



Modelo de Avaliação de Maturidade para Iniciativas de Inovação e Tecnologia Social¹

Anderson Pedrosa²

Engenheiros Sem Fronteiras núcleo Natal (ESF-Natal) - Brasil

<https://orcid.org/0009-0001-6857-8568>

Sandra Rufino³

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-5047-1041>

Resumo: As inovações e tecnologias sociais enfrentam limitações ao serem avaliadas por modelos tradicionais, que privilegiam critérios técnico-comerciais e desconsideram suas especificidades sociais. Este artigo propõe o Nível de Maturidade Tecnológica Social (NMTS), inspirado na métrica *Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels* (TRL/MRL) desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), como ferramenta mais adequada a esse campo. O modelo considera aspectos como viabilidade, participação popular, empoderamento coletivo, contexto territorial e continuidade. A metodologia é baseada em revisão teórica e aplicação prática em quatro iniciativas de impactos socioambientais. Os resultados apontam a importância de desenvolver instrumentos avaliativos às dinâmicas da Inovação e Tecnologia Social, contribuindo para seu reconhecimento, desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de fomento mais justas e eficazes.

Palavras-chave: Tecnologia Social. Inovação Social. TRL (*Technology Readiness Level*). Nível de Maturidade Tecnológica Social.

Modelo de Evaluación de Madurez para Iniciativas de Innovación y Tecnología Social

Resumen: Las innovaciones y tecnologías sociales enfrentan limitaciones cuando son evaluadas por modelos tradicionales que privilegian criterios técnico-comerciales y desatienden sus especificidades sociales. Este artículo propone el Nivel de Madurez Tecnológica Social (NMTS), inspirado en la métrica *Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels* (TRL/MRL) desarrollada por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), como una herramienta de evaluación más adecuada para este campo. El modelo considera aspectos como viabilidad, participación popular, empoderamiento

¹ Recebido em: 10/07/2025. Aprovado em: 09/10/2025.

² Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), membro voluntário do ESF-Natal. e-mail: andersonpcp14@gmail.com

³ Doutora em Engenharia de Produção, UFRN/PRODEMA/PPGTDS-UFRJ-NIDES ABEPETS/REPOS/ESF, engenheira educadora e professora universitária: sandra.rufino@ufrn.br

colectivo, contexto territorial y continuidad. La metodología se basa en revisión teórica y aplicación práctica en cuatro iniciativas con impacto socioambiental. Los resultados evidencian la importancia de desarrollar instrumentos de evaluación acordes a las dinámicas de la Innovación y Tecnología Social, contribuyendo a su reconocimiento, al desarrollo de políticas públicas y a estrategias de fomento más justas y eficaces.

Palabras-clave: Tecnología Social. Innovación Social. TRL (*Technology Readiness Level*). Nivel de Madurez Tecnológica Social

Evaluation Maturity Model for Social Innovation and Technology Initiatives

Abstract: Social innovations and technologies face limitations when assessed by traditional models, which prioritize technical-commercial criteria and overlook their social specificities. This article proposes the Social Technology Maturity Level (STML), inspired by the Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels (TRL/MRL) developed by the National Aeronautics and Space Administration (NASA), as a more suitable evaluation tool. The model considers aspects such as feasibility, popular participation, collective empowerment, territorial context, and continuity. The methodology is based on theoretical review and practical application in four initiatives with socio-environmental impact. The results highlight the importance of developing evaluation tools aligned with the dynamics of Social Innovation and Technology, contributing to their recognition, the formulation of public policies, and fairer and more effective support strategies.

Keywords: Social Technology. Social Innovation. TRL (*Technology Readiness Level*). Social Technology Maturity Level.

INTRODUÇÃO

Diante dos crescentes desafios socioambientais enfrentados pela sociedade contemporânea, torna-se cada vez mais urgente repensar os modelos tradicionais de desenvolvimento que, muitas vezes, perpetuam desigualdades e negligenciam as realidades locais. A exclusão de populações vulneráveis dos processos de desenvolvimento e a limitação das abordagens convencionais de inovação e tecnologia evidenciam a necessidade de soluções inovadoras, sustentáveis e inclusivas.

Criado em 1990 por Amartya Sen e Mahbub ul Haq, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) ampliou a noção de progresso para além do PIB, incorporando dimensões como saúde e educação, aspectos que também impactam diretamente a qualidade de vida da população. Apesar disso, o Brasil ainda enfrenta desigualdades estruturais que limitam o acesso a direitos básicos e reforçam exclusões sociais e territoriais.

O conceito de Tecnologia é popularmente associado ao conceito de Tecnologia Convencional (TC), que surgiu com potencial de promover o desenvolvimento da sociedade, mas acabou se consolidando como um dos pilares das desigualdades

contemporâneas. Dagnino (2010) afirma que a TC está vinculada ao capitalismo, pautada na maximização da produtividade e do lucro, o que aprofunda as desigualdades nos territórios periféricos. Nessa mesma lógica, a Inovação Tecnológica concentra-se em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), orientada a fins comerciais e concebida sem participação social, reforça relações verticalizadas e limita o potencial transformador da tecnologia (França Filho, 2018).

Em oposição a essa lógica dominante de produção e inovação, emergem os conceitos de Inovação Social e Tecnologia Social (TS) como alternativa para o desenvolvimento, centrada na adequação das inovações às realidades locais e na construção de uma sociedade mais justa, com novas formas de organização e relações sociais de produção (Henriques; Nepomuceno; Alvear, 2015).

A Fundação Banco do Brasil (FBB) adota a mesma definição da TS que a Rede de Tecnologia Social (RTS), “compreendendo a TS como produtos, técnicas ou metodologias, reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representam efetivas soluções de transformação social” (ITS; BRASIL MDS; BRASIL MCTI, 2005, p.11). A TS se caracteriza pelo processo participativo que envolve a atuação ativa dos beneficiários no desenvolvimento e aplicação das soluções. Essa aproximação com a realidade social torna as respostas mais efetivas e reaplicáveis em diferentes contextos (Nascimento, 2021).

Alinhado a essa concepção, a Inovação Social é entendida como novas ideias, abordagens ou intervenções que funcionam para atender necessidades sociais, criando relações significativas para melhorar vidas e promover mudanças sistêmicas sustentáveis. No seu desenvolvimento combinam elementos existentes de forma criativa, atravessam fronteiras setoriais e criam novas relações sociais, promovendo mudanças significativas e escaláveis que podem incluir desde iniciativas comunitárias até políticas públicas (Mulgan, 2007; Godin, 2012). Mais do que uma resposta técnica, trata-se de um processo que promove mudanças estruturais, reorganiza práticas sociais e contribui para a construção de soluções sustentáveis e de longo prazo.

Nesse sentido, ao promover soluções coletivas e centradas nas necessidades concretas da população, a Inovação Social e a Tecnologia Social configuram-se como práticas educativas emancipatórias, capazes de articular o saber técnico ao

conhecimento popular e respeitando a diversidade cultural e ambiental dos territórios. Assim, a articulação entre educação, tecnologia e participação social é essencial para romper com os modelos hegemônicos e construir caminhos de desenvolvimento mais justos, autônomos e enraizados nas realidades locais.

