



Priorização multicritério

Roadmap

Plano de Ação Tecnológica

# PLANOS DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA OS SETORES DO SISTEMA ENERGÉTICO, AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DA TERRA

## SUMÁRIO EXECUTIVO



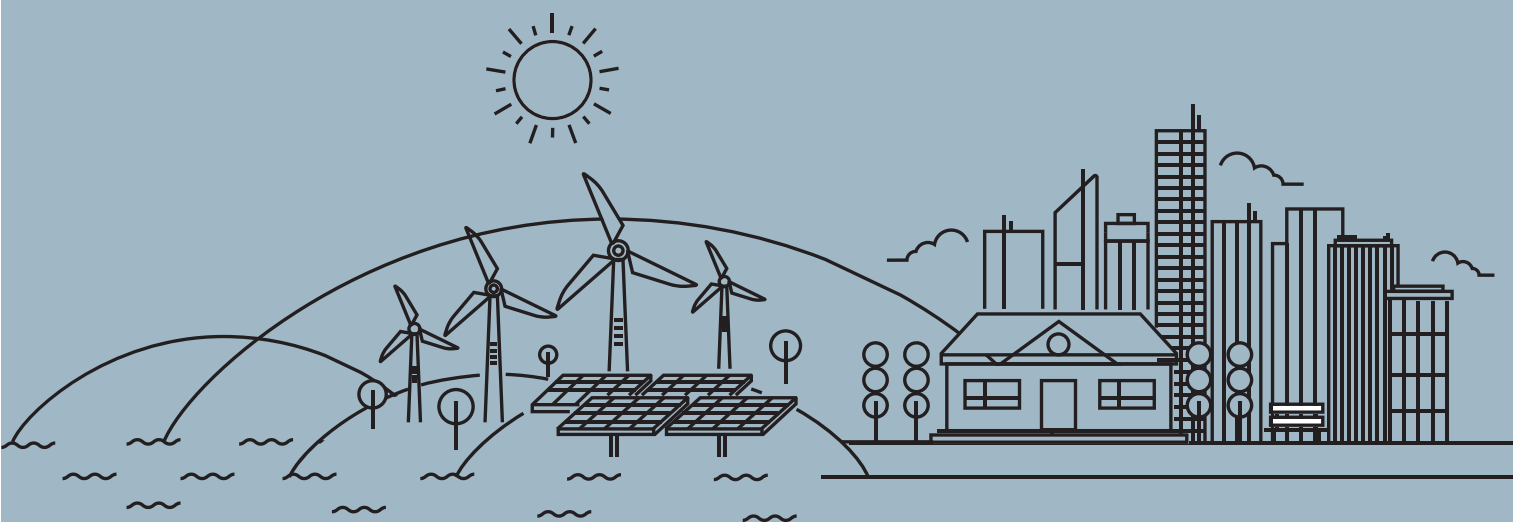
PLANOS DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA OS SETORES  
DO SISTEMA ENERGÉTICO, AGRICULTURA, FLORESTAS E  
OUTROS USOS DA TERRA

**SUMÁRIO EXECUTIVO**

Brasília

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

2021



# Ficha Catalográfica

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.  
Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade  
Bloco E, Sala 295, Zona Cívico-Administrativa, Esplanada dos Ministérios  
CEP 70067-900 – Brasília/DF  
Tel.: +55 (61) 2033-7923  
<https://www.gov.br/mcti>

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
Casa da ONU – Complexo Sérgio Vieira de Mello  
Setor de Embaixadas Norte, Quadra 802, Conjunto C, Lote 17  
CEP 70800-400 – Brasília/DF  
Tel.: +55 (61) 3038-9233  
[web.unep.org/regions/brazil](http://web.unep.org/regions/brazil)

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P712

Planos de ação tecnológica para os setores do sistema energético, agricultura, florestas e outros usos da terra: sumário executivo / Régis Rathmann *et al.* – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2021.

101 p.: il.

ISBN: 978-65-87432-09-0

1. Mudanças climáticas – Plano de ação – Brasil. 2. Agricultura sustentável. 3. Fonte alternativa de energia. 4. Indústria – Inovação tecnológica. 5. Silvicultura. 6. Cimento – Produção – Inovação. 7. Pecuária – Melhoramento genético. 8. Energia solar. 9. Monitoramento ambiental – Satélite artificial - Brasil. I. Rathmann, Régis. II. Bittencourt, Sonia Regina Mudrovitsch de. III. Mendonça, Antônio Marcos. IV. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. V. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. VI. Projeto Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA\_BRAZIL).

CDU 551.583:62:35.077(81)

# Expediente

## REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

### Presidente da República Federativa do Brasil

Jair Messias Bolsonaro

### Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovações

Marcos Cesar Pontes

### Secretário Executivo

Leonidas de Araújo Medeiros Júnior

### Secretário de Pesquisa e Formação Científica

Marcelo Marcos Morales

### Diretor do Departamento de Ciências da Natureza

Sávio Túlio Oselieri Raeder

### Coordenador-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade

Márcio Rojas da Cruz

## AUTORIDADE NACIONAL DESIGNADA PARA O FUNDO VERDE DO CLIMA NO BRASIL

### Secretário de Assuntos Econômicos Internacionais do Ministério da Economia

Erivaldo Alfredo Gomes

### Subsecretário de Instituições Internacionais De Desenvolvimento

Marcos Machado Guimarães

### Coordenadora-Geral de Instituições Globais de desenvolvimento

Raquel Breda dos Santos

## PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE – PNUMA

### Diretora Executiva do PNUMA

Inger Andersen

### Diretor Regional do PNUMA para América Latina e Caribe

Leo Heileman

### Representante do PNUMA no Brasil

Denise Hamú

### Oficial de Programas do PNUMA no Brasil

Regina Cavini

## EQUIPE TÉCNICA DO MCTI

### Diretora Nacional do Projeto de Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil

Sonia Regina Mudrovitsch de Bittencourt

### Coordenador Nacional do Projeto de Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil

Antônio Marcos Mendonça

### Coordenador Técnico do Projeto de Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil

Régis Rathman

### Equipe Técnica da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade

Andréa Nascimento de Araújo

Bruno Xavier de Sousa

Daniella Gonçalves Mattar

Diogo Victor Santos

Lidiane Rocha de Oliveira Melo

Marcela Cristina Rosa Aboim Raposo

Ricardo Rocha Pavan da Silva

Ricardo Vieira Araújo

Rodrigo Henrique Macedo Braga

Suiá Kafure da Rocha

### Equipe Administrativa da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade

Kediley Márcio de Sousa

Maria do Socorro da Silva Lima

Pabliny Rodrigues Santos

### Equipe Técnica do Programas das Nações Unidas para o Meio Ambiente

Mariana Chrisostomo de Almeida

Tatiana Francisco

### Autores

Régis Rathmann

Sonia Regina Mudrovitsch de Bittencourt

Antônio Marcos Mendonça

# Lista de Figuras

Figura 1 – Antes e depois da implementação do PAT	13
Figura 2 – Macroações do PAT	14
Figura 3 – Custo de implementação do PAT	15
Figura 4 – Antes e depois da implementação do PAT	19
Figura 5 – Macroações do PAT	20
Figura 6 – Custo de implementação do PAT	21
Figura 7 – Antes e depois da implementação do PAT	25
Figura 8 – Macroações do PAT	26
Figura 9 – Custo de implementação do PAT	27
Figura 10 – Antes e depois da implementação do PAT	31
Figura 11 – Macroações do PAT	32
Figura 12 – Custo de implementação do PAT	33
Figura 13 – Antes e depois da implementação do PAT	37
Figura 14 – Macroações do PAT	38
Figura 15 – Custo de implementação do PAT	39
Figura 16 – Antes e depois da implementação do PAT	43
Figura 17 – Macroações do PAT	44
Figura 18 – Custo de implementação do PAT	45

<b>Figura 19</b> – Antes e depois da implementação do PAT	49
<b>Figura 20</b> – Macroações do PAT	50
<b>Figura 21</b> – Custo de implementação do PAT	51
<b>Figura 22</b> – Antes e depois da implementação do PAT	55
<b>Figura 23</b> – Macroações do PAT	56
<b>Figura 24</b> – Custo de implementação do PAT	57
<b>Figura 25</b> – Antes e depois da implementação do PAT	61
<b>Figura 26</b> – Macroações do PAT	62
<b>Figura 27</b> – Custo de implementação do PAT	63
<b>Figura 28</b> – Antes e depois da implementação do PAT	67
<b>Figura 29</b> – Macroações do PAT	68
<b>Figura 30</b> – Custo de implementação do PAT	69
<b>Figura 31</b> – Antes e depois da implementação do PAT	73
<b>Figura 32</b> – Macroações do PAT	74
<b>Figura 33</b> – Custo de implementação do PAT	75
<b>Figura 34</b> – Antes e depois da implementação do PAT	79
<b>Figura 35</b> – Macroações do PAT	80
<b>Figura 36</b> – Custo de implementação do PAT	81

# Lista de Quadros

---

<b>Quadro 1</b> – Ideia de projeto para desenvolvimento de tecnologias 4.0 em Cidades, Agricultura, Indústria e Saúde	<b>85</b>
<b>Quadro 2</b> – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) inovadoras de transportes	<b>87</b>
<b>Quadro 3</b> – Ideia de projeto para desenvolvimento e aplicação de espécies exóticas e nativas na Rede Regenera Biomas	<b>89</b>
<b>Quadro 4</b> – Ideia de projeto para desenvolvimento de plataforma voltada a impulsionar a aplicação de tecnologias sustentáveis baseadas nos PATs	<b>91</b>
<b>Quadro 5</b> – Ideia de projeto para formação de capacidades visando à competitividade em MGA, ao monitoramento por satélites e à inteligência territorial	<b>93</b>
<b>Quadro 6</b> – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) renováveis de geração elétrica	<b>96</b>

---



# Sumário

INTRODUÇÃO	9
1. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A ENERGIA SOLAR FOTVOLTAICA FLUTUANTE	11
2. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA VEÍCULOS HÍBRIDOS FLEX	17
3. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS A PILHA A COMBUSTÍVEL A ETANOL	23
4. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS	29
5. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA FOGÕES SOLARES FOTVOLTAICOS COM INDUÇÃO	35
6. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA MATERIAIS INOVADORES PARA CIMENTO	41
7. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A INDÚSTRIA 4.0	47
8. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A AGRICULTURA DE PRECISÃO	53
9. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL NA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE	59
10. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A SILVICULTURA E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES NATIVAS	65
11. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA A SILVICULTURA COM PLANTIOS MISTOS PARA RESTAURAÇÃO	71
12. PLANO DE AÇÃO TECNOLÓGICA PARA O MONITORAMENTO POR SATÉLITE	77
13. IDEIAS DE PROJETOS	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98



---

# Introdução



# Introdução

O projeto "Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA\_BRAZIL)"<sup>1</sup> tem por objetivo reforçar a capacidade técnica do governo brasileiro, por meio do desenvolvimento de uma avaliação abrangente das necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil, com vistas a fornecer subsídios às tomadas de decisão referentes ao cumprimento das metas de mitigação de GEE, levando em consideração a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil e a estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF).

O processo de elaboração do projeto TNA\_BRAZIL possui três fases: i) identificação e priorização de tecnologias para os setores selecionados; ii) identificação e análise das cadeias de valor, cobenefícios e principais barreiras que vão de encontro ao desenvolvimento e à difusão das tecnologias priorizadas; e iii) proposição, com base nos resultados anteriores, de Planos de Ação Tecnológica (PAT) para fomentar o desenvolvimento e a difusão das tecnologias priorizadas para cada setor avaliado.

Um PAT consiste em um plano de ação que pode ser de natureza tecnológica, de capacitação, de difusão, entre outras, e que se traduz em ações concretas a serem implantadas visando ao desenvolvimento e/ou à difusão das tecnologias nos setores priorizados. As ações, por sua vez, podem ser divididas em atividades e devem indicar tanto os recursos necessários à sua aplicação, que envolvem cronograma, estimativa de custos e potenciais atores que devem ser mobilizados ao longo do processo. Ademais, às ações devem ser associados riscos à implementação, para, partindo disso, serem propostas medidas para contingenciá-los.

Cumprido ressaltar que foi realizada ampla discriminação de custos ao nível de ações e atividades dos planos, de

acordo com as seguintes rubricas: recursos humanos; material permanente; material de consumo; serviços de terceiros, passagens e diárias; e outros. Todas as informações foram sistematizadas em planilhas no formato MS-Excel, que serão disponibilizadas aos atores interessados na preparação de propostas de projetos por meio de contato com a Direção Nacional do projeto TNA\_BRAZIL.<sup>2</sup>

Nos setores do sistema energético, agricultura, florestas e outros usos da terra foram priorizados os seguintes pacotes de tecnologias, os quais têm os planos de ação sumarizados a seguir: energia solar fotovoltaica flutuante; veículos híbridos flex; veículos elétricos a pilha a combustível a etanol; aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais; fogões solares fotovoltaicos com indução; materiais inovadores para cimento; indústria 4.0; agricultura de precisão (AP); melhoramento genético animal (MGA) na pecuária bovina de corte; silvicultura e melhoramento genético de espécies nativas; silvicultura com plantios mistos para restauração; e monitoramento por satélite.

Consultas para validação dos PATs foram conduzidas entre março e novembro de 2020 com membros do Comitê Técnico Consultivo (CTC) e das Câmaras Setoriais (CS) do projeto. Elas foram sistematizadas por meio de matrizes, suscitando aprimoramentos dos planos (MCTI, 2020a; 2020b). A participação dos *stakeholders*-chave foi fundamental para a robustez dos Planos, que foram amplamente divulgados pelo MCTI em seus canais oficiais (BRASIL, 2020c) e por meio de sete webinários realizados entre outubro e dezembro de 2020 (BRASIL, 2020c-2020i).

A seguir são apresentados os PATs por tecnologia. Em seguida, são propostas ideias de projetos que agregam planos por afinidade de escopo e ambição. Por fim, tem-se as considerações finais do documento.

<sup>1</sup> TNA refere-se a Technology Needs Assessment (Avaliação de Necessidades Tecnológicas).

<sup>2</sup> Encaminhar solicitações de acesso à planilha, apontando o Plano de Ação, para [tna@mctic.gov.br](mailto:tna@mctic.gov.br).

# 1.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para a Energia Solar Fotovoltaica Flutuante**



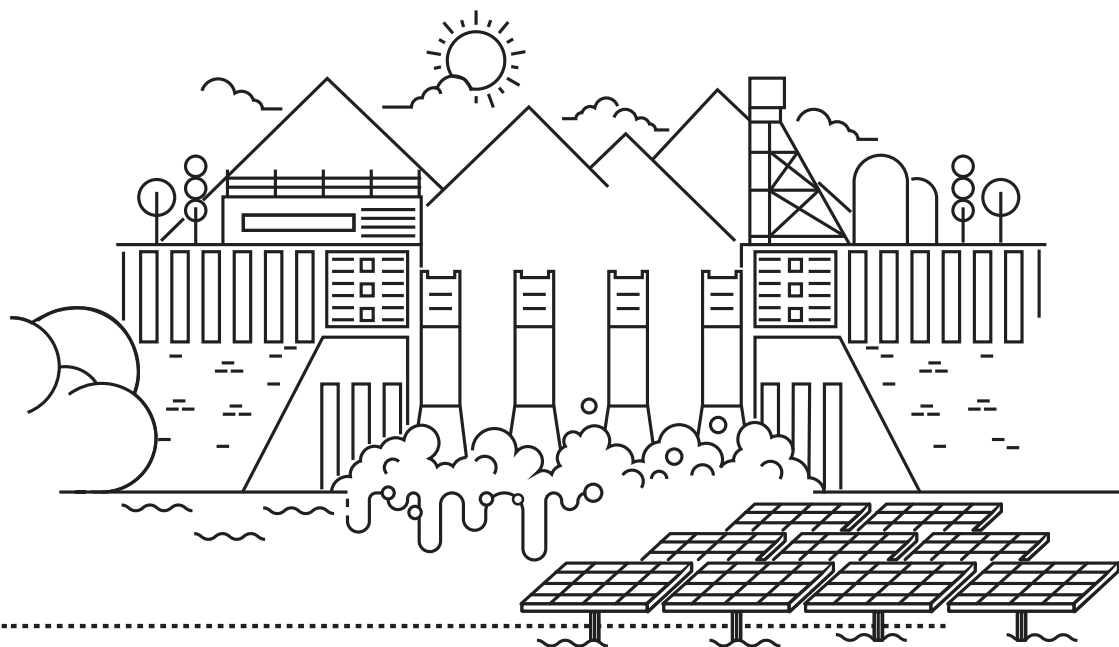
# 1. PAT PARA A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA FLUTUANTE

Os sistemas solares flutuantes diferem de sistemas fotovoltaicos convencionais pela estrutura de sustentação dos painéis, que envolve flutuadores aquáticos e sistema de ancoragem. Podem ser instalados em lagos, lagoas, reservatórios, canais, barragens, entre outros, e devem garantir a estabilidade dos módulos fotovoltaicos, sendo capazes de resistir a ventos, ondas e correnteza.

