<p>Protótipo com configuração próxima ou exata à aplicação em ambiente operacional. Representa evolução significativa em relação ao nível anterior, requerendo demonstração em ambiente operacional.</p>	<p>Avaliação do desempenho em condições similares a produção com usuários finais, gestão de log implantada.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Teste de Stress, robustez, disponibilidade, e outros estabelecidos para garantir o funcionamento sem qualquer degradação no serviço disponibilizado. Experiência do usuário avaliada e plano de mudanças gerenciado. Software em Versão Candidata a Final</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>

8	Final (completa) / Pós- melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado.</p> <p>Processo: Implementação da produção e minimização dos custos. Tecnologia em comissionamento ativo.</p>	<p>Prova de que a tecnologia funciona em sua forma final, e sob condições esperadas. Sistema totalmente completo, testado, qualificado e demonstrado. Representa o final da etapa de desenvolvimento da tecnologia.</p>	<p>Serviço testado e disponibilizado a um grupo restrito de utilizadores.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>	<p>Industrialização e Comercialização em Lote Experimental.</p> <p>CTA deve ser igual ou superior ao(s) CTR(s).</p>
9	Final (completa) / Pós- melhoramento	Idêntico (corresponde à aplicação final em todos os aspectos)	Operacional (ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto)	<p>Produto: O sistema já foi operado em todas as condições, extensão alcance.</p> <p>Processo: Uso do produto em todo seu alcance e quantidade.</p>	<p>Tecnologia em formato final, em aplicação/execução de produção, correspondentes a todas as condições operacionais (em extensão/alcance).</p>	<p>Serviço disponibilizado ao mercado.</p>	<p>Industrialização e Comercialização em Escala</p>

*CTA (Coeficiente Técnico Atual) e CTR (Coeficiente Técnico de Referência).

Definições [c;x;z]

Alta fidelidade	Um ambiente laboratorial de alta fidelidade aborda forma, função e adequação da tecnologia, envolvendo testes com equipamentos que simulam e validam todas as especificações da tecnologia para uma determinada aplicação, em uma configuração laboratorial.
Baixa fidelidade	Um modelo representativo da tecnologia, com habilidade/características limitadas para apresentar informações de primeira ordem, em relação ao produto final. Testes de baixa fidelidade são usadas para fornecer análise de tendências com pouco detalhamento.
Modelo	Uma forma funcional da tecnologia, que pode apresentar especificação reduzida, próxima ou correspondente à operacional. Modelos têm de ser suficientemente reforçados para permitir a demonstração de capacidades técnicas e operacionais requeridas para o sistema final.
Protótipo	Um modelo físico usado para avaliar a viabilidade de fabricação ou utilidade/aplicabilidade da tecnologia.
Ambiente operacional	Ambiente que remete a todos os requerimentos operacionais e especificações, requeridos à versão final da tecnologia.
Ambiente relevante	Ambiente de teste que simula tanto os aspectos mais importantes, quanto os mais estressantes, do ambiente operacional da tecnologia (ex. ambiente industrialmente relevante - vide definições H2020).
Prova de conceito	Experimentos físicos e analíticos que demonstram conceitos de hardware/software que podem ou não ser incorporados em desenvolvimentos subsequentes ou unidades operacionais
Protótipo de baixa fidelidade	Integra alguns componentes da tecnologia para demonstração limitada à viabilidade de conceito e função, podendo fornecer dados técnicos sem adereçar forma ou adequação. Geralmente usa componentes comerciais ou adhoc, sem a intenção de fornecer informação definitiva de desempenho operacional. É tipicamente configurado para uso laboratorial para demonstração dos princípios técnicos de interesse imediato.
Protótipo de média fidelidade	Uso do maior número possível de componentes operacionais, enquanto inicia-se o desenvolvimento que adereça a ampliação de escala associada ao sistema operacional. Não há, no entanto, a certificação de engenharia em todos os aspectos, mas é estruturado para permitir a operação em ambientes operacionais simulados, visando acessar o desempenho de funções críticas.
Protótipo de alta fidelidade	É um modelo físico usado para avaliar a viabilidade técnica ou fabril de uma tecnologia. Demonstra forma (design e interfaces), adequação (deve estar em escala apropriada para adereçar questões de dimensões reais críticas), e função (capacidade de desempenho/operação total) em relação à versão final da tecnologia. Pode ser considerado como o Primeiro Modelo de Engenharia. Não tem a certificação de engenharia ou dados para sustentar seu uso em ambiente externo, exceto em casos onde um ambiente específico é requerido para habilitar a operação funcional. É, em extensão máxima possível, idêntico à tecnologia em ambiente operacional, sendo construído para testar a fabricação e processos de teste em escala apropriada para adereçar características críticas em escala completa/total.
Unidade	Um item funcional completo e separado no mais baixo nível (ex. uma válvula)

Componente	Duas ou mais partes capazes de desmontagem ou substituição (ex. um circuito impresso device-populated)
Parte ou dispositivo	Peça única ou combinação de peças que, na desmontagem, são destruídas ou danificadas (ex. um resistor)
Subsistema	Uma coleção integrada de componentes, dispositivos e outros elementos (inclusive hardware e software) que desempenham funções, tipicamente como parte de um sistema maior.
Sistema	Uma coleção integrada de subsistemas e outros elementos (inclusive hardware e software) que desempenha funções específicas, tipicamente como parte de uma aplicação maior, e geralmente em operação em combinação com outros sistemas

Exemplos de Coeficientes Técnicos	
Máquinas, equipamentos e implementos	Velocidade, consumo energético, emissão de gases de efeito estufa, consumo de água, consumo energético, potência do motor, nível de segurança, nível de conforto, nível de ruído emitido, portátil ou fixa, nível de vibração, autonomia de trabalho, Periodicidade mínima de manutenção, processividade, precisão, etc.
Processos industriais e agropecuários	Produtividade, rendimento, toxicidade, emissão de gases de efeito estufa, consumo de água, consumo energético, tipo de secagem, teor de extração de óleo, teor de umidade, elasticidade, número de aplicações de agrotóxicos, quantidade usada de fertilizantes químicos, etc.
Produtos industriais e agropecuários	Produtividade, rendimento, emissão de gases de efeito estufa, consumo de água, pureza, estabilidade, número de aplicações de agrotóxicos, quantidade usada de fertilizantes químicos, etc.
Cultivares	Produtividade, resistência à pragas e doenças, resistência à seca, teor de óleo, acidez do fruto, teor de sólidos solúveis, teor de proteína no grão, firmeza da polpa, coloração da polpa, massa de matéria seca, tempo de cozimento, índice de eficiência agrônômica (produção/unidade de nutriente), distribuição/concentração da produção no tempo, etc.
Insumos agropecuários	Rendimento, precisão, estabilidade, teor de pureza, índice de efeito colateral, produção de anticorpo, etc.
Raças ou grupos genéticos	Produtividade, resistência a doenças, rusticidade, precocidade sexual, maciez da carne, teor de gordura entremeada (marmoreio), acabamento de carcaça (gordura de cobertura), conversão alimentar, taxa de mortalidade do animal, valores de rendimento de carcaça de frango (carne de peito e pernas), medidas de comprimento,

	largura e espessura do filé de frango, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, ciclo de postura da galinha poedeira, espessura da casca do ovo, resistência da casca do ovo, peso do ovo, consumo de ração, etc.
Software	Número de plataformas móveis, número de plataformas compatíveis, número de ambientes, número de funcionalidades, capacidade de carga, usabilidade, nível de segurança, etc.