A Inovação Social e Tecnologia Social, quando bem-sucedidas, geram impactos socioambientais significativos. Ambas são reconhecidas como estratégias para enfrentar desafios sociais, como mudanças climáticas, desigualdade e sustentabilidade e têm ganhado destaque nas políticas promovidas pela União Europeia, Canadá, Austrália, Brasil e outros, destacando programas como a Estratégia Europa 2020, a Lisbon Declaration on Social Innovation e no Brasil a Estratégia Nacional de Economia e Impacto (ENIMPACTO), promovida pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

No entanto, a avaliação desses resultados apresenta desafios, pois seus objetivos não se limitam à criação de um novo produto, ao aumento imediato da produtividade ou a indicadores de curto prazo. Por serem construídas a partir de contextos variados e dinâmicos, essas tecnologias e inovações não seguem modelos padronizados e seus efeitos muitas vezes ocorrem de forma gradual e só se tornam plenamente visíveis no longo prazo.

No âmbito de Inovação tecnológica, existem estratégias para avaliação da maturidade, como o *Technology Readiness Levels/Manufacturing Readiness Levels* (TRL/MRL) - em português, Níveis de prontidão tecnológica/Níveis de prontidão de fabricação -, desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e conhecido como Nível de Maturidade Tecnológica. O TRL se refere aos níveis de maturidade de um produto ativo tangível, enquanto os MRL são aplicados para medir a maturidade de processos de produção (ativos intangíveis). Esse modelo tem como objetivo avaliar a maturidade tecnológica de uma inovação durante o ciclo de desenvolvimento, desde a concepção até a consolidação e ampliação.

No Brasil, cresce o número de editais promovidos por ministérios, agências de pesquisa e outras instituições que buscam valorizar o impacto social de iniciativas voltadas ao desenvolvimento de políticas públicas. No entanto, muitos desses editais ainda exigem instrumentos de avaliação com foco no mercado empresarial, o que

prejudica o processo de avaliação e a tomada de decisões. Segundo Howaldt *et al.* (2019) indicadores de impacto social são essenciais para medir a efetividade iniciativas sociais, a europa tem iniciativas importantes tais como Transition Towns no Reino Unido, Scattered Hospitality na Itália, e Neighbourhood Mothers na Dinamarca, que integram comunidades, governo e setor privado em soluções colaborativas.

Considerando os desafios para avaliar inovações e tecnologias sociais por meio de indicadores objetivos e mensuráveis no Brasil, e inspirando-se na estratégia da NASA para mensurar a maturidade de inovações tecnológicas, este artigo tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de um modelo de avaliação do Nível de Maturidade Tecnológica Social a partir da adaptação do TRL/MRL. Adicionalmente, apresenta-se exemplos de aplicação desse modelo para projetos de transformação social.

METODOLOGIA

A exploração teórica sobre o tema abordado no artigo foi fundamentada através de uma pesquisa bibliográfica e na análise de experiências práticas no campo da Inovação e Tecnologia Social. A revisão da literatura foi conduzida a partir de fontes acadêmicas e científicas como Scielo, CAPES e repositórios acadêmicos, priorizando autores de referência e publicações relevantes ao tema nas áreas de Inovação Social, Tecnologia Social, Extensão Tecnológica e Nível de Maturidade Tecnológica. Além disso, reflexões oriundas da participação em congressos, vivências em projetos de extensão e debates institucionais contribuíram para o aprofundamento teórico e prático da temática investigada.

A partir da base teórica, foi utilizada a abordagem qualitativa na pesquisa, representando a intenção de investigar as percepções, as dimensões subjetivas e o contexto social observado (Gil, 2008). Nessa perspectiva, foram analisados quatro projetos com foco em desenvolvimento social, a fim de exemplificar a proposta do Nível de Maturidade Tecnológica Social, uma adaptação da métrica TRL/MRL ao contexto da Inovação/Tecnologia Social. A avaliação foi realizada a partir da interpretação dos resultados apresentados pelos próprios projetos, somada à percepção crítica dos autores e à análise de documentos, relatórios e registros gerados ao longo das experiências vividas.

Os quatro projetos analisados foram selecionados a partir dos seguintes critérios:

- (i) alinhamento explícito com os princípios da Tecnologia social e da Inovação Social;
- (ii) artigos científicos e registros documentados dos projetos (relatórios, diagnósticos);
- (iii) envolvimento direto dos autores ou acompanhamento das iniciativas; e (iv) diversidade territorial e institucional, abrangendo diferentes perfis de comunidades atendidas. A escolha dos projetos teve como finalidade representar experiências concretas de aplicação prática dos conceitos discutidos, permitindo observar, de forma situada, o avanço dessas iniciativas em termos de maturidade.

INOVAÇÃO SOCIAL E TECNOLOGIA SOCIAL

Embora a Inovação Social seja praticada há muito tempo na sociedade, sua consolidação teórica ainda é recente e carece de aprofundamento. Com origem em pesquisas realizadas nos Estados Unidos e Europa, o termo “inovação” é amplo e tradicionalmente associado a melhorias em processos ou produtos. No entanto, passou a ser incorporado progressivamente no âmbito de desenvolvimento social para tratar de soluções transformadoras (Souza; Pozzebon, 2020).

Por se tratar de um conceito que emerge do campo social e da atuação de atores de diversas áreas, não há um consenso para sua definição (Moulaert; Maccallum, 2019). Para Howaldt *et al.* (2019) a inovação social são novas soluções, práticas ou abordagens que atendem a necessidades sociais de forma mais eficaz que as alternativas existentes, resultando em melhorias nas relações sociais, na formação coletiva e na governança, visando o bem-estar comum. Ainda nessa perspectiva, Howaldt, Kopp e Schwarz (2015) conceituam Inovação Social como a incorporação de novas práticas - incluindo conceitos, instrumentos de política, formas de cooperação e organização, métodos, processos e regulamentos - desenvolvidas ou adotadas por cidadãos, consumidores e formuladores de políticas, com o objetivo de responder a demandas sociais e enfrentar desafios coletivos de maneira mais eficaz do que as práticas já existentes.

Entre as diversas correntes teóricas, Andion *et al.* (2017) destacam duas vertentes predominantes: a da literatura inglesa e a da literatura francesa. A abordagem que prevalece na literatura inglesa compreende Inovação Social como ideias viáveis e novas capazes de solucionar problemas sociais. Enquanto a literatura francesa, que

possui um viés mais institucional, compreende a Inovação Social como um instrumento de transformação de longo prazo, que modifica padrões culturais e estruturas sociais.

Apesar das diferentes abordagens, há um ponto em comum: o foco no desenvolvimento social, especialmente em populações vulneráveis. Assim, para que o desenvolvimento através da solução de problemas sociais realmente seja concretizado, é imprescindível a participação dos atores sociais envolvidos diretamente nos problemas, pois são esses sujeitos que detêm os saberes locais para identificar as reais demandas (França Filho; Eynaud, 2020).

Diante do uso do termo em agendas mercadológicas, gerando uma banalização do tema, França Filho (2018) propõe uma retomada crítica do conceito e sugere 4 critérios fundamentais para identificar a Inovação Social: (1) finalidade, (2) o modo de acesso, (3) o modo de uso ou apropriação pelos utilizadores e (4) o modo de geração ou origem. A finalidade deve ser o atendimento de uma necessidade social. O acesso à Inovação Social deve ser através de serviço público ou serviço comum ofertados pela auto-organização da sociedade. O modo de uso deve ser apropriado efetivamente pelos sujeitos usuários, incorporando a inovação ao cotidiano do grupo ou território. Por fim, o autor afirma que a origem deve ser interna (auto-organização) ou externa e interna (cooperação entre diferentes atores).