É necessário endereçar algumas questões para que o mapeamento de potencial da fonte contribua de forma efetiva ao seu desenvolvimento. O primeiro entra em caráter técnico e relaciona-se à inexistência de um mapeamento de seu potencial sustentável. Ou seja, existe a necessidade de coletar informações específicas para mapear as áreas disponíveis para a instalação de projetos diante da perspectiva de sustentabilidade, analisando restrições ambientais e sociais que podem conflitar com sua implementação, especialmente frente aos usos múltiplos de reservatórios de usinas hidrelétricas (UHEs) no Brasil. Além disso, por ser uma fonte incipiente no país, pouco se conhece sobre a tecnologia em si e seus benefícios. Por essa barreira, acaba não sendo considerada uma opção de geração elétrica a ser difundida, principalmente frente a outras opções de energia renovável já desenvolvidas no país, o que leva à falta de interesse em se conhecer seu potencial. Ademais, tem-se uma indefinição sobre os direitos de uso e as obrigações de gestão dos reservatórios, dado

que, geralmente, estes possuem múltiplos usos, que devem ser garantidos e fiscalizados, como navegação, abastecimento humano, turismo, lazer, pesca e áreas de preservação ambiental. No tocante à instalação das usinas, aspectos regulatórios e administrativos específicos quanto ao uso e à locação da superfície de reservatórios ainda estão sob processo de definição pelas instituições competentes. Assim, essa barreira acaba prejudicando o interesse pela tecnologia por parte dos empreendedores, e existe a necessidade de se discutir a questão a nível de reservatório e a nível institucional, quando se pensa no potencial da fonte.

Mediante a remoção desses entraves, uma série de benefícios poderão ser apropriados. Além de ser uma fonte de energia renovável e segura, que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) no setor elétrico, a energia solar fotovoltaica flutuante pode gerar outros benefícios, tais como: i) aumento da produção de energia devido ao resfriamento dos painéis pela água e à redução da probabilidade de sombreamento por estruturas, que aumentam a eficiência do sistema; ii) diminuição de possíveis conflitos com outros usos prioritários da terra; iii) diminuição dos custos de capital com infraestrutura de conexão à rede; iv) aumento da disponibilidade de água nos reservatórios para outros usos humanos, como abastecimento e navegação; e v) geração de emprego e renda nas fases de implantação e manutenção dos painéis; entre outros.



# Solar Fotovoltaica Flutuante

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

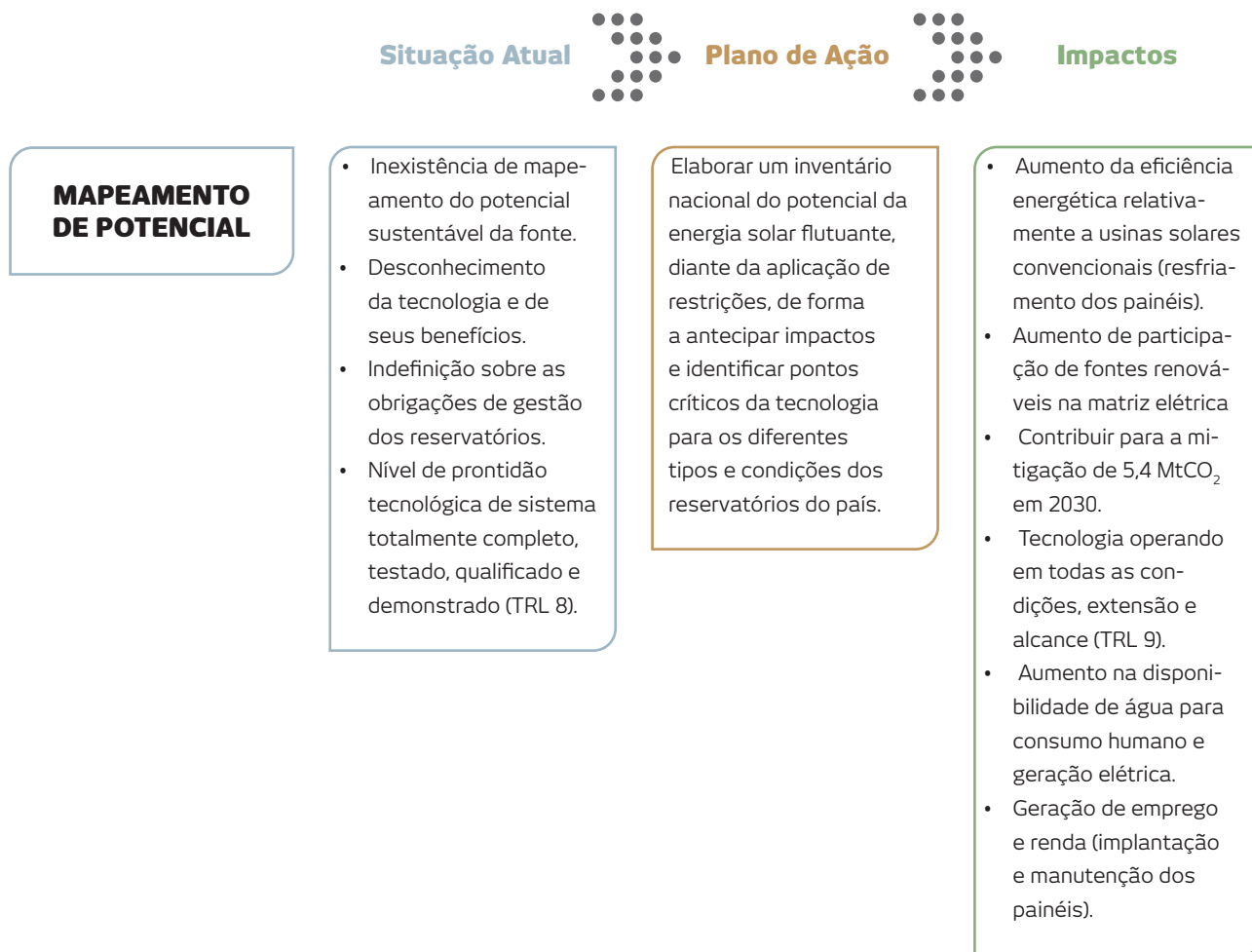


Figura 1 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

Para materializar esses impactos, o PAT objetiva elaborar um inventário nacional de potencial da energia solar flutuante, diante da aplicação de restrições, de forma a antecipar impactos e identificar pontos críticos da tecnologia para os diferentes tipos e condições dos reservatórios do país.

Foram propostas ações para atingir a ambição do PAT. Visando abranger o vasto território nacional e, ao mesmo tempo, prezar pela precisão dos dados, o Plano pode ser pensado em duas etapas. A primeira, que engloba as Ações 1 e 2, consiste em uma análise mais ampla, em que são coletados dados já existentes dos reservatórios de UHEs por todo o país. Estes dados remetem às condições de recurso solar e de clima, que podem afetar a geração solar fotovoltaica, e às informações básicas dos reservatórios, como localização e área. Em seguida, pode ser realizado um mapeamento preliminar do potencial da tecnologia solar flutuante em escala nacional. A partir deste mapeamento, a análise pode ser aprofunda-

da. Para tal, é proposta a seleção de cinco reservatórios promissores, que, preferencialmente, ressaltam diferentes condições bioclimáticas dos reservatórios do Brasil, servindo como projetos-tipo. Para estes reservatórios selecionados, a segunda fase consiste em estimar o recurso solar sobre sua superfície com maior precisão, e coletar dados com alta resolução espacial e informações específicas, que possibilitem o mapeamento preciso das áreas disponíveis para a instalação das plantas solares. Sendo assim, além do mapeamento preliminar do potencial em escala nacional e de estudos de caso bem detalhados para os cinco reservatórios mais promissores do país, o Plano, indiretamente, trará como produto uma metodologia de identificação de localidades para a instalação de projetos com a tecnologia solar fotovoltaica flutuante. Mais do que isso, abrangerá a elaboração de uma base de dados de alta resolução espacial para os reservatórios analisados, e uma análise que poderá embasar as discussões sobre a viabilidade de desenvolvimento da fonte no contexto nacional ou regional.

## Solar Fotovoltaica Flutuante

**O PAT de energia solar fotovoltaica flutuante está estruturado o em 4 blocos de trabalho (5 anos de execução)**

### 1. COLETA DE DADOS

Coleta e agregação de dados para reservatórios de UHEs, gerando uma base de dados que poderá ser compartilhada por projetos futuros (1 ano).



### 2. MAPEAMENTO DE POTENCIAL

Agregação de informações espaciais e tecnológicas que permitem o mapeamento e estimativa do potencial da fonte (1 ano).



### 4. DISPONIBILIZAÇÃO DIGITAL

Disponibilização do inventário digital, em forma de mapa interativo, e da base de dados, para que a fonte e seus benefícios sejam impulsionados no país. (1 ano).



### 3. MODELAGEM DE RECURSO SOLAR

Rodadas de modelo de previsão do recurso solar sobre áreas alagadas de reservatórios determinados, lidando com a limitação de falta desta informação (2 anos).



Figura 2 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

A implementação exitosa do Plano depende da participação e da contribuição de múltiplos atores. Portanto, deve abranger agentes do setor público, agências reguladoras e fiscalizadoras, instituições de suporte técnico e científico, incluindo universidades e centros de pesquisa, setor privado e instituições de apoio e fomento. Trata-se de um PAT de execução altamente técnica e multidisciplinar, que engloba a coleta e a produção de dados e análises espaciais e energética. Por isso, indica-se que sua coordenação e/ou Comitê de Validação dos Resultados ocorra em parceria entre uma instituição pública do setor energético, como o Ministério de Minas e Energia (MME) e/ou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e um instituto ou grupo de pesquisa com *expertise* em estudos climáticos e energéticos, e que tenha competência para executar todas as ações, como é o caso do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Para a Ação 3, em especial, que é a ação mais específica, custosa e longa do Plano, é imprescindível que o Inpe seja responsável pela coordenação técnica, dado que é o centro de pesquisa com maior ex-

periência e melhor infraestrutura computacional para realizá-la, e que já vem liderando o esforço de mapeamento do recurso solar sobre áreas alagadas no Brasil. Algumas atividades, como as da Ação 4, que envolvem estudos técnicos específicos, devem ser realizadas por empresas especializadas contratadas, mediante a supervisão da instituição coordenadora do PAT.

O prazo para implementação do plano de ação é de cinco anos, com custo total estimado em cerca de R\$ 2,8 milhões. As Ações 3 e 4, que dizem respeito à produção, respectivamente, de dados de recurso solar sobre áreas alagadas e de dados específicos de alta resolução para os reservatórios, são as mais significativas em termos de custos. As estimativas de custos para todas as ações contemplam a contratação de equipe, materiais, eventuais serviços terceiros e viagens e diárias. Na Ação 3, por exemplo, já estão inclusos os custos de instalação e manutenção das boias solarimétricas da subatividade 3.1, bem como para o armazenamento e o processamento de dados *in loco* e em nuvem da subatividade 3.2.

## Solar Fotovoltaica Flutuante

### Custo de implementação do TAP

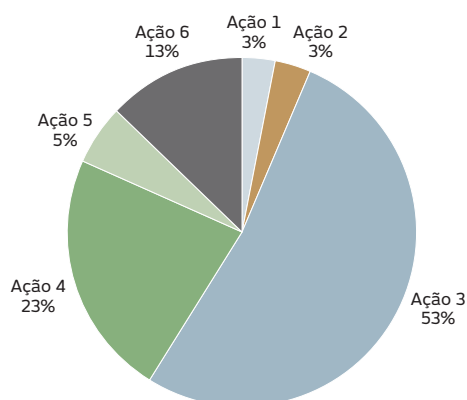
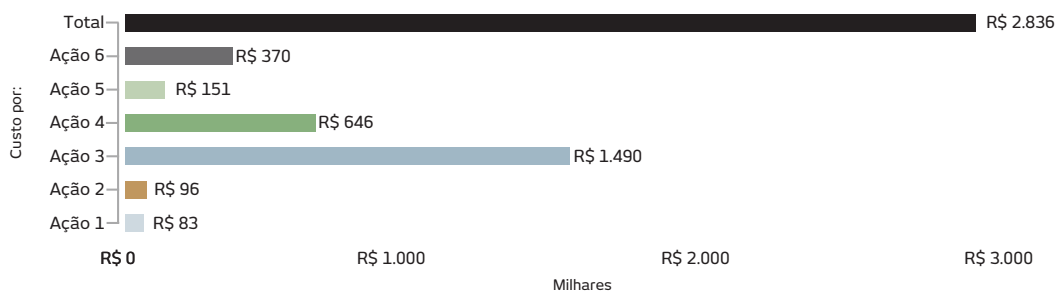


Figura 3 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.



No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento visando à posterior difusão da tecnologia, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no Projeto TNA\_BRAZIL" (BRASIL, 2021).

Por fim, foi proposto um plano de riscos e contingenciamento à implementação das ações e atividades do PAT. Os riscos altos estão relacionados à Ação 3 e à subatividade 5.2. A subatividade 3.1 pode ser prejudicada por eventuais problemas técnicos ou acidentes com os instrumentos de medição, o que representa um risco alto, podendo implicar graves consequências ao andamento do restante do projeto. A primeira medida para lidar com esses riscos é instalar sensores redundantes nas boias solarimétricas. Além disso, é proposto um período de seis meses, previamente à instalação dos instrumentos, para que sejam estabelecidos acordos de cooperação técnica (ACTs) com as concessionárias

responsáveis pelos reservatórios, e com instituições de ciência e tecnologia (ICTs) locais para monitoramento e eventual manutenção dos instrumentos durante o período de medição, combinado com visitas rotineiras de um especialista vinculado ao projeto. Já a subatividade 3.2 pode ser inviabilizada por limitações computacionais do contratado, o que também representa um risco alto por trazer graves consequências ao andamento do restante do projeto. Para evitar este risco, deve-se garantir que haja capacidade técnica e infraestrutura computacional para suportar a modelagem, por meio de inserção de cláusula no contrato de consultoria para realização da modelagem. Mais do que isso, foi previsto orçamento visando à contratação de recurso computacional para modelagem *in loco* e remota em nuvem. A subatividade 5.2 diz respeito à aplicação da metodologia previamente delineada para a definição das áreas disponíveis para a instalação de usinas solares fotovoltaicas flutuantes em reservatórios de UHEs, frente à imposição de restrições técnicas, ambientais e sociais. Contudo, diante da falta de arcabouço regulatório ambiental e de direitos de uso, é possível que a metodologia aplicada na subatividade 5.2 venha a diferir de futuras definições quanto às restrições que deverão ser consideradas e aos critérios relacionados à emissão de licenças e concessões para projetos. Sendo assim, é essencial a participação das agências reguladoras e ambientais na validação da metodologia de definição de áreas.