Para além da identificação, a avaliação e acompanhamento do processo de Inovação Social também exige abordagens próprias. O Ciclo de Inovação Social, desenvolvido por Mulgan (2006) e posteriormente aperfeiçoado por Murray, Caulier-Grice, Mulgan. (2010) organiza o processo de Inovação Social em seis estágios: (1) avisos, (2) propostas, (3) protótipos, (4) manutenção, (5) escala e (6) mudança sistêmica. Esse modelo permite acompanhar o desenvolvimento de uma inovação social com base nessas etapas. Embora organizado em sequência, o modelo possui uma estrutura flexível, o que o torna uma ferramenta útil para compreender a complexidade das inovações sociais.

Apesar de não existir uma metodologia única para desenvolvimento de Inovação Social, existem princípios que devem ser respeitados no processo. Essas propostas demonstram que para pensar em Inovação Social é necessário refletir sobre o processo

de construção e apropriação, incorporando os valores e os interesses do contexto social e garantindo a sustentabilidade (França Filho, 2018).

Embora o termo Inovação Social (*Social Innovation*) seja amplamente utilizado na literatura do hemisfério norte, especialmente em pesquisas europeias e norte-americanas, na América Latina - e em particular no Brasil -, o conceito mais recorrente para abordar práticas tecnológicas voltadas ao desenvolvimento social é o de Tecnologia Social (Souza; Pozzebon, 2020). Assim como a Inovação Social se apresenta como uma alternativa crítica à inovação tecnológica, a Tecnologia Social se configura como contraponto à lógica da Tecnologia Convencional (TC).

O conceito de Tecnologia Social (TS) é empregado de diversas maneiras para descrever a produção de tecnologias, técnicas, ferramentas ou metodologias com características específicas, que se diferenciam daquelas presentes no desenvolvimento de tecnologias convencionais (Dagnino, 2014).

Nos últimos anos, o termo TS vem ganhando maior espaço e notoriedade, mas é um conceito que ainda não está consolidado. Tendo a amplitude das definições como um dos fatores, a TS é frequentemente utilizada como um conceito guarda-chuva, podendo englobar experiências distintas e, por vezes, sujeito à apropriação por iniciativas que promovem apenas alívios pontuais no sistema que gera desigualdades, sem desenvolver soluções de problemas estruturais (Alvear *et al.*, 2024). Dagnino (2010) chama atenção para essa fragilidade conceitual, argumentando que, embora essas definições proponham inclusão social, mostram-se tímidas ao se contrapor de forma crítica à Tecnologia Convencional.

Diante desse contexto, Dagnino (2010, p.210) propõe a seguinte definição para Tecnologia Social:

O resultado da ação de um coletivo de produtores sobre um processo de trabalho que, em função de um contexto socioeconômico (que engendra a propriedade coletiva dos meios de produção) e de um acordo social (que legitima o associativismo), os quais ensejam, no ambiente produtivo, um controle (autogestionário) e uma cooperação (de tipo voluntário e participativo), permite uma modificação no produto gerado passível de ser apropriada segundo a decisão do coletivo.

Essa definição representa uma abordagem mais específica do conceito de TS, ao destacar detalhes fundamentais no seu processo de construção. Diferente das dinâmicas da TC, que pressupõem a separação entre o detentor dos meios de produção e o executor

do trabalho, a proposta apresentada se ancora no controle coletivo do processo produtivo e na cooperação entre os sujeitos envolvidos, permitindo a modificação do produto com base em decisões conjuntas.

É importante destacar que nem toda solução voltada a demandas sociais pode ser automaticamente classificada como Tecnologia Social. A TC também pode provocar transformações sociais, ainda que muitas vezes acompanhadas de efeitos colaterais negativos (Alvear *et al.*, 2024).

Addor e Curi Filho (2025), após analisarem diversos trabalhos sobre Tecnologia Social publicados entre 2012 e 2023 nas plataformas SciELO, Science Direct e Emerald, definem a TS como um processo que visa democratizar o desenvolvimento tecnológico, destacando que sua essência, segundo os autores, não reside no produto final, mas no método participativo e transformador empregado. Para os autores a TS fundamenta-se em um **processo coletivo e participativo**, envolvendo a construção colaborativa de soluções com protagonismo das comunidades afetadas, valorizando saberes locais e conhecimentos empíricos. Além disso, rompe com a lógica hierárquica da tecnologia convencional ao incluir trabalhadores/as e usuários/as nas decisões técnicas e políticas, promovendo a **democratização tecnológica**. Seu objetivo é fortalecer a **emancipação e a autonomia**, garantindo a apropriação coletiva da tecnologia para evitar dependência de agentes externos, além de assegurar a **adequação sociotécnica**, adaptando as soluções ao contexto cultural, social e ambiental para promover justiça socioambiental. Por fim, a TS adota um **enfoque transformador**, buscando resolver problemas estruturais com ênfase na redução de desigualdades e no combate a opressões como machismo, racismo e LGBTfobia, contribuindo para uma sociedade mais justa e equitativa.

Assim, o principal diferencial da TS em relação à TC não está apenas nos resultados gerados, mas sobretudo no modo como se dá seu desenvolvimento. A TS deve ser entendida como um processo construído de forma participativa, fundamentado na autogestão e na solidariedade, que busca promover transformações sociais sustentáveis e enraizadas nos territórios.

TRL/MRL E A PROPOSTA DO MODELO DE NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA SOCIAL

O TRL foi originalmente desenvolvido pela NASA para avaliar o grau de maturidade de tecnologias no setor aeroespacial, mas ao longo do tempo passou por adaptações que permitiram sua aplicação em diferentes contextos. Geralmente aplicado em inovações tecnológicas voltadas para fins comerciais, o modelo indica o nível de maturidade em que o produto ou processo de produção se encontra no momento da análise. Trata-se de uma ferramenta para mensurar riscos associados ao investimento em tecnologias emergentes e orientar decisões estratégicas, considerando que níveis mais baixos de maturidade indicam maior incerteza quanto à sua viabilidade técnica e econômica (Quintella *et al.*, 2019).

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) define o TRL como

Um sistema de medição é uma métrica sistemática empregada na avaliação da maturidade de uma tecnologia particular, assim como na comparação da maturidade de diferentes tipos de tecnologias, ou seja, trata-se de um avaliador do nível de maturidade de uma tecnologia (Brasil, 2014, p. 33).

Mankins (1995) apresenta a definição dos nove níveis do TRL de forma genérica, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição genérica dos níveis de TRL proposto pela NASA.

Nível de TRL	Descrição
1. Princípios básicos observados e relatados	Este é o nível mais baixo de maturidade tecnológica. Nesse nível, a pesquisa científica começa a ser traduzida para pesquisa aplicada e desenvolvimento.
2. Conceito de tecnologia e/ ou aplicação formulados	Uma vez que os princípios científicos básicos são observados, no próximo nível de maturação, as aplicações práticas dessas características podem ser inventadas ou identificadas. Esse nível ainda é especulativo: não há prova experimental ou análise detalhada para apoiar a hipótese.
3. Função crítica analítica e experimental e/ou prova característica do conceito	Nesta etapa é iniciada a pesquisa e o desenvolvimento (P&D). Incluiu tanto os estudos analíticos para definir a tecnologia em um contexto apropriado, como estudos em laboratório para validar as previsões analíticas. Esses estudos e experimentos validam a “prova de conceito preliminar” das aplicações/ conceitos formulados na TRL2.
4. Validação de componentes e/ou protótipo em ambiente de laboratório	Os elementos tecnológicos básicos devem ser integrados para que as “partes” funcionem em conjunto para alcançar os níveis de conceito de desempenho para um componente e/ou protótipo. Essa validação do conceito formulado anteriormente deve ser compatível com as exigências de aplicações potenciais. A validação é “baixa fidelidade” em comparação com o eventual sistema, podendo ser composto de componentes discretos <i>ad hoc</i> em um laboratório.
5. Validação de componentes e/ou protótipo em ambiente relevante	A fidelidade do componente e/ou protótipo a ser testado aumenta significativamente. Os elementos tecnológicos básicos são integrados com elementos de apoio razoavelmente realistas para que as aplicações totais (componente de nível, nível subsistema, ou em nível de sistema) sejam testados num ambiente “simulado” pouco realista.
6. Sistema de modelo/ subsistema ou demonstração do protótipo em um ambiente relevante (solo ou espaço)	Aumenta a fidelidade da demonstração da tecnologia. Testa um modelo ou protótipo de sistema ou sistema representativo – que vão muito além <i>ad hoc</i> , “ <i>patchcabo</i> ” ou componente discreto nível <i>breadboarding</i> – num ambiente relevante. Se o único “ambiente relevante” é o espaço, então deve ser demonstrada no espaço.
7. Demonstração do protótipo do sistema em um ambiente espacial	TRL 7 é um passo significativo que exige um protótipo de sistema de demonstração real em um ambiente espacial. O protótipo deve estar próximo ou na escala do sistema operacional planejado e a demonstração deve ter lugar no espaço.
8. Sistema real concluído e “voo qualificado” por meio de teste e de demonstração (solo ou espaço)	Em quase todos os casos, esse nível é o fim do verdadeiro “desenvolvimento do sistema” para a maioria dos elementos de tecnologia. Isso pode incluir a integração de novas tecnologias em um sistema existente.
9. Sistema real “voo comprovado” por meio de operações de missões bem sucedidas	Usualmente, consiste de pequenos ajustes finais, podendo incluir a integração de novas tecnologias em um sistema existente. Não inclui a melhoria planejada do produto de sistemas contínuos ou reutilizáveis.

Fonte: Traduzido de Mankins (1995).

Apesar das descrições dos níveis de maturidade serem genéricas, pode-se observar que o modelo foi estruturado com base na lógica de P&D tradicional e a transição para o mercado. Os estágios iniciais do TRL 1 ao 4 é marcado por etapas que normalmente acontecem nas universidades ou em laboratórios de pesquisa. O TRL 5 e 6

representam a demonstração da tecnologia e, caso bem sucedido, costuma ser o momento de atrair investimentos. Já os estágios do 7 ao 9 são etapas de desenvolvimento mais concretas, com industrialização e comercialização (Pierro, 2019).

A Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII, 2020, p. 32) destaca que “como uma escala genérica, ela exige interpretação e eventuais adaptações quando aplicada a uma tecnologia específica ou completamente nova”. Nesse sentido, a EMBRAPPI adota o TRL como uma base de referência, mas realiza ajustes e validações conforme as características particulares de cada área. Em seu manual, a instituição apresenta versões adaptadas da escala de maturidade tecnológica para diferentes contextos, como manufatura, desenvolvimento de software, fármacos e biofármacos.

No Brasil, o uso do TRL também tem sido incorporado às políticas públicas de fomento à inovação. A Portaria n.º 4.693, de 23 de abril de 2021, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), estabelece, em seu artigo 2º, inciso I, a criação de um Grupo de Trabalho com a atribuição de avaliar a viabilidade de integrar o conceito de Nível de Maturidade Tecnológica aos processos de análise dos projetos submetidos à Lei do Bem. Essa lei (n.º 11.196/2005) prevê incentivos fiscais para empresas que realizam investimentos em pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica no país.

No ano seguinte, a Portaria n.º 6.449, de 17 de outubro de 2022, do mesmo ministério, oficializou o uso do Sistema de Medição e Identificação do Nível de Maturidade Tecnológica em projetos apoiados pelo MCTI e suas unidades vinculadas. A partir dessa regulamentação, a avaliação dos projetos passou a ser realizada com o apoio de uma calculadora TRL, desenvolvida e supervisionada pelo próprio ministério.

A calculadora TRL possui 149 perguntas distribuídas entre os 9 níveis de maturidade, porém, são perguntas que têm como base o TRL tradicional, portanto, é um modelo baseado em P&D e comercialização da tecnologia, exigindo comprovações técnicas e indicadores objetivos de desempenho. Essa configuração, no entanto, apresenta limitações quando aplicada a contextos não acadêmicos ou industriais, exigindo adaptações que considerem realidades distintas.

Embora o TRL tenha sido originalmente concebido para orientar investimentos e estratégias de comercialização em tecnologias tradicionais, sua estrutura inspirou os autores deste artigo a desenvolver o Nível de Maturidade Tecnológica Social (NMTS). Essa escala tem como objetivo avaliar a maturidade do processo de geração de inovação social ou de desenvolvimento de uma tecnologia social, incorporando elementos subjetivos, particularidades socioterritoriais e a dimensão participativa. Mesmo em contextos dinâmicos e sem metodologias padronizadas, o modelo permite monitorar o progresso e a consolidação dessas iniciativas com base em critérios graduais de evolução.

Apresentamos uma proposta de Nível de Maturidade Tecnológica Social, baseada no modelo TRL/MRL, com o objetivo de avaliar o grau de maturidade de inovações e tecnologias sociais, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2: Níveis de maturidade tecnológica social.

Estágio de Maturidade (NMTS)	Definição
NMTS 1	Surgimento de uma ideia inicial para resolver um problema social identificado. Há uma percepção de que uma solução coletiva tecnológica inovadora pode ser desenvolvida.
NMTS 2	Definição de princípios básicos e resultados que indicam a aceitação e viabilidade da ideia junto a comunidade.
NMTS 3	São conduzidos estudos analíticos co-construídos, simulações ou debates para verificar a viabilidade da solução pelo coletivo.
NMTS 4	Aplicação em ambientes reais, com a realização de pilotos na comunidade. São realizados ajustes e adaptações a partir da vivência do coletivo com a solução.
NMTS 5	Desenvolvendo o estágio anterior, é realizado um teste para apropriação e validação participativa. Já existe um modelo estruturado para reaplicação.
NMTS 6	A tecnologia é integrada aos processos e está funcionando de maneira autônoma e consistente. A tecnologia já está inserida no cotidiano das pessoas e apropriada por elas (concepção, implementação, manutenção e melhorias).
NMTS 7	Tendo o reconhecimento dos resultados obtidos, ocorre a expansão da tecnologia em comunidades próximas ou outros setores da mesma área.
NMTS 8	Começa a ser difundido para outros municípios ou outras áreas e reaplicado nos novos contextos. São estabelecidas melhorias na eficiência operacional ou na qualidade dos recursos.
NMTS 9	Reconhecimento e comprovação da tecnologia ou inovação social por meio de seus resultados e impactos duradouros. Já se configura como uma política pública ou possui alto potencial para se tornar uma.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

A adaptação da métrica TRL/MRL para NMTS pensada para o campo da Tecnologia e Inovação Social requer mais do que a simples tradução dos níveis de maturidade tecnológica para contextos sociais: ela demanda uma ressignificação dos critérios de avaliação. No modelo original a avaliação é feita com base em validações técnicas e laboratoriais. Já na proposta do novo modelo, a validação é social, por meio de indicadores qualitativos e contextuais que representam a aceitação das soluções pelas comunidades envolvidas, sua apropriação coletiva, a capacidade de gerar impactos sociais positivos no território e o potencial de institucionalização como política pública.