# 2.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para Veículos Híbridos Flex**



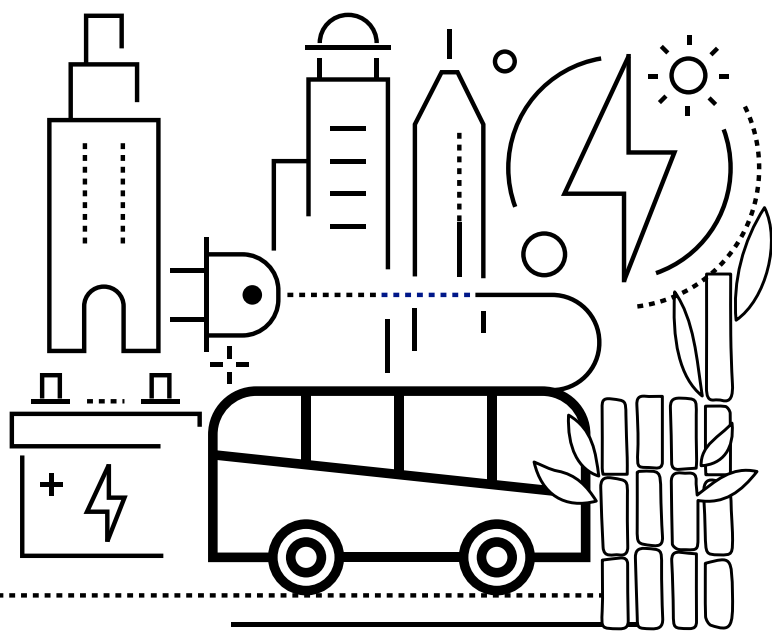
## 2. PAT PARA VEÍCULOS HÍBRIDOS FLEX

Veículos híbridos são compostos de um motor a combustão interna e um elétrico, podendo ser carros, ônibus ou caminhões. Fazem uso destes motores em série, utilizando o motor a combustão de forma a gerar eletricidade para o motor elétrico, ou em paralelo, usados em conjunto quando necessário ou em baixas rotações, como ocorre em congestionamentos. São, também, diferenciados em níveis de eletrificação, podendo ser equipados com um simplificado sistema start-stop, que permite o desligamento do motor quando o veículo fica ocioso, até o uso exclusivo de um motor elétrico para a movimentação das rodas.

Podem utilizar diferentes proporções de gasolina e etanol, ou até mesmo fazer uso destes combustíveis de maneira independente. Além da vantagem atribuída ao uso combinado do motor a combustão interna e do elétrico com a redução no consumo de combustível, há, também, a diminuição das emissões de GEE em relação ao uso exclusivo de gasolina, etanol ou diesel. No caso particular dos ônibus híbridos flex, que é o foco deste

PAT, podem ser citadas algumas vantagens adicionais: i) redução no consumo de combustível por quilômetro rodado; ii) abastecimento por mais de um tipo de combustível; iii) menos poluente que os ônibus convencionais a diesel utilizados na frota brasileira; e iv) alto poder de penetração em centros urbanos.

O PAT tem como ambição desenvolver uma aplicação-piloto de frota de ônibus híbrido flex para uma linha municipal até 2030. O atingimento deste objetivo permitiria a transição de um nível de prontidão tecnológica de validação da integração dos componentes veiculares em ambiente de laboratório (TRL 4) para teste de protótipo do sistema em ambiente operacional, o que habilitaria a produção dos componentes em escala comercial (TRL 7). Mais do que isso, permitiria superar gargalos, tais como a falta de conteúdo tecnológico nacional; o elevado custo de investimento em montadoras para a produção dos componentes do *kit* de hibridização; e a inexistência de padrões tecnológicos.



# Veículos Híbridos Flex

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

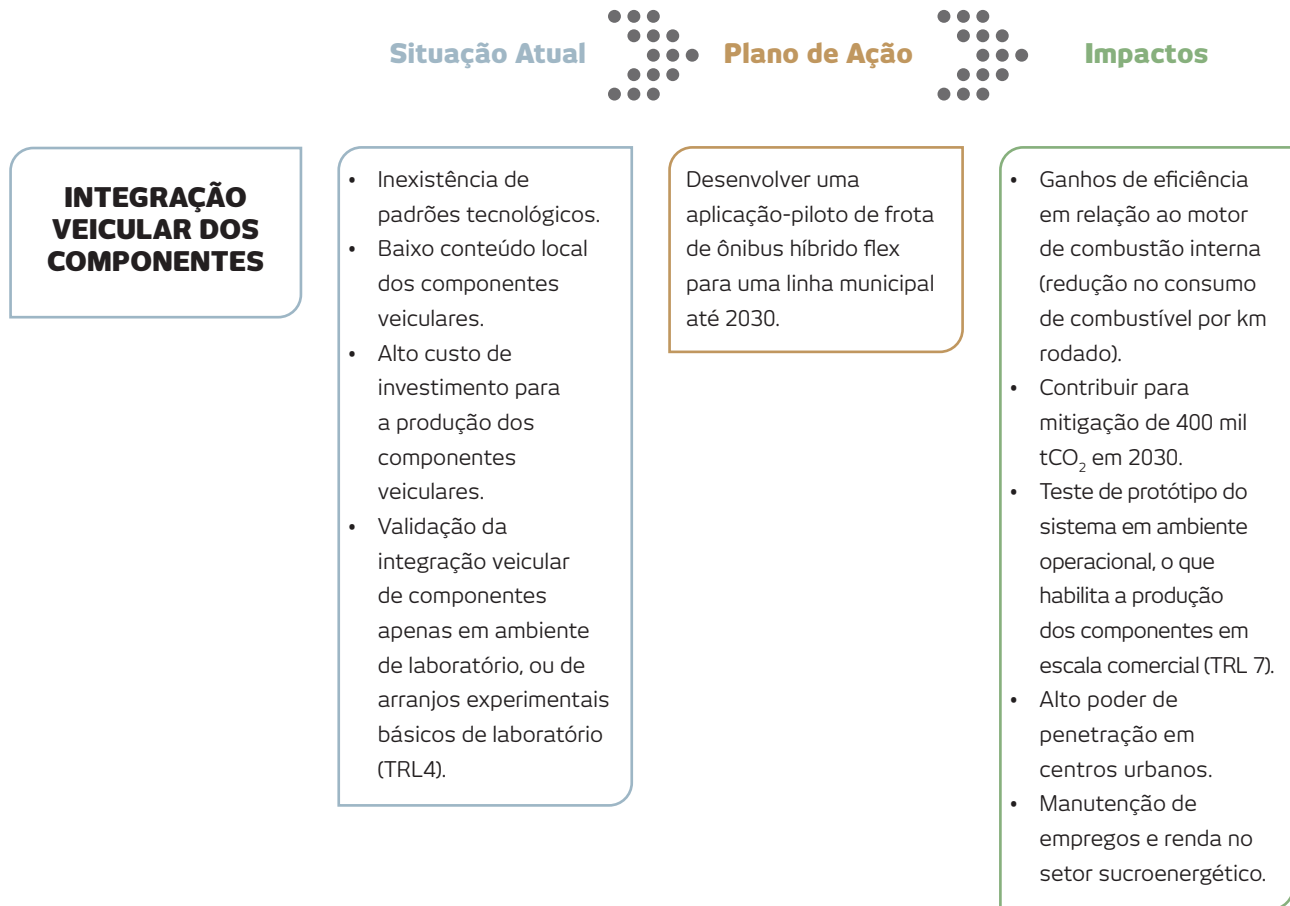


Figura 4 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

O PAT proposto está dividido em sete ações, com suas respectivas atividades, que compreendem: i) avaliação e seleção de um município para a implementação-piloto da frota de ônibus híbridos flex; ii) seleção e teste em simulação das características e dos equipamentos que formam os ônibus híbridos flex desta frota; iii) constituição de uma *startup* para a criação e a instalação de *kits* de *retrofitting* em ônibus visando à sua transformação em ônibus híbridos

flex; iv) elaboração do projeto de equipamentos e do *kit* de hibridização para a conversão de uma frota de ônibus a diesel em ônibus híbridos flex; v) aplicação-piloto desta frota na localidade selecionada na Ação 1; vi) demonstração e coleta de dados da frota de ônibus híbridos flex, com divulgação e disseminação de resultados demonstração; e vii) capacitação de mão de obra qualificada para a operação e a manutenção da frota-piloto.

## Ônibus Híbridos Flex

O PAT de ônibus híbridos flex está estruturado em 4 ações (8 anos de execução)

### 1. ESCOLHA DO MUNICÍPIO E SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

Seleção de um município para a aplicação-piloto de uma frota de ônibus híbridos flex e seleção das características desta frota (2 anos).



### 2. CONSTITUIÇÃO DA SIT

Criação de uma *startup* que produza e instale *kits* de *retrofitting* em ônibus convencionais para a sua conversão em ônibus híbridos flex (1 ano).



### 4. DEMONSTRAÇÃO, DISSEMINAÇÃO E CAPACITAÇÃO

Demonstração da frota de ônibus híbridos flex e divulgação e disseminação dos resultados. Capacitação para operação e manutenção da frota (3 anos).



### 3. ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DOS KITS

Elaboração do projeto do *kit* de hibridização e sua aplicação-piloto em uma frota de ônibus (2 anos).



Figura 5 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

A mobilização de múltiplos atores, de diferentes segmentos, possibilita uma maior integração entre os agentes e os poderes para o sucesso deste Plano. Para coordená-lo, pode ser destacada a Itaipu Binacional, que conta com um amplo portfólio de projetos em veículos elétricos, aviões elétricos e ônibus híbrido a etanol. Em termos da governança, podem ser discriminados atores-chave, tais como a Confederação Nacional dos Transportes (CNT); a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos

Automotores (Anfavea); a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU); as concessionárias de ônibus; e o Sistema Integrador de Tecnologias (SIT).

O prazo para implementação do PAT é de oito anos, com custo total de R\$ 8,3 milhões. A Ação 4, que compreende o projeto e a montagem dos kits de hibridização, bem como a aquisição dos equipamentos necessários para sua montagem, compreende cerca de 54% do custo total deste projeto.

## Veículos Híbridos Flex

### Custo de implementação do Plano de Ação

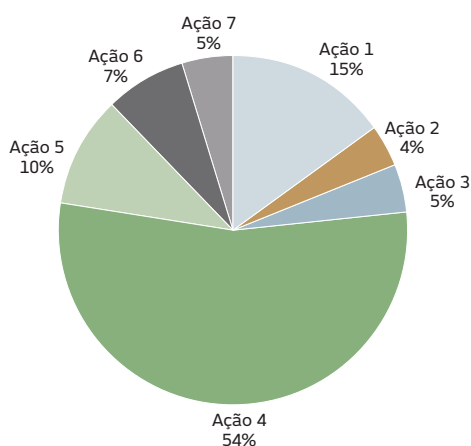
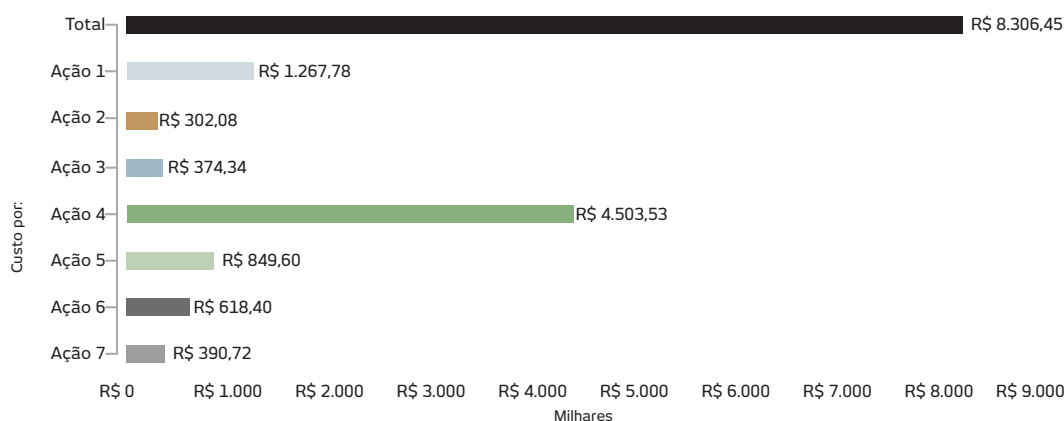


Figura 6 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do escopo das Ações 1, 2 e 7, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL” (BRASIL, 2021).

Ao final, foi proposto um plano de riscos e contingenciamento à implementação das ações e atividades do PAT. Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 4.4, 4.5, 4.6 e 5.1. Estes riscos estão associados à possível incompatibilidade entre os equipamentos adquiridos para a criação do *kit* de hibridização e ao risco de variação cambial, que pode impossibilitar a

aquisição destes itens. Há, ainda, riscos de incompatibilidade entre o *kit* de hibridização e o ônibus a ser reformado; de descumprimento do acordo de parceria firmado na subatividade 1.8; de atraso na entrega da montagem dos *kits*; e de falta de coordenação técnica da subatividade 5.1.

De maneira a contingenciar tais altos riscos, pode-se averiguar possíveis incompatibilidades entre os equipamentos selecionados utilizando *softwares* de desenho assistido por computador 3D, além de serem estabelecidos mecanismos na contratação do projeto que garantam recurso para contingenciamento, em caso de variação no custo dos equipamentos. No caso particular da subatividade 5.1, também se deve estabelecer direitos e obrigações no acordo de parceria, como contrapartida de custos de instalação pela concessionária de ônibus e manutenção da frota após o final do projeto, e constituir coordenação técnica na equipe permanente do projeto.



# 3.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para Veículos Elétricos a Pilha a Combustível a Etanol**



### 3. PAT PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS A PILHA A COMBUSTÍVEL A ETANOL

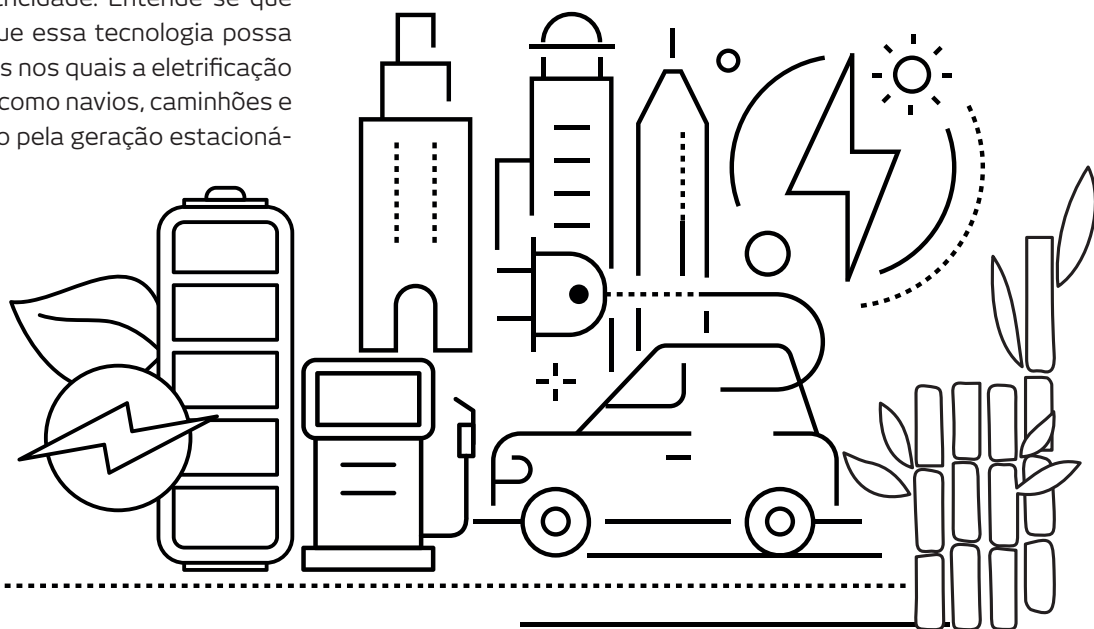
Existem diversos tipos de pilhas a combustível, que variam tanto devido à configuração de seus eletrodos e eletrólitos quanto ao tipo de combustível a ser oxidado eletroquimicamente. Entende-se por pilha a combustível a etanol direto aquela em que a alimentação no anodo é de etanol líquido ou gasoso, anidro ou diluído em água, e a alimentação do catodo é de ar ou oxigênio. Utiliza-se desse termo, principalmente, para diferenciação de pilhas nas quais o combustível alimentado é hidrogênio resultado de uma reforma externa, porém por unidade acoplada, de etanol.

A mais promissora tecnologia, entre as pilhas a combustível a etanol direto, é a de óxido sólido, e, mais precisamente, a suportada por metais, que apresenta maiores densidades de energia, resistência à variação de temperatura e a maiores tempos de operação. A organização desse tipo de pilha, que usa de interconectores metálicos entre as células unitárias, reduz muito a espessura do eletrólito, uma vez que é suportada pelo próprio anodo. Não há problema de *crossover* de combustível nem envenenamento do catodo por definição, devido à impermeabilidade do eletrólito.

As aplicações de pilhas a combustível de óxido sólido (PaCOS) podem ser diversas, muito devido à sua modularidade, desde microcapacidades, como eletroeletrônicos de 1 W, até macro, como usinas de eletricidade de 1 MW. Este PAT foca a eletrificação de veículos e a geração estacionária de eletricidade. Entende-se que os primeiros mercados em que essa tecnologia possa ser viável são aqueles veículos nos quais a eletrificação é possível, porém mais difícil (como navios, caminhões e outras embarcações), seguido pela geração estacionária em regiões remotas.

Nesse contexto, este Plano tem como ambição a transição do nível de prontidão tecnológica TRL 3 (validação conceitual) para o TRL 7 (demonstração em veículos), por meio de engenharia e produção da pilha a combustível a etanol direto de óxido sólido. O atingimento da ambição resultará na remoção das principais barreiras que impedem a maturidade e a difusão da tecnologia em escala comercial, podendo-se citar: i) falta de consenso acerca da tecnologia dominante de pilha a combustível a etanol direto, com dificuldade de operação em altas capacidades, por longo período e com estabilidade térmica; ii) baixo nível de prontidão tecnológica; iii) produção da tecnologia apenas em nível de pesquisa; e iv) dependência de desenvolvimento de tecnologia que não considera vantagens competitivas do país (hidrogênio).

Uma série de benefícios podem ser obtidos mediante a implementação das ações descritas a seguir, podendo-se destacar: i) ganhos energéticos de até 60% relativamente a motores de combustão interna; ii) redução significativa de emissões de GEE; iii) garantia de um mercado cativo para o etanol, principalmente no Brasil, uma vez que ocorre a troca de motores a combustão interna por motores elétricos; e iv) redução da emissão de materiais particulados, com melhoria da saúde humana; entre outros.



# Veículos a Pilha a Combustível a Etanol

Antes e depois da implementação do Plano de Ação



Figura 7 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

O presente Plano é dividido em duas fases, contemplando 21 ações. Para desenvolvimento da primeira fase do Plano, listam-se atividades visando construir um protótipo de sistema completo, com aplicações variadas, desde a manufatura das peças constituintes dos empilhamentos à elaboração de um balanço de planta, que foca a organização de todos os sistemas auxiliares necessários para o funcionamento da pilha

em protótipo laboratorial. A segunda fase é constituída por projetos maiores, visando ao aumento de escala de bancada para semi-industrial, que culmina no acoplamento de um protótipo-piloto e todo seu balanço de planta em um veículo para testes e operação em condições reais. Importante ressaltar que, ao final de cada ação, tem-se o depósito de patentes, considerando o protótipo laboratorial e o protótipo-piloto.

## Veículo Elétricos a Pilha a Combustível a Etanol

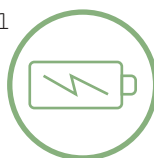
**O PAT está estruturado em 2 fases e 4 ações (6 anos de execução)**

### 1. MANUFATURA DAS PEÇAS

Manufatura em escala laboratorial dos constituintes das células unitárias de pilha a combustível (1 ano).



Fase 1



### 2. PROTÓTIPO LABORATORIAL

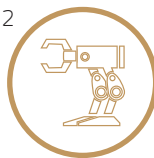
Montagem e ativação dos empilhamentos, junto à integração com sistemas auxiliares do balanço de planta para confecção do primeiro protótipo (2 anos).

### 4. PROTÓTIPO-PILOTO

Montagem dos empilhamentos e sistemas auxiliares em veículos para teste-piloto (2 anos).



Fase 2



### 3. MANUFATURA DOS SISTEMAS DO PROTÓTIPO-PILOTO

Aumento de escala das atividades laboratoriais para semi-industrial em parceria com empresas especializadas (1 ano).

Figura 8 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

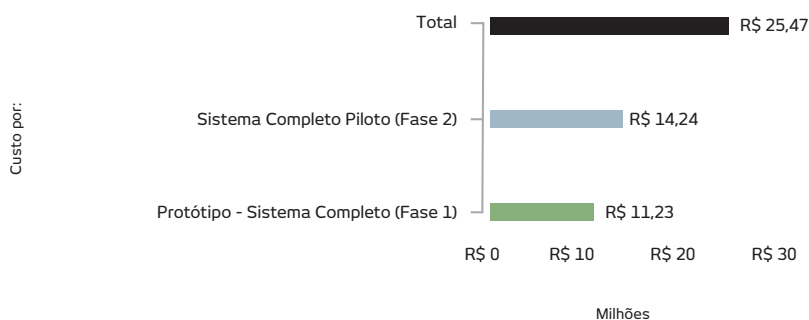
Para implementação do PAT, diversos *stakeholders*, sejam da academia ou da indústria, sejam do setor público ou privado, são necessários. A heterogeneidade de atores envolvidos é fundamental para a robustez das decisões tomadas durante a execução das atividades, implicando maior qualidade dos produtos entregues ao final de cada etapa. Como trata-se de um Plano com grande caráter tecnológico de vanguarda, que pode produzir tecnologia inexistente em âmbito nacional e internacional, e de caráter estratégico para o setor de transportes e de etanol no país, entende-se que o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) deveria estar envolvido na coordenação. O MCTI também poderia propor arranjos de implementação do Plano

que contemplem um Comitê Técnico. Este Comitê poderia ser composto pelo MME, pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e pela ANP. Para a execução das atividades do Plano, entende-se que deve ser montada uma equipe técnica por ação, sendo esta sempre formada, pelo menos em parte, por membros de um ou mais institutos e centros de pesquisa de referência, que deverão atuar sob a coordenação do MCTI.

O prazo de implantação é de seis anos, com custo total estimado em R\$ 25,5 milhões. A Fase 2, que abrange o aumento de escala e protótipo-piloto da pilha a combustível, corresponde à maior parte dos custos (cerca de 56%).

## Veículo Elétricos a Pilha a Combustível a Etanol

### Custo de implementação do Plano de Ação



% bloco de trabalho

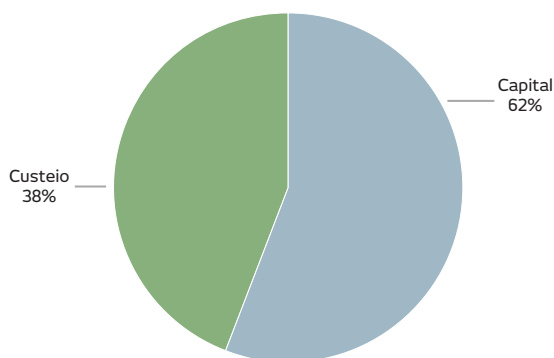


Figura 9 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do foco em pesquisa e em desenvolvimento para atingir os estágios TRL 5 (Fase 1) e TRL 7 (Fase 2), identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL" (BRASIL, 2021).

Na última etapa do PAT, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas. Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 5.3 e 6.2, nas quais há a necessidade de compra de equipamentos, materiais ou sistemas de tecnologia de ponta que podem ou não possuir fornecedores de fácil acesso, necessitando de demandas muito específicas; e 13.1, 13.2, 13.5 e 19.2, em que está planejado aumento de escala de processos e/ou realização de novos projetos semi-industriais, muitas vezes de vanguarda e sem precedentes. A subatividade 5.3 corre riscos de acidente de execução, falta de manutenção e possíveis quebra de equipamentos. É contingenciada por um controle de qualidade satisfatório e parceria com empresa capaz de auxiliar ou supervisionar atividades. A subatividade 6.2 tem risco alto de indisponibilidade de com-

ponentes e sistemas, tanto no mercado nacional quanto internacional, que é contingenciado pela elaboração de projetos específicos ou adequação de aparelhos existentes. Os riscos da subatividade 13.1 estão associados à possível natureza não escalável de processos, à infraestrutura inadequada e a acidentes de execução decorrentes de falta de manutenção e/ou quebra de equipamentos. As ações de contingenciamento são extensa revisão bibliográfica e realização de testes comparativos para processos alternativos; projetos satélites para adequação de infraestrutura; identificação de empresa parceira para execução e/ou consultoria nas atividades, além de previsão de recursos de contingenciamento para gastos não previstos. Já na subatividade de 13.2, podem ocorrer erros genéricos de projeto, além de, também, infraestrutura inadequada e acidentes de execução. As ações de contingenciamento são as mesmas descritas anteriormente. Na subatividade 13.5, além dos mesmos riscos e contingenciamentos da subatividade 13.2, também se adicionam possíveis falsos positivos de conformidade, que são contingenciados pela definição de parâmetros ótimos de teste. A subatividade 19.2 possui risco alto devido à possível falta de coordenação, a erros metodológicos, a ambiente fora de condições reais de utilização e à falta de mão de obra qualificada. Uma parceria com empresas automobilísticas e empresas especializadas em PaCOS pode vir a reduzir esses riscos, também aliados a uma estratégia de gestão centralizada e certeza de contratação de mão de obra suficiente.

4.

---

# Plano de Ação Tecnológica **para Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais**





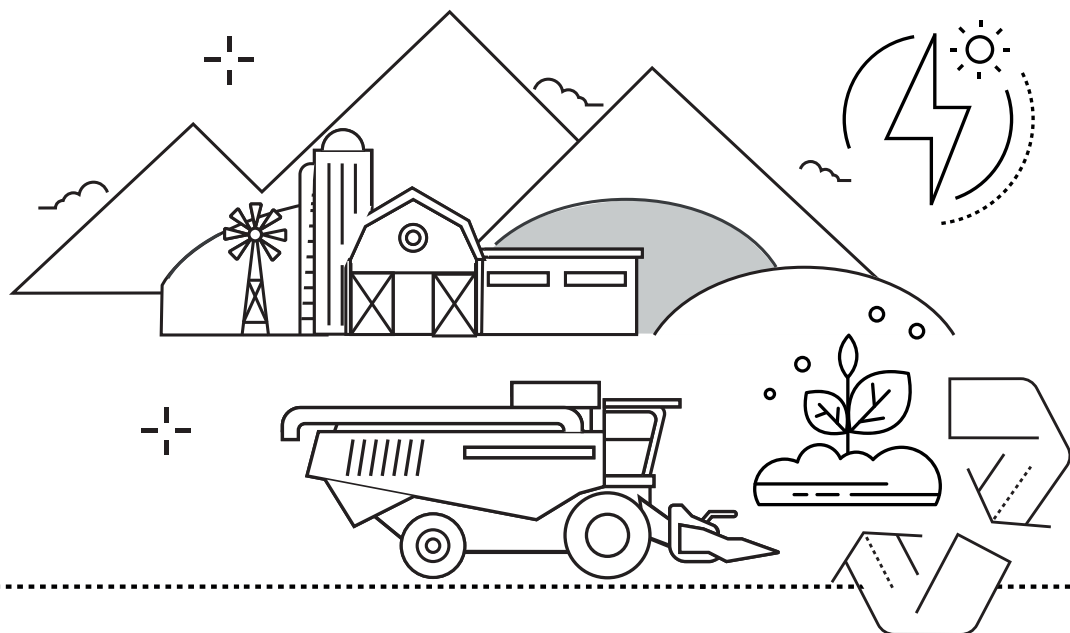
## 4. PAT PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS E AGROINDUSTRIAIS

O aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais tem grande potencial de produção de eletricidade e combustíveis a partir de fontes renováveis no Brasil. Estudos recentes indicam um potencial de produção de biogás de 23 a 40 milhões de m<sup>3</sup> por dia, considerando o aproveitamento de resíduos nos setores agrícola, da pecuária, industrial e dos resíduos urbanos.

A tecnologia de codigestão, selecionada neste PAT, possibilita o aproveitamento de diferentes tipos de substratos (resíduos), garantindo, assim, o funcionamento contínuo das plantas e viabilizando investimentos no setor. Isso porque o uso de diferentes resíduos ajuda a lidar com a sazonalidade das culturas agrícolas, ao permitir que estas se complementem no biodigestor ao longo do ano, além de propiciar o aproveitamento de maior volume de resíduos. Nesse contexto, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e/ou caracterizados pela rotação de culturas, por exemplo, são nichos potenciais para a implementação de sistemas de codigestão no país. O aproveitamento dos resíduos pode ocorrer para a produção de energia e/ou fertilizante, que se dá por meio do tratamento do digestato.

Devido ao elevado potencial de produção de resíduos, as principais necessidades tecnológicas associadas ao aproveitamento destes recursos estão relacionadas ao domínio do processo tecnológico para desenvolvimento de projetos de grande escala, e à caracterização e à definição de pré-tratamentos adequados dos substratos, considerando diferentes fontes que podem ser utilizadas de forma complementar, conforme a sazonalidade agrícola. Para remoção destes entraves, este PAT objetiva a aplicação-piloto de uma planta de codigestão em sistema iLPF e uma planta em sistemas de rotação de culturas, considerando culturas de grande importância no Brasil para produção de energia elétrica, biometano e biofertilizante.

Este Plano alinha-se a programas de incentivo a fontes renováveis de energia implantados no Brasil, como a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei nº 13.576/2017. Justifica-se por benefícios semelhantes aos aventados na política, entre os quais pode-se destacar: i) aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética; ii) mitigação significativa de emissões de GEE; iii) grande potencial de geração de emprego e renda no meio rural; entre outros.



# Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

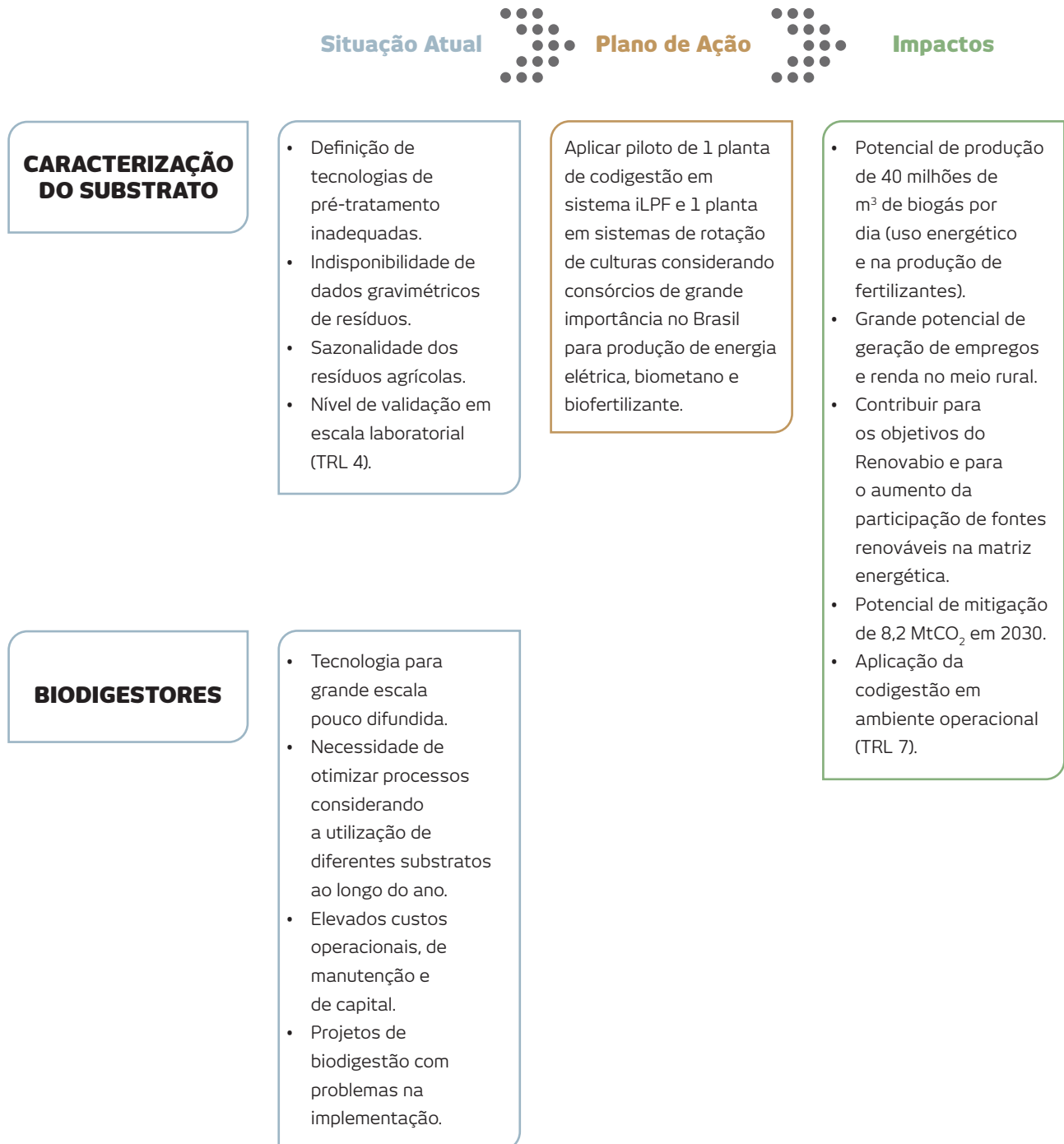


Figura 10 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

A implantação do PAT compreende três ações interdependentes. A Ação 1 trata de identificar e caracterizar o potencial de oferta de matéria-prima para o processo, com o objetivo de mapear localidades potenciais para a aplicação da tecnologia, assim definindo a localização das plantas-piloto e os resíduos disponíveis para a codigestão. A seguir, deve-se aprofundar o conhecimento

acerca do processo de codigestão, por meio de pesquisa para definição do pré-tratamento adequado dos substratos e identificação das condições ótimas do processo de codigestão (Ação 2). E, por fim, deve-se implementar as plantas-piloto em sistemas iLPF e de rotação de culturas, assim como divulgar os resultados obtidos para disseminação dos conhecimentos adquiridos (Ação 3).