Essa proposta busca traduzir a lógica sequencial do TRL/MRL para o universo das inovações e tecnologias sociais, respeitando as singularidades do seu processo de desenvolvimento. Essa abordagem permite acompanhar, de forma mais sensível e contextualizada, o seu estágio de maturidade no contexto social e coletivo. Na próxima seção, são apresentados quatro projetos de com foco no desenvolvimento social que ilustram a aplicação desse modelo, demonstrando como ele pode ser útil na análise do avanço e da consolidação dessas iniciativas para auto-avaliação, seleção em editais ou mesmo tomada de decisão governamental para futuras políticas públicas.

APLICAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA SOCIAL

Para exemplificar a aplicação da proposta de avaliação da maturidade para inovação e Tecnologia Social, foram selecionadas quatro iniciativas com diferentes contextos e escalas de atuação: o Projeto Lean e o Projeto Biodigestor, desenvolvidos pela incubadora de tecnologias sociais Engenheiros Sem Fronteiras – Núcleo Natal (ESF-Natal); o Banco Mumbuca, programa da Prefeitura Municipal de Maricá-RJ; e o Programa Um Milhão de Cisternas, promovido pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA). A seguir é feita uma breve descrição das iniciativas:

- a) O **Projeto Lean** tem como objetivo aplicar a filosofia *Lean*⁴ em segmentos essenciais para o desenvolvimento social, como saúde e educação. Considerando o retrato do Projeto Lean na área da saúde, sua atuação buscou aprimorar as condições de trabalho dos profissionais e a qualidade do atendimento aos usuários do SUS por meio da análise de processos e da implementação de

⁴ *Lean* é uma filosofia de gestão que tem como objetivo agregar valor ao produto ou serviço e eliminar desperdícios durante o processo através da difusão de princípios e aplicação de ferramentas.

melhorias nas unidades da Secretaria Municipal de Saúde de Jandaíra-RN. Através de um processo participativo e empoderamento dos envolvidos da comunidade, foram planejadas e executadas ações de melhorias nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) durante o período de novembro de 2021 até dezembro de 2023 (Carlos *et al.*, 2023);

- b) O **Projeto Biodigestor** utiliza tecnologia social para converter decomposição orgânica em biogás e biofertilizante via bactérias anaeróbicas. O gás é usado como fonte de energia térmica, substituindo o gás de cozinha, reduzindo os custos familiares e o impacto ambiental causado pela emissão de gases poluentes, enquanto o biofertilizante é um produto rico em nutrientes e pode ser utilizado em plantações e hortas da localidade. Dessa forma, o projeto visa proporcionar às comunidades rurais em situação de vulnerabilidade social bem-estar e desenvolvimento sustentável (Silva et al., 2024);
- c) O **Banco Mumbuca** é uma iniciativa do município de Maricá-RJ voltada à promoção da inclusão social e ao fortalecimento da economia local por meio da implementação de uma moeda social, a Mumbuca. Integrado ao Programa de Renda Básica de Cidadania da cidade, o projeto busca garantir segurança financeira às populações em situação de vulnerabilidade, incentivando o consumo em comércios locais credenciados, promovendo acesso facilitado a crédito, além de estimular práticas de autogestão e participação popular na gestão dos recursos (Almeida, 2019).
- d) Criado no início dos anos 2000 pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), o **Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC)** busca garantir o acesso à água potável para consumo humano em áreas rurais do Semiárido por meio da construção de cisternas de placas de cimento ao lado de cada residência, captando e armazenando água da chuva para uso durante o período de estiagem. O modelo promove a descentralização e democratização do acesso à água, conferindo autonomia às famílias rurais que passam a gerir seu próprio estoque hídrico (Sahb; Santana; Muchagata, 2024).

A classificação dos projetos nos diferentes níveis do NMTS tomou como referência as descrições de cada estágio apresentadas no Quadro 2, considerando tanto

os resultados obtidos quanto o processo de desenvolvimento das tecnologias. Atribuiu-se que um nível foi alcançado sempre que havia evidências que correspondessem aos critérios estabelecidos. Essas evidências foram obtidas por meio da triangulação de dados provenientes de relatórios institucionais, artigos científicos e registros de participação comunitária. No caso dos projetos Lean e Biodigestor, também se incorporou a vivência e o conhecimento prévio dos autores como fontes complementares de análise.

O Quadro 3 apresenta a avaliação do projeto em relação a cada nível da escala de maturidade tecnológica social, indicando se o estágio foi alcançado e quais evidências e observações sustentam essa avaliação.

Quadro 3: Avaliação da Maturidade do Projeto Lean.

PROJETO LEAN		
NÍVEL	ATENDIDO?	EVIDÊNCIAS E OBSERVAÇÕES
1	Sim	Ideia de que a filosofia e ferramentas do <i>Lean</i> aplicadas em indústrias com o objetivo de maximizar lucro também podem ser aplicadas no setor público para promover melhorias para os colaboradores e usuários SUS.
2	Sim	Aceitação da secretaria de saúde para ação de extensão tecnológica e posterior análise de casos dos conceitos do <i>Lean</i> e inovação social, identificando a viabilidade da aplicação conjunta.
3	Sim	Foi realizado um diagnóstico participativo da gestão da saúde do município de Jandaíra no fim de 2021, identificando os problemas, oportunidades de melhorias e as ferramentas com potencial de solucioná-los.
4	Sim	Idealização e primeiros testes de aplicação das ferramentas <i>Lean</i> durante as visitas ao município. De início a aplicação ocorreu apenas em alguns ambientes das UBS.
5	Sim	A partir de aplicações piloto em alguns ambientes da UBS, foram recebidos feedbacks de usuários SUS e colaboradores, validando as melhorias e possibilitando ajustes.
6	Sim	A aplicação da ferramenta foi consolidada e os colaboradores do SUS dominavam os processos, sendo capazes de reaplicar, realizar manutenções e difundindo o conhecimento aos demais envolvidos demonstrando independência.
7	Sim	Com o reconhecimento dos impactos gerados e o empoderamento dos profissionais do SUS, o município já possui autonomia para expandir a inovação para outras comunidades ou setores.
8	Parcial	No ranking Previne Brasil, que avalia a Atenção Primária em Saúde, Jandaíra-RN saltou da 90ª posição no último quadrimestre de 2021 para a 3ª colocação no segundo quadrimestre de 2024. Apesar de reconhecimentos que posicionam o município como modelo na gestão de saúde, podendo despertar interesse de ampliação da inovação, não foi considerado que o nível 8 foi totalmente atingido.
9	Não	Não atingiu ainda o nível de política pública (apesar do potencial). A experiência é recente, ainda não foi possível uma avaliação a longo prazo para constatar se as melhorias continuam promovendo impactos positivos no município.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Entende-se que o Projeto Lean atingiu até o nível 7 da escala de Maturidade Tecnológica Social, com um estágio parcialmente consolidado no nível 8. A consolidação dos níveis 8 e 9 exige um acompanhamento longitudinal que permita verificar a sustentabilidade dos impactos gerados, além de parcerias com instituições e investimentos que viabilizem o avanço do projeto. Mudanças na administração pública, como substituições no cargo de prefeito(a), secretário(a) ou nas equipes das UBS, também devem ser consideradas como variáveis críticas que podem afetar a manutenção e a expansão da inovação. O Quadro 4 apresenta a avaliação do projeto biodigestor.

Quadro 4: Avaliação da Maturidade Tecnológica do Projeto Biodigestor.

PROJETO BIODIGESTOR		
NÍVEL	ATENDIDO?	EVIDÊNCIAS E OBSERVAÇÕES
1	Sim	Demanda da comunidade por uma solução sustentável para tratamento de detritos e dejetos de animais das propriedades dos agricultores/familiares na região do semiárido do Rio Grande do Norte.
2	Sim	Aceitação do projeto de extensão tecnológica pela comunidade e parceiros locais e posterior análise da viabilidade a partir de outras experiências com essa tecnologia e aliada ao estudo do tipo de biodigestor, condições climáticas e contexto social onde será implantado.
3	Sim	Foi feito o alinhamento e formação técnica com as famílias contempladas para obter a tecnologia social a fim de garantir a compressão e engajamento na construção.
4	Sim	Realização da primeira implantação da tecnologia em caráter piloto no território de uma família da comunidade no final de 2021.
5	Sim	Com base na aplicação piloto, a tecnologia é monitorada e, a partir das observações dos envolvidos e de novas análises, são realizados ajustes para seu aperfeiçoamento.
6	Sim	A tecnologia passa a gerar resultados de forma contínua (1 ano ininterrupto), a família agricultora que recebeu o piloto mantém a tecnologia social de maneira autônoma e realiza o funcionamento e manutenção do biodigestor e sugere novas melhorias.
7	Sim	Com os resultados já reconhecidos e por meio de um edital de financiamento da Fundação Banco do Brasil, a tecnologia social do biodigestor é reaplicada em 50 novas famílias agricultoras em suas propriedades rurais no município de Lajes Pintadas-RN em 2023. Alguns agricultores familiares trazem mais elementos inovadores na TS, que são difundidos entre as famílias.
8	Parcial	Até o momento, a disseminação da tecnologia para outros municípios é de responsabilidade da organização parceira de onde ela atua e que depende de recursos para implementação. Não há ainda um interesse governamental (município ou estado) que queira investir e implementar a TS biodigestor como política pública para a agricultura familiar.
9	Não	A iniciativa ainda não se consolidou como política pública e as implantações ainda são recentes para uma avaliação a longo prazo.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

A aplicação do modelo de maturidade tecnológica social ao Projeto Biodigestor indica que a iniciativa atingiu até o nível 7 de maturidade, com um estágio parcialmente consolidado no nível 8. Embora recente e em fase de desenvolvimento, o projeto demonstra forte potencial de expansão para outros municípios do semiárido. A seguir é feita a avaliação da iniciativa Banco Mumbuca, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5: Avaliação da Maturidade Tecnológica do Banco Mumbuca.

BANCO MUMBUCA		
NÍVEL	ATENDIDO?	EVIDÊNCIAS E OBSERVAÇÕES
1	Sim	Surge na Prefeitura Municipal de Maricá-RJ, provocado pela experiência do banco Palmas, a ideia de fomentar o desenvolvimento local por meio da criação de um banco comunitário e uma moeda social vinculada à política de renda básica.
2	Sim	Definida como estratégia pelo município, a iniciativa se baseou em estudos sobre economia solidária e na experiência de outros bancos comunitários. A viabilidade da iniciativa contou com apoio técnico e institucional da prefeitura, além do uso de parte dos <i>royalties</i> do petróleo para redistribuição de renda à população vulnerável.
3	Sim	Além do debate na câmara municipal, audiências públicas nos quatro distritos antecederam a inauguração do Banco Mumbuca, apresentando o programa, explicando a moeda social e mobilizando a comunidade.
4	Sim	Realização da primeira entrega dos cartões e uso da moeda social em janeiro de 2014.
5	Sim	Já com o banco Mumbuca inaugurado, uma lei municipal de 2015 estimula o desenvolvimento sustentável e a participação popular nos projetos da prefeitura. Essa mudança de orientação permite o desenvolvimento do projeto e a adesão de mais comerciantes à Mumbuca.
6	Sim	Aumento da circulação da moeda Mumbuca na cidade e conta digital disponível para qualquer indivíduo. O uso da moeda está consolidado no cotidiano financeiro de famílias e empreendedores.
7	Sim	Expansão em escala municipal a partir da construção de novas agências, disponibilização da conta digital e aumento do número de beneficiários e comerciantes.
8	Sim	A experiência do Banco Mumbuca tem sido difundida como referência, inspirando outros municípios a adotarem essa tecnologia com as adaptações necessárias ao seu contexto local.
9	Sim	O Banco Comunitário Mumbuca é reconhecido nacionalmente e internacionalmente como uma política pública municipal de economia popular e solidária que promove o desenvolvimento local e é reaplicado em outros municípios.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

O Banco Mumbuca atingiu o nível 9 de maturidade na avaliação, demonstrando ser uma política pública consolidada e de referência para outros projetos. Uma particularidade desse projeto é seu surgimento a partir de uma iniciativa do poder público em articulação com a comunidade local, o que conferiu à proposta um grau

elevado de institucionalização desde sua origem. Portanto, além da parceria estratégica com o Banco Palmas⁵, esse fator foi decisivo no avanço da maturidade tecnológica social. O Quadro 6 expõe a avaliação do Programa Um Milhão de Cisternas.

Quadro 6: Avaliação da Maturidade Tecnológica do P1MC.

PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS		
NÍVEL	ATENDIDO?	EVIDÊNCIAS E OBSERVAÇÕES
1	Sim	O programa surge a partir da identificação de um problema social: a escassez de acesso à água potável no Semiárido brasileiro, propondo como solução a construção de cisternas para armazenar água da chuva nas residências.
2	Sim	O programa é fundamentado na participação social e comunitária, promovendo o protagonismo local na adoção da tecnologia. Embora a cisterna seja uma tecnologia simples, foram realizados estudos para adaptá-la à região do Semiárido, assegurando sua viabilidade.
3	Sim	A cisterna de placas foi concebida a partir da troca de experiências com os próprios agricultores e sua construção é realizada em regime de mutirão, com participação ativa das famílias contempladas pelo programa.
4	Sim	Primeiras implantações em comunidades e acompanhamento para realizar ajustes a partir do <i>feedback</i> das famílias contempladas.
5	Sim	Após as primeiras implantações e validação pelas comunidades, a tecnologia passou a despertar o interesse de outras famílias do Semiárido, ampliando significativamente a demanda pelo programa.
6	Sim	A tecnologia tornou-se fundamental para as famílias, conseguindo armazenar água potável por cerca de 6 a 8 meses durante a estiagem. Segundo relatos das famílias, essa tecnologia leva liberdade às pessoas e permite o melhor convívio com a seca.
7	Sim	Em 2021, um ano após sua criação, o programa já havia beneficiado 967 famílias, número que saltou para 9.534 em 2022. Ao ser incorporado à estratégia do Fome Zero em 2023, o programa expandiu ainda mais seu alcance.
8	Sim	O P1MC já passou por mais de 1.000 dos 1.417 municípios do semiárido brasileiro. Além disso, tornou-se referência e contribuiu para o desenvolvimento de outros Programas com tecnologias similares, como o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2).
9	Sim	O P1MC tornou-se uma política pública adotada pelo Governo Federal. Além disso, é reconhecida como uma das melhores políticas públicas do mundo de convívio com a seca em territórios desertificados.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Assim como o Banco Mumbuca, a tecnologia do P1MC atingiu o nível 9 de maturidade tecnológica social. Além do fato do projeto ter como princípio a participação ativa e a formação das comunidades desde a concepção a implantação e manutenção das cisternas - o que favorece uma expansão orgânica e enraizada nos

⁵ O Banco Palmas foi o primeiro banco comunitário do Brasil. Fundado em 1998, tem como objetivo implementar ações de desenvolvimento socioeconômico de bairros e favelas a partir da democratização do acesso a serviços financeiros e bancários. Tem contribuído na formação de outros bancos, inclusive os municipais.

territórios -, a articulação com o Governo Federal foi determinante para viabilizar o aporte de recursos financeiros, sua ampla disseminação no Semiárido brasileiro, transformando a iniciativa em uma política pública de grande alcance e impacto.