## **Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais**

***O aproveitamento energético de resíduos agrícolas está estruturado em 3 ações (8 anos de execução)***

### **1. POTENCIAL DE OFERTA**

Identificar e caracterizar o potencial de oferta de matéria-prima para o processo de codigestão (1 ano).



### **2. CONHECIMENTO DO PROCESSO**

Desenvolver pesquisa para definir o pré-tratamento e conhecer as condições favoráveis à digestão dos resíduos (2 anos).



### **3. APLICAÇÃO-PILOTO E DISSEMINAÇÃO**

Implementar e disseminar resultados das plantas-piloto em sistemas iLPF e de rotação de culturas (5 anos).

Figura 11 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

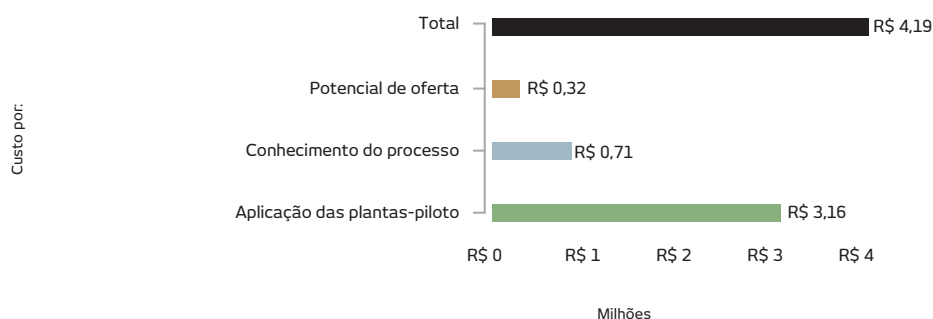
Para que o Plano possa ter êxito em sua implementação, é importante que some *expertises* por meio de diversos *stakeholders* dos setores público e privado, associações e entidades representativas. O MCTI e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) poderiam exercer a coordenação do Plano, uma vez que, juntos, têm competências acerca de pesquisa científica e tecnológica e envolvimento com o setor agrícola. Para todas as ações, são necessárias coordenação técnica e contratação de parceiros que tenham experiência nas atividades elencadas. A coordenação técnica pode contar com instituições como o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), além de universidades e centros de pesquisa que podem contribuir principalmente para implementação das Ações 1 e 2. O Ministério da Economia (ME) poderia exercer o papel de mobilização de atores do setor financeiro. Já a Financiadora de Estudos e Pro-

jetos (Finep), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) são potenciais agentes financiadores do PAT. Por sua vez, a EPE e a Associação Brasileira do Biogás (Abiogás), em face da extensa experiência com estudos acerca do aproveitamento energético de resíduos, poderiam ser mobilizadas para auxiliar as instituições coordenadoras na validação dos resultados do Plano. Finalmente, seria importante envolver prefeituras na mobilização de atores locais para implementação das unidades-piloto.

O prazo de implantação é de nove anos, com custo total estimado em R\$ 4,2 milhões. A Ação 3, que abrange a implementação das plantas-piloto e a disseminação de resultados, corresponde à maior parte dos custos (cerca de 75%).

## Aproveitamento de Resíduos Agrícolas e Agroindustriais

### Custo de implementação do Plano de Ação



% por ação

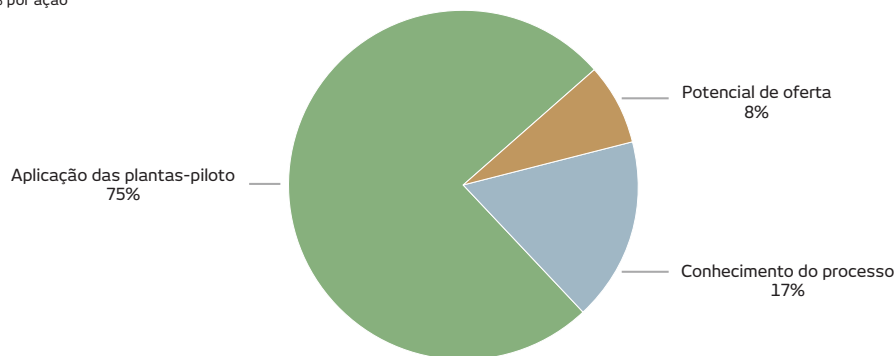


Figura 12 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento das Ações 1 e 2, identificou-se que as modalidades típicas de suporte seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL" (BRASIL, 2021).

Por fim, foram elencados potenciais riscos à implementação das atividades do PAT e suas respectivas medidas de contingenciamento. Os riscos mais altos estão relacionados às subatividades 3.4 e 3.5, que se

referem à fase de construção das plantas-piloto, uma vez que existem dificuldades que podem atrasar e/ou inviabilizar a continuidade do projeto, como, por exemplo, a possibilidade de falta de financiamento, erros de projeto, falha no planejamento econômico e demandas não planejadas. Como medidas de mitigação, deve-se desenvolver orçamento realista, aumentar o compromisso de garantir recursos financeiros e reservar recurso para contingenciamento de projeto. Para riscos associados à falta ou ao atraso na entrega de material e equipamentos, é importante estabelecer acordo com instituições competentes e fornecedores. Ademais, deve-se estabelecer acordos com instituições para evitar entraves regulatórios ou problemas com legislação. Para reduzir os erros técnicos na execução do projeto, recomenda-se a contratação de corpo técnico qualificado, a supervisão da construção das plantas por especialistas e a criação de mecanismos de fiscalização da execução da obra.

# 5.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para Fogões Solares Fotovoltaicos com Indução**



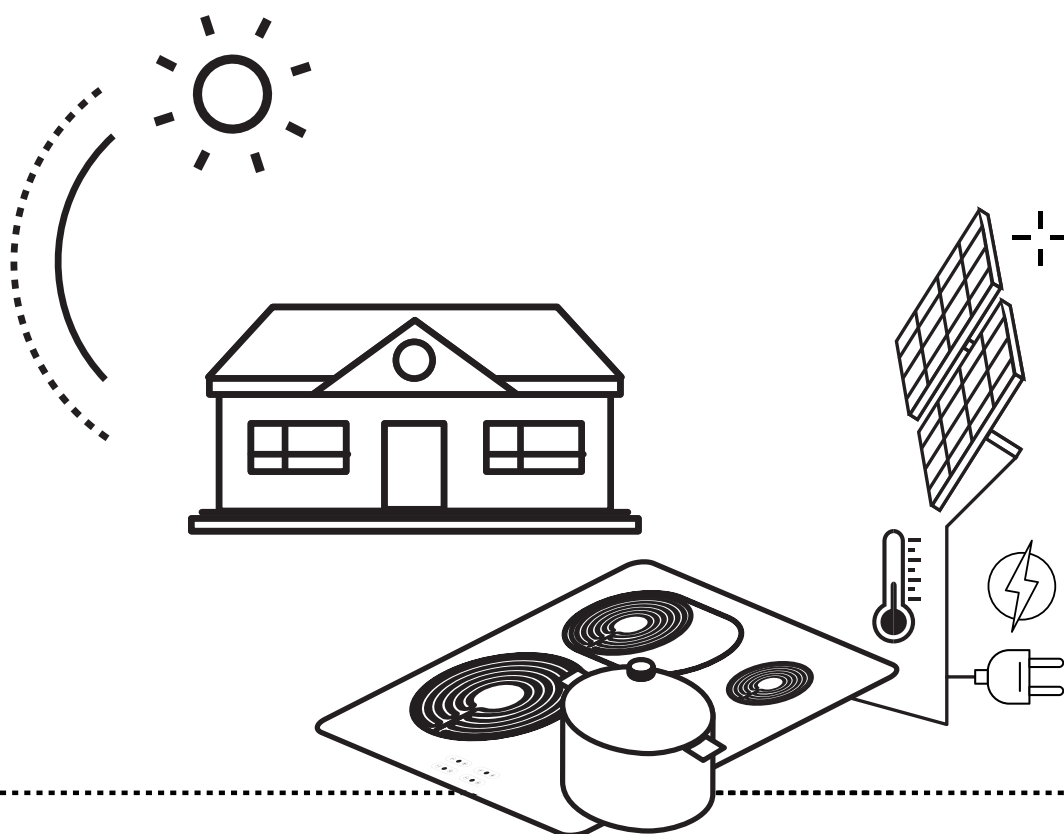
## 5. PAT PARA FOGÕES SOLARES FOTOVOLTAICOS COM INDUÇÃO

Fogões solares são dispositivos que promovem o cozimento de alimentos a partir da energia captada pela luz solar. Conforme escopo definido neste PAT, modelos avançados de fogões solares com indução elétrica, compostos pela integração de componentes, como baterias e painéis fotovoltaicos, resolvem problemas que impedem a difusão da tecnologia no país, garantindo mais autonomia e eficiência em face da estocagem de maiores quantidades de energia e aumento da capacidade de cocção.

O desenvolvimento dos fogões solares tem como nicho de aplicação regiões isoladas e zonas rurais, caracterizadas por baixos índices de desenvolvimento humano (IDHs) e dificuldade de acesso às alternativas modernas de cocção, tais como fogões elétricos ou a gás. Nestas localidades, a biomassa tradicional representa a única possibilidade de combustível acessível para a cocção, sendo adquirida a partir da compra (se houver comércio local) ou da coleta diretamente da natureza. Ainda, entre as barreiras críticas à difusão da tecno-

logia, tem-se: i) ausência de mercado com cadeias de valor estabelecidas; ii) custo dos equipamentos adicionais ao fogão de indução elétrica; iii) resistência à mudança no padrão de cocção; iv) falta de capacitação para utilizar a tecnologia; entre outras.

Para remoção desses entraves, propõe-se o desenvolvimento de protótipo e a aplicação-piloto de fogões solares com indução em edificações domiciliares localizadas em regiões com elevado índice de cocção a partir de biomassa tradicional. A aplicação deste Plano justifica-se por benefícios econômicos, energéticos, ambientais e sociais. Podem ser destacados: i) oportunidade de geração de renda pelo aumento do tempo disponível dos usuários para exercer atividades remuneradas; ii) queda nos gastos governamentais com saúde pública; iii) aumento na utilização de energias renováveis e segurança energética, em virtude da autossuficiência na geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos; e iv) redução da emissão de poluentes atmosféricos, GEE e desmatamento; entre outros.



# Fogões Solares Fotovoltaicos (FV) com Indução

Antes e depois da implementação do Plano de Ação



Figura 13 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.



A execução do Plano contempla três ações interdependentes: *design*; protótipo; e aplicação e disseminação da tecnologia. A Ação 1 tem como objetivo definir o *design* de fogão solar fotovoltaico com indução mais apropriado para o caso brasileiro. Para tal, é necessário conhecer os modelos já fabricados e disponíveis no mercado, bem como definir e caracterizar a localidade potencial de aplicação, a fim de definir um modelo ade-

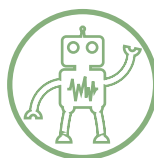
quado à realidade local. A Ação 2 visa desenvolver um protótipo de fogões solares e testar o produto. As atividades desta etapa compreendem a elaboração dos componentes do fogão, integração e testagem. Por fim, a Ação 3 objetiva a aplicação-piloto do protótipo desenvolvido em domicílios da localidade selecionada, a fim de promover uma ampla disseminação dos resultados alcançados com a adoção da iniciativa.

## Fogões Solares FV com Indução

**O PAT de fogões solares está dividido em 3 ações (4 anos de execução)**

### 1. DESIGN DO FOGÃO

Definição do *design* do fogão solar fotovoltaico com indução mais apropriado para o caso brasileiro (1 ano).



### 2. PROTÓTIPO DO FOGÃO

Desenvolvimento e teste do protótipo de fogão (1 ano).



### 3. APLICAÇÃO-PILOTO E DISSEMINAÇÃO DOS RESULTADOS

Aplicação do piloto e disseminação da tecnologia (2 anos).

Figura 14 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

A fim de que a execução do Plano seja bem-sucedida, para cada uma das ações propostas foram selecionados atores (setores público e privado, associações e entidades representativas, entre outros) que pudessem colaborar na sua implantação. Devem ser destacadas, inicialmente, potenciais instituições coordenadoras, como o MDR e o MME. O MDR possui, entre outras atribuições, a formulação e a condução de planos e programas regionais de desenvolvimento e de estabelecer estratégias de integração das economias regionais. Este Ministério possui o desafio de integrar diversas políticas públicas de infraestrutura urbana e de promoção do desenvolvimento regional e produtivo. Estas funções são bastante alinhadas aos objetivos das ações propostas, sobretudo as Ações 1 e 3, que visam identificar a localidade para aplicação-piloto dos fogões solares e implementá-los. Por sua vez, o MME apresenta-se como um potencial ór-

gão coordenador, pois atua no desenvolvimento energético das zonas rurais e no estabelecimento de políticas nacionais de aproveitamento de recursos energéticos que promovam o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Finalmente, empresas do setor de energia solar, bem como universidades e institutos de pesquisa com *expertise* na área, poderiam atuar na condição de coordenadores ou parceiros técnicos para a execução de atividades do Plano.

O prazo para implementação do Plano é de quatro anos e meio, com custo estimado em R\$ 2,6 milhões. A ação de aplicação-piloto dos fogões solares fotovoltaicos representa mais da metade do custo total (59%), totalizando, aproximadamente, R\$ 1,5 milhão. De fato, trata-se da etapa de maior custo, por contemplar a aquisição do sistema para aplicação.

## Fogões Solares FV com Indução

### Custo de implementação do Plano de Ação

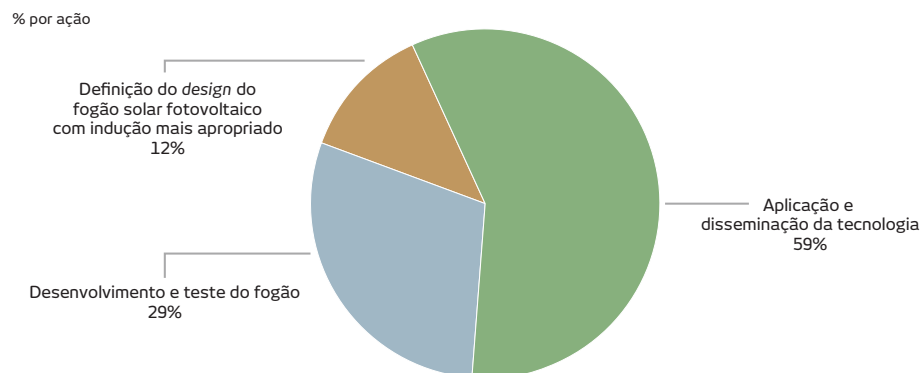
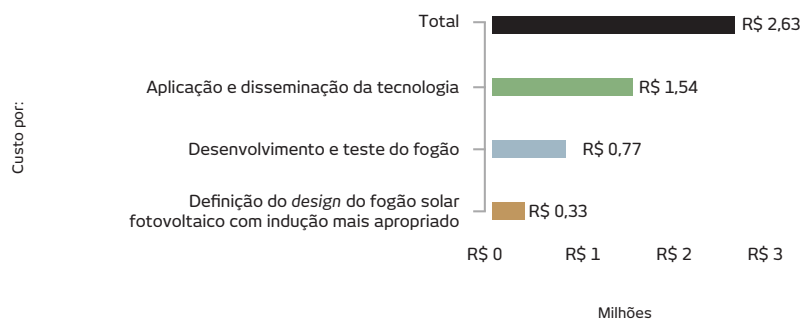


Figura 15 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e em desenvolvimento visando à posterior difusão da tecnologia, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL" (BRASIL, 2021).