Essa análise revela que a adoção de um modelo de avaliação de maturidade tecnológica social pode contribuir para sistematizar o processo de amadurecimento das inovações e tecnologias sociais, levando em consideração a viabilidade, participação social, contextualização territorial e continuidade das iniciativas. Além disso, o modelo ajuda a identificar marcos de transição entre os estágios e apoia o planejamento de desenvolvimento da maturidade das iniciativas.

Os resultados indicam que iniciativas com maior apoio institucional e continuidade, como o Banco Mumbuca e o Programa Um Milhão de Cisternas, alcançaram níveis mais altos de maturidade, incluindo a consolidação como política pública e reconhecimento nacional e internacional. Já projetos com atuação mais localizada ou em estágio intermediário, como o Projeto Lean e o Projeto Biodigestor, mostraram importantes avanços, mas ainda carecem de elementos que indiquem expansão territorial ou institucionalização em políticas públicas.

Diante desse cenário, aponta-se a importância do apoio do poder público e das instituições financiadoras aos projetos que visam a transformação social em territórios vulneráveis. No entanto, quando os editais de fomento adotam critérios de avaliação baseados em parâmetros da Tecnologia Convencional, acabam por inviabilizar ou prejudicar propostas de Inovação e Tecnologia Social, que apresentam metodologias e características específicas que precisam ser reconhecidas em processos de seleção.

Nesse sentido, assim como foram desenvolvidos modelos específicos de avaliação de maturidade para setores como processos, *software*, manufatura, fármacos e biofármacos, a proposta de um Nível de Maturidade Tecnológica Social surge como alternativa para avaliar iniciativas com foco em impactos socioambientais, promovendo maior equidade e aderência no processo de seleção. A adoção desse tipo de avaliação permite que agentes públicos e instituições financiadoras visualizem com mais clareza os estágios de consolidação das inovações e tecnologias sociais, identificando os apoios necessários.

Como a ferramenta ainda se encontra em fase experimental, a classificação baseou-se nas descrições gerais de cada nível de maturidade, buscando contemplar a diversidade de tecnologias sociais e reconhecendo que a percepção dos envolvidos é fundamental para essa avaliação. Contudo, para fins de aplicação do modelo em editais de seleção e avaliação de projetos, podem ser definidos subcritérios mais específicos, ajustados ao perfil e às características de desejo do edital.

Para avaliações mais aprofundadas, que demandam um maior nível de detalhamento, pode-se propor a criação de um novo modelo da calculadora TRL utilizada pelo MCTI, adaptada especificamente para a escala de maturidade tecnológica social. Essa versão incluiria nove conjuntos de perguntas, correspondentes a cada nível da escala, permitindo uma análise mais estruturada e criteriosa. Com isso, o processo avaliativo se tornaria mais prático, ao mesmo tempo em que proporcionaria um diagnóstico mais completo e qualificado sobre o estágio de desenvolvimento de cada projeto analisado.

CONCLUSÃO

Diante da necessidade crescente de iniciativas de Inovação Social e Tecnologia Social que se contrapõem à lógica da Tecnologia Convencional e buscam promover o desenvolvimento e justiça social, este artigo refletiu sobre os desafios de avaliar a maturidade dessas tecnologias. Constatou-se que os modelos tradicionais de avaliação, centrados na lógica de P&D, desconsideram elementos e especificidades do campo social, o que compromete a seleção de propostas em editais de fomento, ou escolha de tecnologias para políticas públicas voltados à inovação com impacto social.

Como resposta a essa lacuna, foi proposto um modelo adaptado das escalas TRL/MRL da NASA, denominado Nível de Maturidade Tecnológica Social (NMTS), apresentado no Quadro 2. O modelo busca oferecer um referencial mais adequado aos valores, processos e impactos próprios das tecnologias sociais, valorizando sua dimensão participativa, territorial e subjetiva.

A aplicação do NMTS em quatro iniciativas reais permitiu constatar sua capacidade de captar essas especificidades e revelou, ainda, a importância do apoio institucional - sobretudo de órgãos públicos e agências financiadoras - como fator

determinante para a evolução da maturidade até o nível 9 e para a consolidação das iniciativas como políticas públicas, ampliando maior alcance socioambiental.

Reconhece-se, contudo, que esta proposta se encontra em estágio inicial e demanda validações empíricas mais amplas e sob diferentes perspectivas. A abordagem exploratória adotada é compatível com o propósito de apresentar uma ferramenta conceitual passível de aperfeiçoamento. Nesse sentido, propõe-se o desenvolvimento de uma Calculadora NMTS, inspirada na Calculadora TRL já utilizada pelo MCTI, visando facilitar sua aplicação prática e consolidar a metodologia. Espera-se, assim, que o NMTS contribua para o fortalecimento de políticas públicas orientadas à transformação social.

REFERÊNCIAS

ADDOR, Felipe; CURI FILHO, Wagner. Por um novo marco analítico-conceitual para o campo da Tecnologia Social. *Revista Organizações & Sociedade*, Salvador, v. 32, n. 112, 2025. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1984-92302025v32n0007PT>> Acesso em: 16 jun. 2025.

ALMEIDA, Raquel M. de. **Bancos comunitários, moedas sociais digitais e inclusão financeira**: Uma análise a partir das pressões institucionais e da modelagem social da tecnologia. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/35577>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

ANDION, Carolina; RONCONI, Luciana; MORAES, Rubens L.; GONSALVES, Aghata K. R.; SERAFIM, Lilian B. D. Sociedade civil e inovação social na esfera pública: Uma perspectiva pragmatista. *Revista de Administração Pública*, 51(3), p. 369-387, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1590/0034-7612143195>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISA E INOVAÇÃO INDUSTRIAL (EMBRAPII). **Manual de operação EMBRAPII**. v. 6, 2020. Disponível em: <https://embrapii.org.br/wp-content/uploads/2025/01/Manual_EMBRAPII_UE_versao-6.0-de-20.10.20.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2025.

ALVEAR, Celso A. S. de; CAMPOS, Bianca de C. P.; FORIGO, Adriano de A.; CRUZ, Lícia G. da. O conceito de tecnologia social e o prêmio Fundação Banco do Brasil de tecnologia social: metodologia é tecnologia?. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 20, n. 60, p. 94-116, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.3895/rts.v20n60.17045>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). **Plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas, experiências com programas internacionais, modelagem funcional aplicável ao Brasil e importância da sua aplicação para o País**. Brasília, DF: ABDI, 2014. Disponível em: <<http://homologa.oic.nap.usp.br/wp-content/uploads/2014/08/Plataformas-Demonstradoras-Tecn-Aero-Publicacao.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. **Portaria MCTI n. 4.693, de 23 de abril de 2021**. Institui Grupo de Trabalho para propor ações no âmbito do Capítulo III da Lei n. 11.196, de 21.11.2005 (Lei do Bem). Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_4693_de_23042021.html>. Acesso em: 16 jun. 2025.

BRASIL. **Portaria MCTI n. 6.449, de 17 de outubro de 2022**. Dispõe sobre o uso do Sistema de Medição e Identificação do Nível de Maturidade Tecnológica dos projetos desenvolvidos no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e de suas unidades vinculadas. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_6449_de_17102022.html>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CARLOS, Matheus N.; PEDROSA, Anderson P. C.; RUFINO, Sandra; SILVA, Igor L.; LIMA, Gustavo M. Inovação social a partir do uso do Lean na saúde em um município do interior do Rio Grande do Norte. **Anais [...]** do Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social (ENEDS), Belo Horizonte, v. 18, n. 1, 2023. Disponível em: <<https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/778>>. Acesso em: 16 jun. 2025.

DAGNINO, Renato. **Tecnologia Social: Ferramenta para construir outra sociedade**. 2.ed. Campinas, SP: Komedi, 2010. Disponível em: <cdt.unb.br/images/CEDES/2010_FERRAMENTA_TEC_SOCIAL_LIVRO.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. Campina Grande: Eduepb, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.7476/9788578793272>>. Acesso em: 12 jun. 2025.

FRANÇA FILHO, Genauto C. Inovação social e incubação tecnológica em economia solidária: na fronteira de um outro paradigma em CT&I. In: Addor e Laricchia (orgs.). **Incubadoras tecnológicas de Economia Solidária**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2018, v. 1, p. 213-234. Disponível em: <https://nides.ufrj.br/images/Imagens/programas/SOLTEC/Publicacoes/Incubadoras-Tecnologicas_v1_2ed2019.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

FRANÇA FILHO, Genauto C.; EYNAUD, Philippe. **Solidariedade e organizações: pensar uma outra gestão**. Salvador: EDUFBA; Ateliê de Humanidades, 2020, 297 p.

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODIN, Benoît. **Social Innovation: Utopias of Innovation from c.1830 to the Present**. Montreal: Project on the Intellectual History of Innovation, 2012. (Working Paper, n. 11). Disponível em: <<https://share.google/uBWsrNYkg14Csos>>. Acesso em: 20 set. 2025.

HENRIQUES, Flávio Chedid; NEPOMUCENO, Vicente; ALVEAR, Celso A. S. de. O conceito de tecnologia: reflexões para a prática da extensão universitária na área tecnológica. In: ADDOR, Felipe; HENRIQUES, Flávio C. (orgs.). **Tecnologia, participação e território: reflexões a partir da prática extensionista**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2015. p. 235-258. Disponível em: <https://nides.ufrj.br/images/Imagens/programas/SOLTEC/Soltec_3-Tecnologia_participacao_e_territorio_baixaRes.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

HOWALDT, Jürgen; KALETKA, Christoph; SCHRÖDER, Antonius; ZIRNGIEBL, Marthe (Ed.). **Atlas of Social Innovation: 2nd Volume: A World of New Practices**. [S. l.], 2019. Disponível em: <<https://www.socialinnovationatlas.net/>>. Acesso em: 20 set. 2025.

HOWALDT, Jürgen; KOPP, Ralf; SCHWARZ, Michael. Social Innovations as drivers of social change: exploring tarde's contribution to social innovation theory building. In: NICHOLLS, Alex; SIMON, Julie; GABRIEL, Madeleine (orgs.). **New Frontiers in Social Innovation Research**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2015. DOI:10.1057/9781137506801. Disponível em: <<http://library.oapen.org/handle/20.500.12657/27885>>. Acesso em: 22 set. 2025.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL (ITS); BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS); BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **ITS: Rede de Tecnologia Social**. Brasília: ITS/MDS/MCTI, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5417>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

MANKINS, John C. Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology NASA. **White Paper**. April 6, 1995. Disponível em: <http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

MOULAERT, Frank; MACCALLUM, Diana. **Advanced introduction to social innovation**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2019.

MULGAN, Geoff. The process of social innovation. **Innovations: Technology, Governance, Globalization**, v. 1, n. 2, p. 145 - 162, 2006. DOI: <<https://doi.org/10.1162/itgg.2006.1.2.145>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

MULGAN, Geoff. **Social Innovation: What it is, why it matters and how it can be accelerated**. Oxford: Skoll Centre for Social Entrepreneurship, Said Business School,

2007. Disponível em:

<<https://www.youngfoundation.org/our-work/publications/social-innovation-what-it-is-why-it-matters-how-it-can-be-accelerated/>> Acesso em: 20 set. 2025.

MURRAY, Robin; CAULIER-GRICE, Julie; MULGAN, Geoff. **The open book of social innovation**. London: NESTA/The Young Foundation, 2010. Disponível em: <<https://www.youngfoundation.org/our-work/publications/the-open-book-of-social-innovation>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

NASCIMENTO, Larissa M. do. **Inovação social e tecnologia social: diferenças e complementaridades**. 87f. 2021. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/35543>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PIERRO, Bruno. Inovações induzidas. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo. ed. 279, p. 42-45, 2019. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/folheie-a-ed-279/>>. Acesso em 15 jun. 2025.

QUINTELLA, Cristina M.; RIBEIRO, Núbia M.; GONÇALVES, Kénia F.; LINHARES, Marcus Vinícius D.; PATERNOSTRO, André de. G. Maturidade Tecnológica: Níveis de Prontidão TRL. In: RIBEIRO, N. M. (org.). **PROFNIT, Prospecção Tecnológica**. 1. ed. Salvador: Editora do IFBA, 2019. v. 2, p. 18-59. Disponível em: <<http://www.profnit.org.br/pt/livros-profnit/>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SAHB, Camile M.; SANTANA, Victor L.; MUCHAGATA, Márcia (Org.). **Água para colher futuro: 20 anos do Programa Cisternas**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome; Fiocruz; Zabelê Comunicação, 2024. 240 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/aceso-a-alimentos-e-a-agua/progrma-cisternas/cartilhas/livro_agua_para_colher_futuro_20_anos_do_programa_cisternas.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SILVA, Nathércia L. N.; OLIVEIRA, Nixdali F. de.; LOUREIRO, Nathália A.; SOARES, Paulo G. M.; ALVES, Príncia G.; GUEDES, Samyra G. V.; CHIANCA, Cibele G. C.; SILVA, Hérika C. D. da.; RUFINO, Sandra. O processo de implementação da tecnologia social Biodigestor Sertanejo em comunidades rurais do Município de Lajes Pintadas/RN. **Anais [...]** do Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social (ENEDS), Salvador, v. 19, n. 1, 2024. Disponível em: <<https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/903>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

SOUZA, Ana Clara A. A. de; POZZEBON, Marlei. Práticas e mecanismos de uma tecnologia social: proposição de um modelo a partir de uma experiência no semiárido. **Revista Organizações & Sociedade**, Salvador, v. 27, n. 93, p. 231-254, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1984-9270934>> Acesso em: 16 jun. 2025.