Em termos de riscos à implementação das ações propostas e medidas para contingenciá-los, verificaram-se riscos mais altos nas subatividades 3.1 e 3.2, que

objetivam estabelecer arranjos institucionais e aplicar a tecnologia em 30 domicílios. Estes riscos estão associados, principalmente: à falta de envolvimento dos atores na iniciativa; à dificuldade de aprendizado e ao uso inadequado do *kit* do fogão solar; à baixa aceitação da tecnologia pelos beneficiários; a eventuais atrasos na instalação; a problemas com a manutenção dos *kits* de fogões solares; e à falta de coordenação técnica. De forma a mitigar tais riscos, foram propostas algumas medidas de contingenciamento, como o estabelecimento de ACTs e de contrato; a obtenção de autorização da concessionária de energia elétrica; ministrar treinamento e monitorar a instalação, o uso e a eventual manutenção dos fogões solares; mobilizar agentes governamentais, organizações não governamentais (ONGs), lideranças regionais e corpo técnico para facilitar o diálogo com a população, visando à remoção de barreiras culturais; entre outras.

# 6.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para Materiais Inovadores para Cimento**



## 6. PAT PARA MATERIAIS INOVADORES PARA CIMENTO

Cimentos podem ser definidos como o elemento aglomerante que, misturado à água e a outros agregados, produz materiais básicos para a construção civil, como concretos e argamassas, sendo o produto manufaturado mais consumido em todo o mundo, em termos de volume.

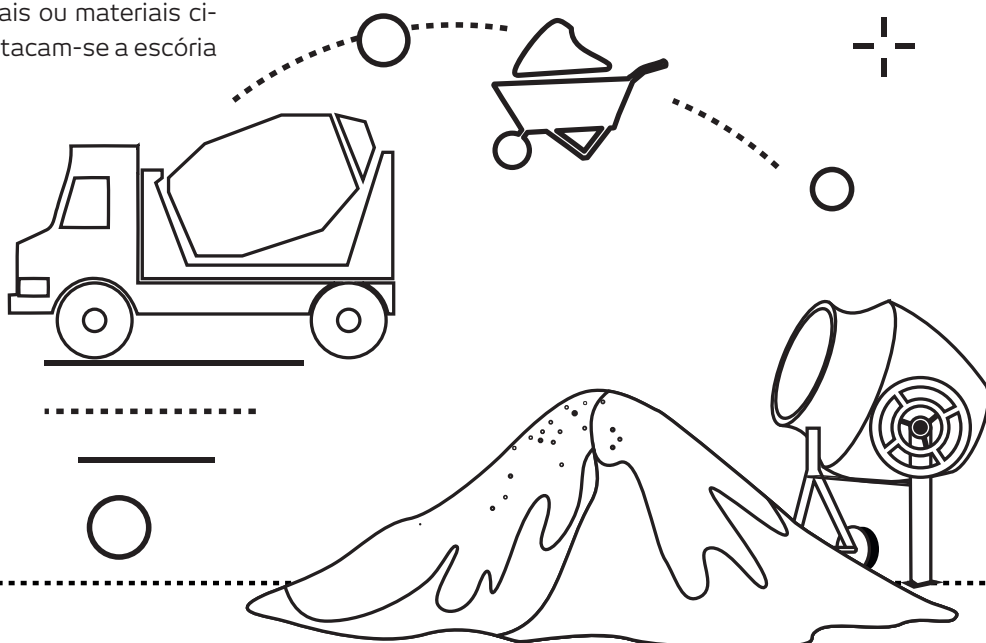
Parte considerável das emissões do setor, que é responsável por cerca de 7% das emissões mundiais, está diretamente associada à produção do clínquer, principal constituinte do cimento Portland tradicional. Seu processo produtivo consiste, basicamente, no aquecimento do calcário a altas temperaturas (cerca de 1.400 °C), na chamada reação de calcinação, que é a decomposição da molécula de  $\text{CaCO}_3$  em  $\text{CaO}$ , base do clínquer e  $\text{CO}_2$ . Assim, o processo libera para a atmosfera dióxido de carbono na mesma proporção molar em que gera o produto desejado, o que representa as chamadas emissões de processo. Desse modo, boa parte da pesquisa do setor de produção de cimento, que objetiva a melhoria do desempenho ambiental da indústria, atualmente concentra-se em reduzir a proporção de clínquer na mistura final que compõe o produto cimento Portland.

Particularmente, uma das técnicas mais adotadas pela indústria para, entre outras finalidades, melhorar o desempenho ambiental do produto, é a incorporação de outros materiais, geralmente resíduos de outros processos industriais ou substâncias abundantes e de baixo custo, à mistura para formular cimentos com menor teor de clínquer em sua composição. Destes materiais, denominados adições minerais ou materiais cimentícios suplementares (MCS), destacam-se a escória

granulada de alto-forno, as cinzas volantes de carvão mineral, o fíler calcário e as argilas calcinadas.

Nesse contexto, o presente PAT objetiva comprovar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um cimento inovador com teor de clínquer igual ou inferior a 50%, complementado com outras matérias-primas (MCS) abundantes e de baixo custo até 2030.

O atingimento dessa ambição permitiria a remoção de entraves, viabilizando, assim, a materialização de uma série de cobenefícios associados. É preciso garantir a disponibilidade e lidar com a baixa reatividade dos materiais alternativos para a formulação do cimento. Em termos técnico-econômicos, destacam-se a inexistência de arranjos produtivos consolidados para produção e o desconhecimento da viabilidade técnica e econômica de novos cimentos. Finalmente, é preciso capacitar o setor para a aplicação da tecnologia na construção civil. Entre os principais cobenefícios do uso da MCS para a produção de cimento, destacam-se: i) redução de custos relativamente ao clínquer; ii) grande potencial de geração de emprego e renda tendo em vista a formação da cadeia de suprimento de MCS; iii) redução na demanda por combustíveis fósseis; iv) redução das emissões de processo, com mesma proporção molar da adição de MCS e do produto gerado (cimento), bem como material particulado ( $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$ ); e v) redução de impacto na biodiversidade em virtude da queda na demanda por mineração de calcário.



# Materiais Inovadores para Cimento

Antes e depois da implementação do Plano de Ação



Figura 16 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

A execução do PAT abrange quatro ações: i) seleção de materiais elegíveis para o desenvolvimento de novos cimentos; ii) desenvolvimento e teste do produto em laboratório; iii) avaliação técnica, econômica e ambiental da produção do novo cimento em escala industrial; e iv) capacitação, disseminação e sensibilização do setor da construção civil para o desenvolvimento e a difusão de novos materiais cimentícios. A seleção de materiais elegíveis consiste em uma etapa preliminar, que objetiva a quantificação georreferenciada de insumos com potencial de substituição de clínquer no território brasileiro, para, partindo, disso realizar o cruzamento dessas informações com a configuração espacial da produção e do mercado de cimento, permitindo a identificação de zonas e recursos alternativos

de interesse para a substituição de clínquer no país. O desenvolvimento experimental parte dos resultados obtidos anteriormente, no qual um ou mais recursos de interesse identificados em alguma das regiões é levado a laboratório para desenvolvimento e testagem de formulações de cimentos com baixo clínquer. Desenvolvido um produto adequado, parte-se para estudos de avaliação técnica, econômica e ambiental do processo de produção dos cimentos inovadores desenvolvidos e testados anteriormente. Finalmente, a última ação abrange atividades para difusão tecnológica de materiais inovadores para cimento, a partir da divulgação de novas descobertas e da capacitação de profissionais do setor da construção civil de diferentes níveis de formação.

## Materiais Inovadores para Cimento

**A estratégia para desenvolvimento do PAT divide-se em quatro ações (8 anos de execução)**

### 1. SELEÇÃO DE MATERIAIS ELEGÍVEIS

Quantificação georreferenciada de insumos com potencial para substituição de clínquer no Brasil (1 ano).



### 2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Desenvolvimento e teste de novas formulações de cimento com baixo teor de clínquer (4 anos).



### 4. CAPACITAÇÃO E DISSEMINAÇÃO

Capacitação de pessoal da construção civil e disseminação sobre inovações em cimentos e em boas práticas para construção civil (1 ano).



### 3. AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL

Avaliação técnica, econômica e ambiental do processo de produção dos cimentos inovadores desenvolvidos e testados (2 anos).

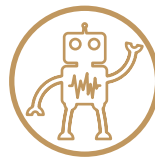


Figura 17 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

A participação de um grupo diverso de atores é de grande relevância para a implementação do plano. Para o desenvolvimento de materiais inovadores para cimento, a coordenação-geral poderia ser conduzida pelo MCTI, tendo parceiros da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima) na coordenação técnica das atividades. Alternativamente, a Plano poderia ser coordenado por instituições do setor cimenteiro, como é o caso do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), ou por meio da representação da indústria (Confederação Nacional da Indústria – CNI). O Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono (CTIBC) poderia atuar na supervisão das atividades do projeto, exercendo o papel consultivo para validação dos resultados.

O prazo para implementação do plano de ação é de nove anos, totalizando um custo de R\$ 5,9 milhões. A Ação 2, que inclui as atividades laboratoriais, representa a maior parte dos custos do Plano. Essas ações poderiam ser financiadas pelas modalidades de empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro, pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL” (BRASIL, 2021).

## Materiais Inovadores para Cimento

### Custo de implementação do Plano de Ação

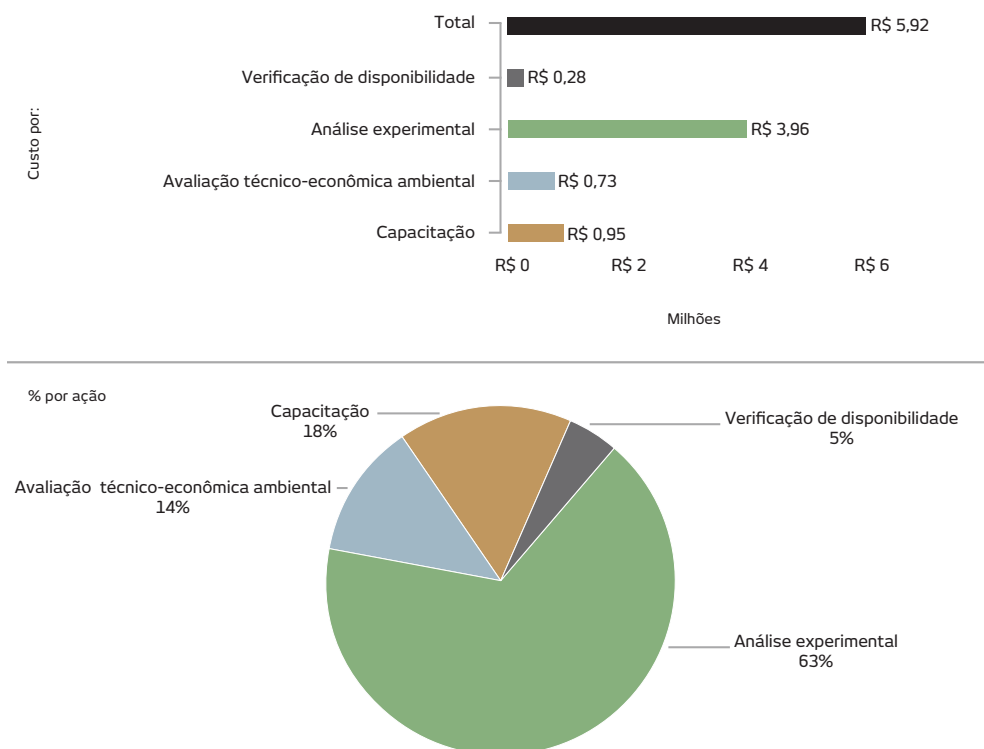


Figura 18 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.



■

Ao final, propôs-se um plano de riscos e contingenciamento à adoção do PAT. Constatou-se alto risco à implementação das subatividades 2.3, 2.4 e 2.5, que envolvem ensaios laboratoriais com matérias-primas e produtos do cimento a serem desenvolvidos. Tais riscos estão associados à possibilidade de acidentes no laboratório ou a atrasos das atividades em razão da parada não planejada de equipamentos críticos para os testes. Para mitigação destes riscos, é necessário garantir a observância dos procedimentos de segurança na execução dos experimentos e fomentar um ambiente seguro no laboratório, por meio de uma co-

missão interna para prevenção de acidentes. Outros pontos importantes são a realização de manutenções periódicas, seguindo rigorosamente as indicações do fabricante e o planejamento prévio de alternativas de cronograma, considerando o caso de paradas inesperadas de equipamentos críticos. Estabelecer contato com assistência técnica, bem como verificar previamente os trâmites burocráticos institucionais necessários para eventuais contratações de serviços de manutenção em equipamentos críticos para testes, também são medidas que podem atenuar eventuais atrasos de cronograma.

# 7.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para a Indústria 4.0**



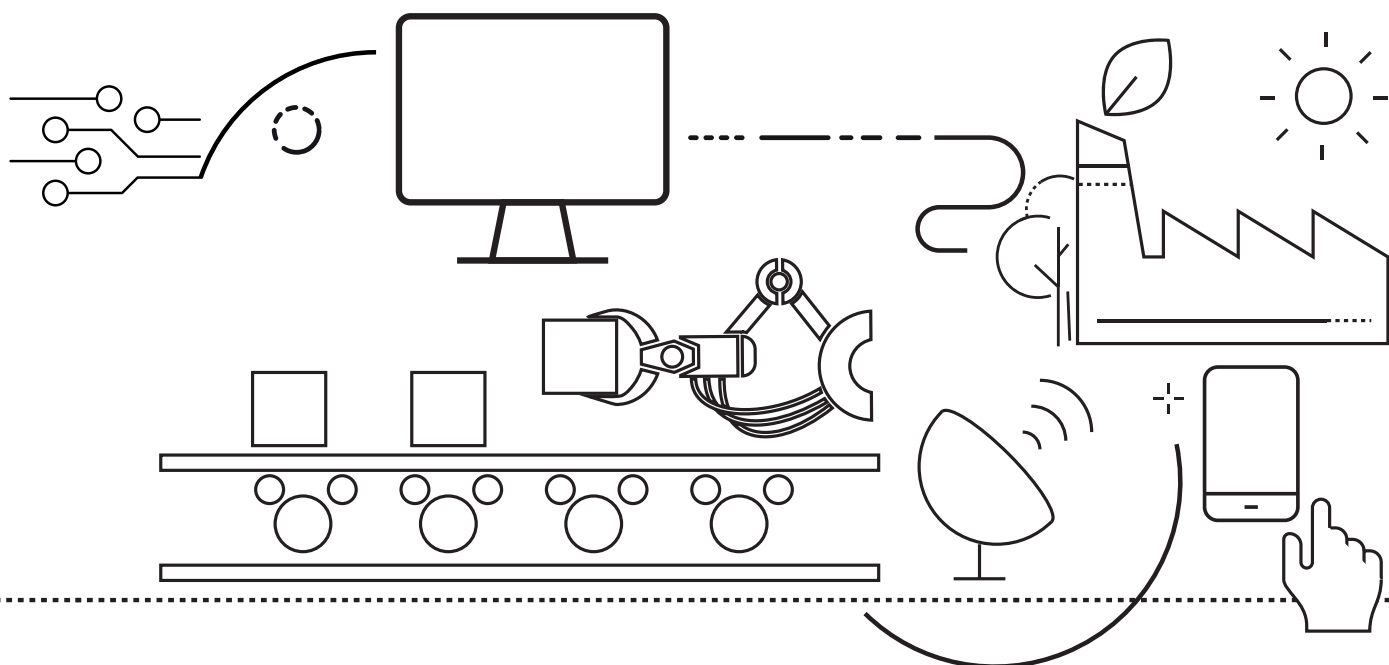
## 7. PAT PARA A INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 é uma opção transversal de mitigação de emissões para o setor industrial, pois possibilita um aumento da eficiência no uso de energia e de outros recursos. Representada por um conjunto de novas tecnologias e mentalidade introduzido pelo advento da *internet*, a indústria 4.0 viabiliza a integração interna e externa da cadeia produtiva, o desenvolvimento de sistemas ciberfísicos para auxílio das operações e novos modelos de negócios. As principais tecnologias que podem ser associadas à viabilização de um sistema de produção característico 4.0 são: manufatura aditiva ou impressão 3D; inteligência artificial; *internet* das coisas (*internet of things*, IoT); e sistemas ciberfísicos.

Atualmente, o desenvolvimento e a difusão das tecnologias 4.0 encontram barreiras como o alto número de agentes industriais desconhecedores dessa nova tendência global de produção, o que retroalimenta um *gap* tecnológico existente da indústria brasileira com

relação aos competidores externos. Pode-se, também, destacar a ausência de padrões de interoperabilidade e segurança de dados, assim como a baixa disponibilidade de mão de obra qualificada. Soma-se a isto a baixa competência no desenvolvimento de *hardwares*, *softwares* e *analytics*.

Para superar esses entraves, propõe-se implementar a Rede Tecnológica da Economia Circular e Indústria 4.0, que desenvolverá ações de pesquisa, desenvolvimento, inovação, capacitação e infraestrutura em técnicas e tecnologias da indústria 4.0 e da economia circular. Depreende-se, por meio do atingimento desta ambição, que uma série de cobenefícios poderão ser alcançados, entre os quais se destacam: ganho de competitividade; aumento na produtividade do trabalho; redução no consumo de energia; mitigação de emissões de GEE; criação de novas atividades e profissões na indústria.



# Indústria 4.0

Antes e depois da implementação do Plano de Ação



Figura 19 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

Este PAT é composto por quatro macroações, e cada uma é, por sua vez, composta de um conjunto de atividades e subatividades. De maneira geral, as macroações foram definidas e dispostas da seguinte forma:

1. Criação de uma rede com atividades de promoção e desenvolvimento de tecnologias 4.0 aplicadas na economia circular (Rede Tecnológica da Economia Circular e Indústria 4.0);
2. Identificação e desenvolvimento de projetos demonstrativos promissores sobre a temática;
3. Capacitação e disseminação do conhecimento gerado pelos projetos demonstrativos desenvolvidos;

4. Promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionadas à economia circular e indústria 4.0.

A primeira macroação é fundamental para o desenvolvimento das seguintes e de caráter constante durante a execução do PAT. As macroações de desenvolvimento tecnológico, capacitação e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas produzem resultados estratégicos e fornecem as informações para a Rede, de tal modo que o Plano atinja o escopo e a ambição estabelecidos.

## Indústria 4.0

**A rede tecnológica da economia circular e indústria 4.0 está estruturada em 4 ações (8 anos de execução)**

### 1. CRIAÇÃO DA REDE TECNOLÓGICA DE ECONOMIA CIRCULAR E INDÚSTRIA 4.0

Fomentar tecnologias, parcerias com empresas inovadoras, institutos de pesquisa, ambiente político estimulante e acesso a financiamento (8 anos).



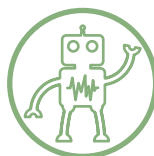
### 4. PROMOÇÃO DE INFRAESTRUTURA E POLÍTICAS PÚBLICAS

Promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas relacionados à economia circular e indústria 4.0 (4 anos).



### 2. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO (PROJETOS DEMONSTRATIVOS)

Identificar e desenvolver projetos demonstrativos promissores, fomentando a participação e iteração da indústria, *startups*, pequenas e médias empresas e centros de pesquisa (6 anos).



### 3. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Estimular competências e ofertar cursos de capacitação da Rede (5 anos).



Figura 20 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

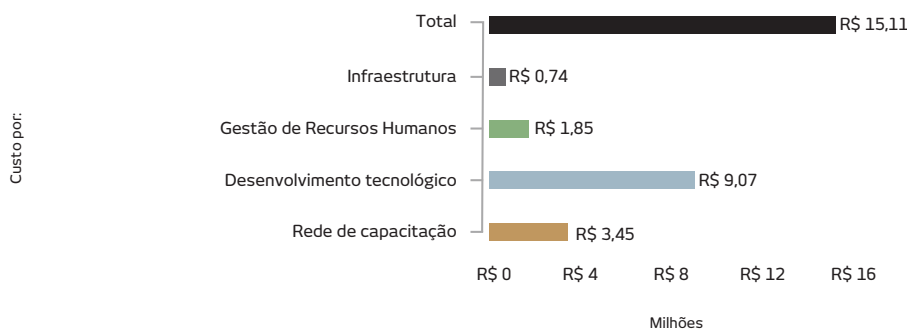
Para cada uma das macroações, foram prospectados atores dos setores público e privado e de associações e entidades representativas que poderiam colaborar na implantação do PAT. Em virtude da interdependência das macroações, é importante que haja uma coordenação-geral que deveria atuar durante todo o cronograma do Plano. A coordenação da Rede Tecnológica da Economia Circular e Indústria 4.0, idealmente, deveria ser composta pelos mesmos membros da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0), sendo que a Câmara, propriamente dita, poderia exercer o papel de Comitê Gestor da Rede. Assim mesmo, a coordenação das macroações da Rede da Economia Circular e de desenvolvimento de projetos demonstrativos promissores poderia ficar sob a responsabilidade do MCTI. Por sua vez, a coordenação da ação de gestão de recursos humanos poderia ser exercida pela CNI, enquanto a

macroação de regulamentos e normas técnicas poderia ser compartilhada entre o ME, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), o Ministério das Comunicações (MCom) e a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). Mais do que isso, ao ME caberia mobilizar potenciais parceiros de financiamento para implementação do Plano, que poderia ter suporte financeiro da Finep, do BNDES, da Embrapii e do CNPq.

O prazo para implementação do plano de ação é de nove anos. O custo total é de R\$ 15,1 milhões, sendo que a macroação de desenvolvimento tecnológico corresponde a 60% do custo total, ou cerca de R\$ 9,1 milhões. Este valor seria suficiente para fomentar a execução de um projeto em empresas de grande porte; um projeto envolvendo *startups*; e três projetos demonstrativos em pequenas e médias empresas.

## Indústria 4.0

### Custo de implementação do Plano de Ação



% por bloco de trabalho

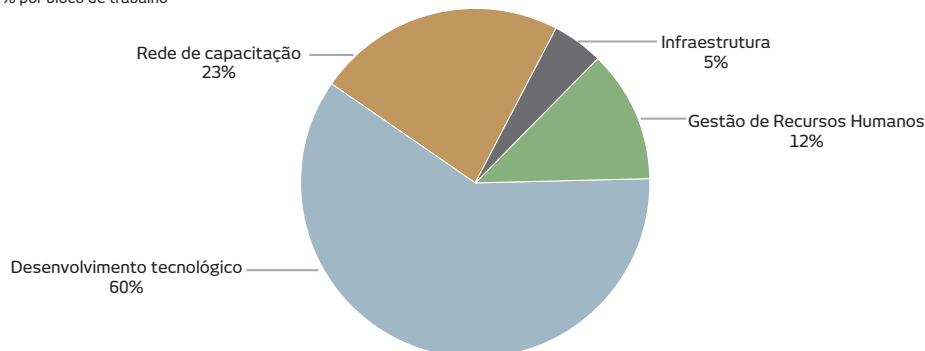


Figura 21 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco das macroações 1, 3 e 4, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no Projeto TNA\_BRAZIL” (BRASIL, 2021). Por sua vez, a macroação de desenvolvimento tecnológico envolve a implementação de projetos demonstrativos, que devem apresentar estudo de viabilidade técnico-econômica. Isso também torna as atividades elegíveis a acessarem a modalidade de empréstimo reembolsável.

Para cada grupo de atividades em cada ação, foram analisados os potenciais riscos à implementação. Os riscos mais altos estão relacionados às atividades 9, 10 e 11. O alto custo e a concorrência por recursos financeiros representam uma ameaça ao desenvolvimento dos projetos demonstrativos esperados pelo PAT da indústria 4.0. A falta de coordenação institucional também apresenta elevado risco, pois o Plano demanda uma coordenação em rede e intersetorial.

Além destes, existem riscos de caráter técnico, como, por exemplo: i) o risco de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por motivos diversos; ii) má definição dos objetivos e apenas uma vaga ideia dos resultados do desafio tecnológico; iii) riscos associados à baixa qualificação dos recursos humanos de pequenas e médias empresas e resistência à mudança por parte dos funcionários.

Como ações de contingenciamento para os riscos apontados acima, sugere-se que a Rede trabalhe no sentido de evidenciar os benefícios do PAT, tanto para a competitividade do parque industrial quanto para a construção de uma economia de baixo carbono. Uma atuação clara e estratégica da Rede é fundamental para assegurar os recursos financeiros necessários. Em relação ao contingenciamento de riscos técnicos, indica-se avaliar as habilidades dos contratados *a posteriori*, verificando suas referências para determinar uma taxa de sucesso razoável, assegurando, assim, que as funções dos contratados estejam bem definidas (atividade 9). Na atividade 10, deve-se desenvolver objetivos detalhados do desafio tecnológico antes do lançamento, dedicar equipe para responder às dúvidas e criar protótipos do produto final. Uma forma de mitigar os riscos da atividade 11 seria capacitar os funcionários das pequenas e médias empresas, conscientizando-os sobre os benefícios do projeto.

8.

---

# Plano de Ação Tecnológica **para a Agricultura de Precisão**





## 8. PAT PARA A AGRICULTURA DE PRECISÃO

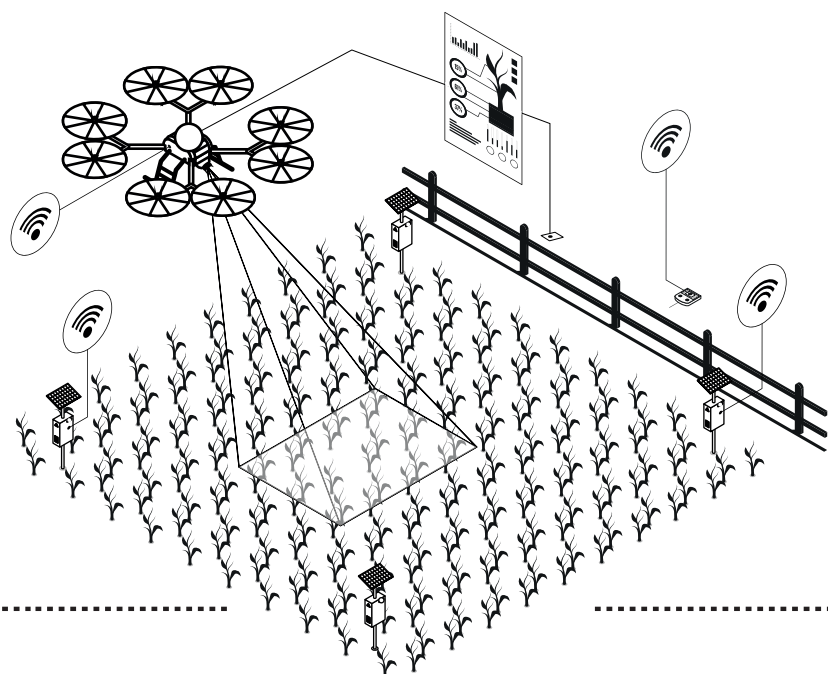
A AP pode ser definida como um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva.

O PAT da AP visa remover barreiras como baixa conectividade, disponibilidade de interfaces e segurança de dados; escassez de tecnologia nacional; sistemas autônomos inacessíveis; entre outras. Para tanto, propõe-se o fomento, a disseminação e a capacitação da AP no país até 2030.

A ambição proposta está alinhada com a Agenda Estratégica 2014-2030 – Agricultura de Precisão, elaborada em 2014 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Neste documento, foi listado um conjunto de 51 ações classificadas em torno de nove áreas estratégicas permeando todos os elos da cadeia, bem como seus gargalos (BRASIL, 2014). Na área estratégica da pesquisa, desenvolvimento e ino-

vação (PD&I), tem-se como resultado esperado a criação de uma Rede estruturada de PD&I apoiando um processo permanente de inovação em AP, que se desdobra nas seguintes ações: i) sistematizar a captação de demandas de pesquisa dos elos da cadeia; ii) criar a Rede de PD&I da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP); iii) promover estratégias para captar os recursos disponíveis para PD&I; iv) manter o tema da AP na pauta do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), via Mapa; e v) articular a alocação orçamentária de recursos junto ao Governo Federal. Dessa forma, fica evidenciado que o PAT da AP visa potencializar o atingimento do resultado esperado da área estratégica de PD&I da Agenda, assim como as ações “i”, “ii” e “iii”.

O atingimento dessa ambição impactará positivamente o setor, democratizando o acesso às tecnologias, mitigando emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e aumentando a competitividade do agronegócio.



# Agricultura de Precisão

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

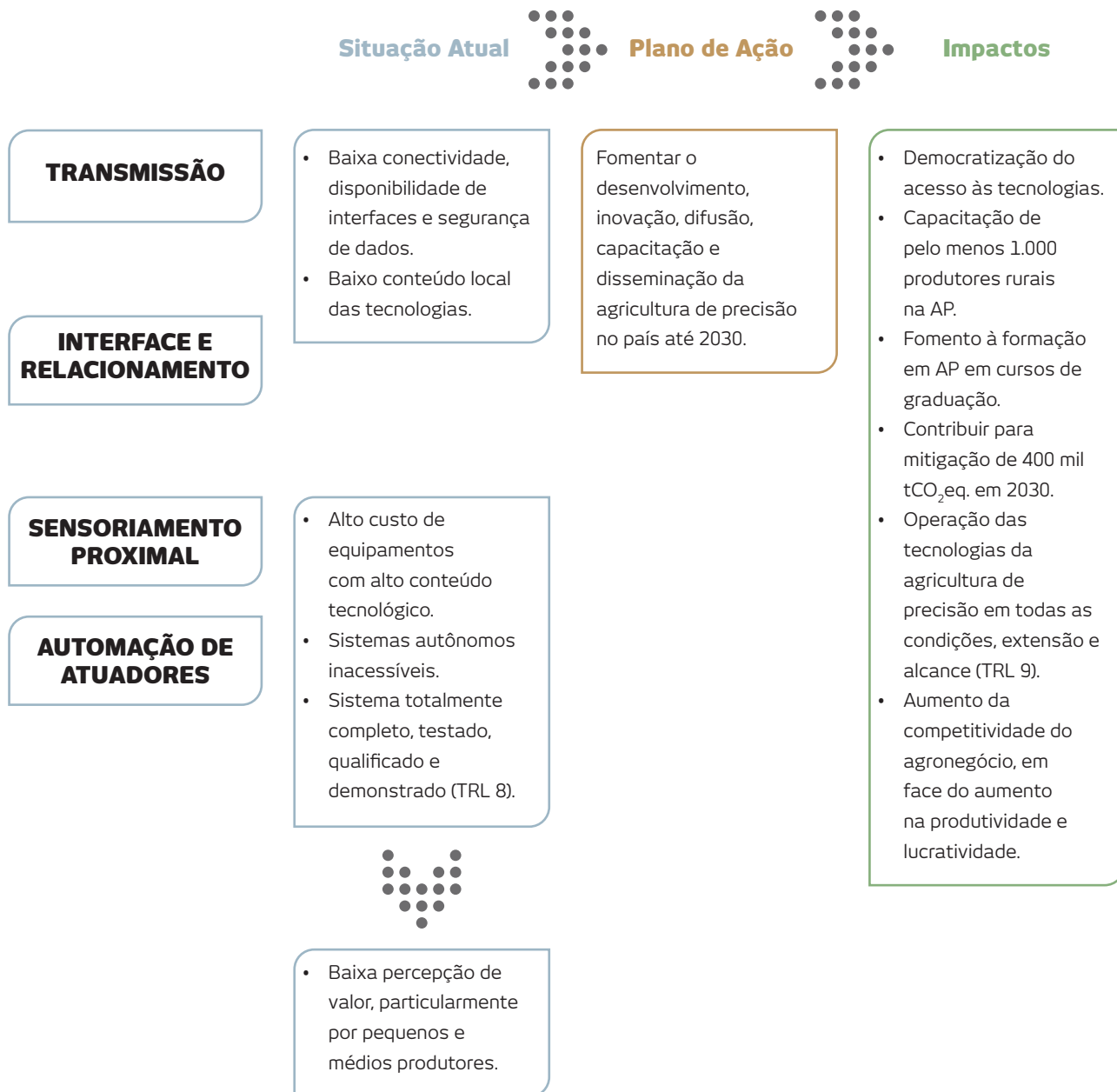


Figura 22 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

A criação de uma Rede para promover o desenvolvimento, inovação e difusão da AP é de fundamental importância, sendo, por isso, uma ação transversal às demais atividades propostas, que tratam da implementação de iniciativas, bem como da capacitação e da disseminação para diferentes *stakeholders*. O intuito da Rede é propor, fomentar, auxiliar e supervisionar atividades para tornar a AP cada vez mais acessível para todos os agricultores. A Rede ficará responsável por reunir as principais instituições de pesquisa, as empresas e os órgãos governamentais

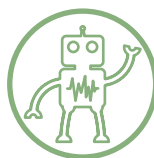
envolvidos com AP no intuito de levantar as demandas dos elos da cadeia, propor e monitorar ações e pesquisas em AP, silvicultura de precisão, agricultura 4.0, agricultura digital, automação agrícola e *internet das coisas* (*Internet of Things*, IoT). A partir disso, irá propor e monitorar atividades para desenvolver ou aperfeiçoar equipamentos, práticas e máquinas voltadas para a AP. A Rede também irá capacitar e disseminar o conhecimento desenvolvido, em parceria com instituições de ensino e órgãos diretamente ligados a produtores rurais.

## Agricultura de Precisão

**A implementação dessa tecnologia está estruturada em 3 ações de trabalho (8 anos de execução)**

### 1. CRIAÇÃO DA REDE TECNOLÓGICA

Criação de uma Rede tecnológica para promover o desenvolvimento, inovação e difusão da agricultura de precisão (8 anos).



### 2. PROJETOS PILOTO

Fomento ao desenvolvimento, inovação e difusão de tecnologias da agricultura de precisão (4 anos).



### 3. CAPACITAÇÃO E DISSEMINAÇÃO

Capacitação e disseminação para o desenvolvimento de técnicas e práticas da agricultura de precisão (2 anos).

Figura 23 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

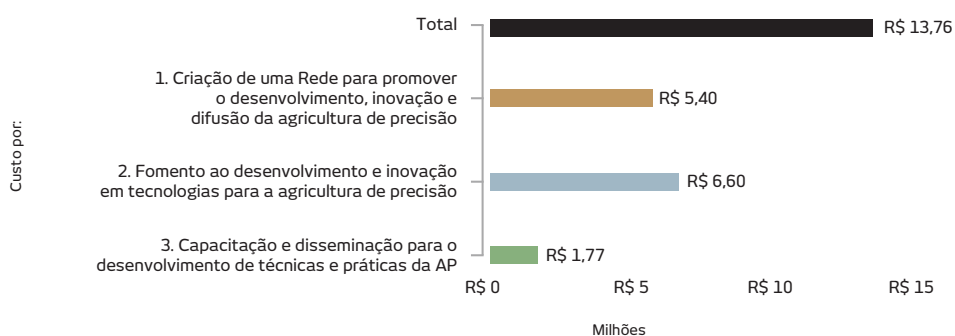
A fim de que a implementação do PAT tenha maior efetividade, para cada uma das três ações foram prospectados múltiplos atores (setores público e privado, associações e entidades representativas, entre outros) que pudessem efetivamente colaborar na implantação do Plano. Devem ser destacados, inicialmente, instituições que poderiam coordenar o referido PAT. A Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital (CBAPD) tem atribuições em linha com os objetivos das ações propostas. Nesse caso, o Plano serviria como instrumento para subsidiar competências da Comissão. Em face da *expertise* relacionada às tecnologias e ao trabalho em Rede da AP, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e o Ministério da

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) poderiam atuar na coordenação da Ação 1, e na coordenação técnica das atividades de desenvolvimento, pesquisa e inovação (MCTI) e disseminação e capacitação em AP (Mapa).

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, com custo estimado de, aproximadamente, R\$ 13,8 milhões. A Ação 2, que diz respeito ao desenvolvimento em tecnologias de AP, é a mais significativa em termos de custos, seguida pela atividade relacionada com a criação da Rede, que tem valor significativo por se estender durante todo o cronograma do Plano.

## Agricultura de Precisão

### Custo de implementação do Plano de Ação



% por ação

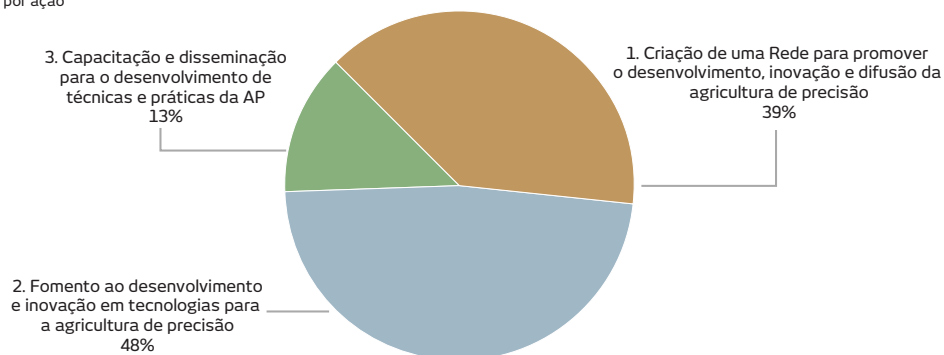


Figura 24 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa, desenvolvimento, teste de equipamentos e aplicações-piloto, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL" (BRASIL, 2021). Por sua vez, as atividades que envolvem o financiamento de projetos demonstrativos (seis e sete) seriam financiáveis por empréstimos reembolsáveis. Esta modalidade é aplicável a todos os atores anteriormente citados.

Por fim, foram analisados os potenciais riscos à implementação das atividades propostas pelo PAT. Foram avaliados como: "risco baixo" aqueles que possuem consequências pouco significativas; "risco médio" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos baixos; e "risco alto" aqueles que possuem consequências reversíveis em curto e médio prazos com custos altos. Para minimizar estes riscos, foram propostas ações de contingenciamento.

Os riscos mais altos estão relacionados às atividades de desenvolvimento tecnológico (atividades 6 e 7). Estas duas atividades envolvem grandes orçamentos e diversos agentes. O insucesso pode ocorrer por dificuldade de acesso aos produtores, por problemas nos testes de equipamentos e por acompanhamento dos processos de forma incorreta. Riscos associados à competição pela priorização de determinadas temáticas podem interferir no avanço do projeto. Somam-se a isto o risco de má definição do escopo e os requisitos mínimos da chamada para projetos de desenvolvimento. Existem, ainda, os riscos de não liberação de recursos financeiros para os projetos e de os contratados deixarem de cumprir suas obrigações por diferentes motivos.

Podem ser citadas como principais medidas para mitigar esses riscos: parcerias com instituições que já estão inseridas no convívio de pequenos e médios produtores; parcerias com associações de produtores e grandes representantes na área de AP; intercâmbio com os principais agentes de fomento e contato com agências de fomento internacional; contratar equipe de consultoria para avaliação e validação das chamadas elaboradas; atuação da Rede de forma clara, evidenciando os benefícios da AP; entre outras.

9.

---

Plano de Ação  
Tecnológica

**para o  
Melhoramento  
Genético Animal  
na Pecuária Bovina  
de Corte**



## 9. PAT PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL NA PECUÁRIA BOVINA DE CORTE

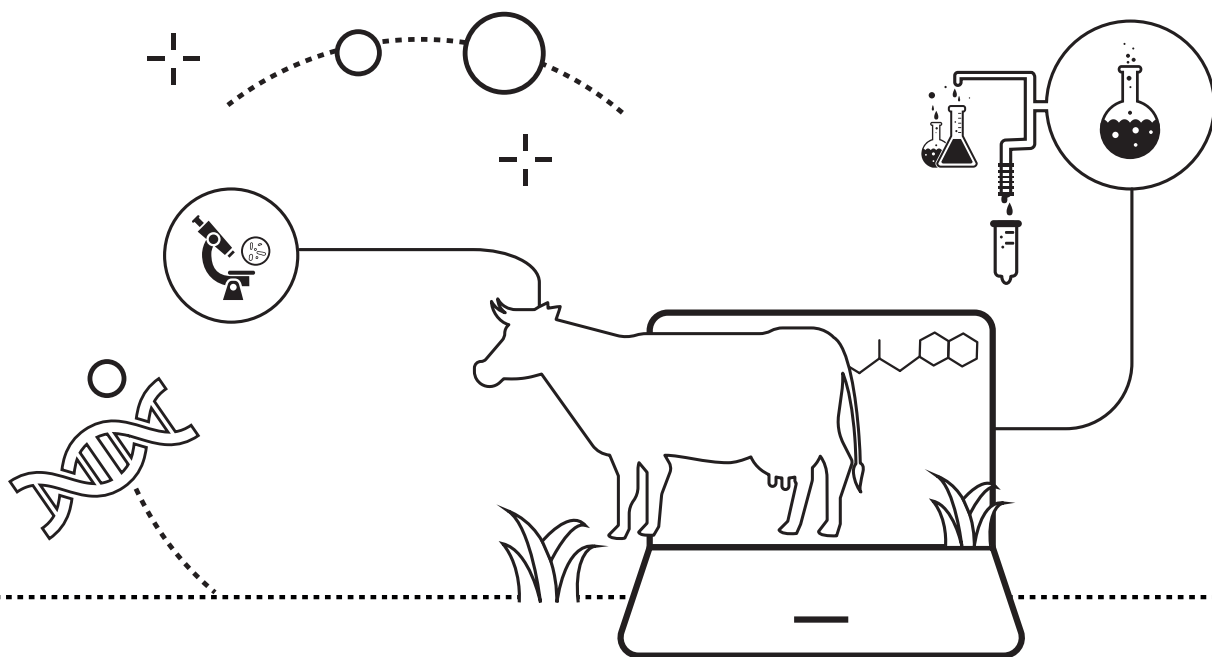
O Melhoramento Genético Animal (MGA) permite modificar a composição genética dos rebanhos ao longo das gerações, visando ao alinhamento com o ambiente de produção, às expectativas de desempenho e às exigências de mercado. Contribui para o desenvolvimento das principais cadeias produtivas animais no Brasil, como avicultura, suinocultura e bovinocultura de corte e de leite.

A composição genética dos rebanhos pode ser modificada por meio da seleção (escolha dos pais da próxima geração) e dos acasalamentos (estratégias para formação dos casais). O MGA é eficiente para modificar as médias de características economicamente importantes no sentido desejável, desde que elas sejam mensuráveis e que exista variabilidade genética. Dessa forma, é possível melhorar características reprodutivas, de crescimento, eficiência alimentar e de adaptação ao clima e aos parasitos.

O PAT de MGA na pecuária bovina de corte visa remover barreiras como: falta de conhecimento da importância econômica das características genéticas; falta de integração e agilidade entre os agentes envolvidos em programas de MGA; entre outras. Para tanto, propõe-se desenvolver uma plataforma para integração, dissemi-

nação, capacitação e análise de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte até 2030.

Em termos de benefícios do melhoramento genético, pode-se citar o aumento da resiliência à mudança do clima e a redução das emissões. Neste último caso, tem-se que a fermentação entérica nos bovinos pode ser considerada a principal fonte de emissão de GEE na cadeia produtiva da carne bovina. Em sistemas tradicionais de produção de bovinos de corte, a maior parte das emissões de GEE acontece nas fases de gestação e engorda, enquanto a intensificação do sistema de produção (com redução da idade de abate dos animais) faz com que a fase de gestação seja a principal fonte de emissão de GEE. Portanto, a utilização de ferramentas – tais como o MGA – para melhorar as características reprodutivas e de crescimento terá implicações favoráveis sobre o impacto ambiental na cadeia produtiva de carne bovina. Em termos tecnológicos, a implantação do PAT permitiria passar do estágio de objetivos de seleção testados, qualificados e demonstrados (TRL 8) para a disponibilização em todas as condições, extensão e alcance de plataforma integrada para o melhoramento genético (TRL 9).



# Melhoramento Genético Animal na Pecuária Bovina de Corte

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

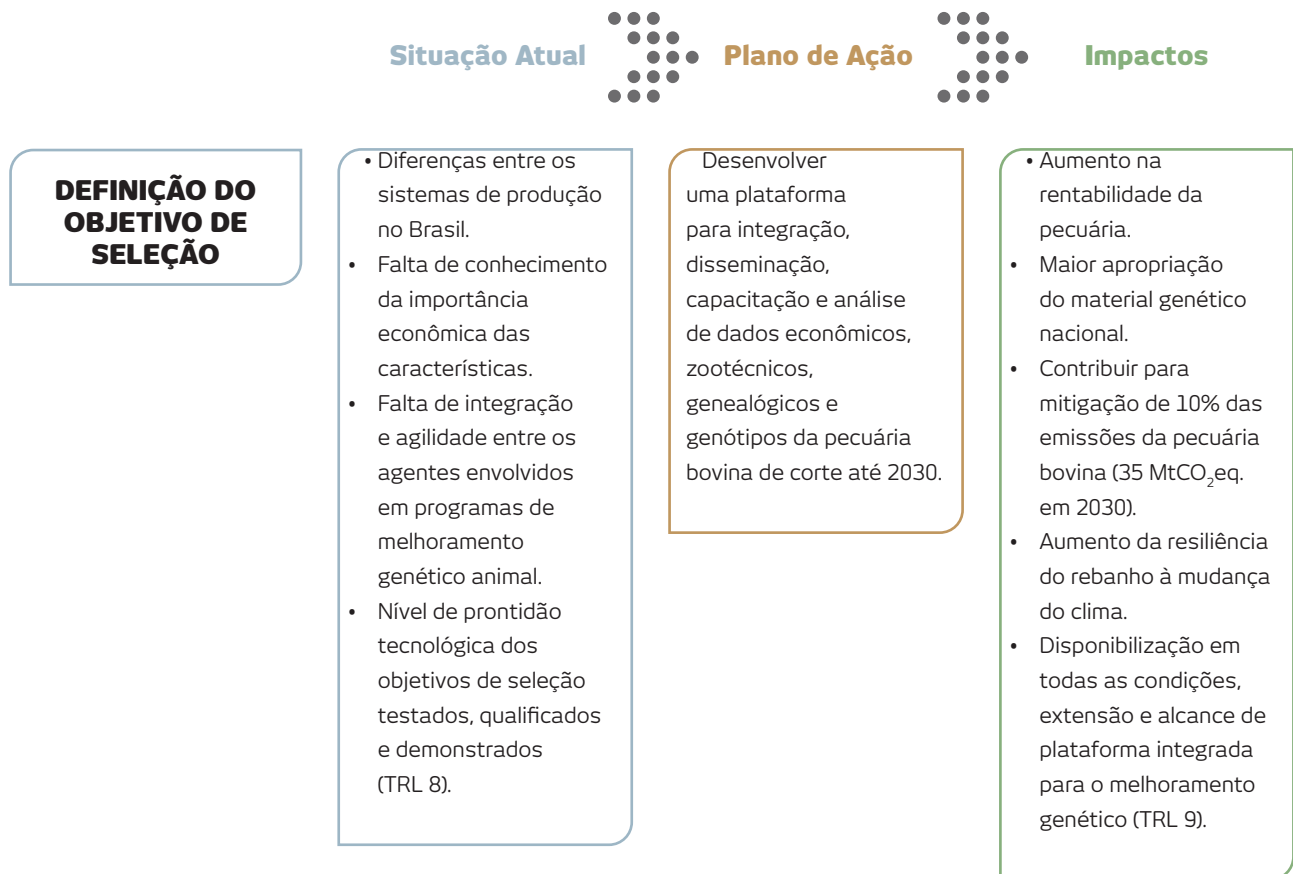


Figura 25 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.



Para atingir a ambição do PAT, foram propostas seis ações. As Ações 1 e 2 selecionadas consistem, basicamente, em etapas de diagnóstico da bovinocultura de corte e das percepções dos fornecedores e dos usuários de genética bovina. Na Ação 3, pretende-se ampliar o conhecimento existente a respeito dos recursos genéticos disponíveis para a produção de carne bovina. A Ação 4 será importante para demonstrar o potencial de impacto econômico do melhoramento genético na bovinocultura de corte, e depende dos resultados das ações anteriores. Por sua vez, a Ação 5 é necessária para que os benefícios desse Plano contribuam para o desenvolvimento da cadeia produtiva da carne bovina

mesmo após a conclusão de todas as ações previstas. O desenvolvimento da plataforma para integração e análise dos dados e geração de relatórios vai permitir que os parâmetros econômicos e de desempenho zootécnico coletados nas fazendas de seleção, bem como nas fazendas comerciais, sejam rotineiramente e continuamente analisados, para que as informações sejam extraídas e disponibilizadas rapidamente para os selecionadores e os produtores de carne. Por fim, mas não menos importante, foi proposta a Ação 6, que contempla a disseminação dos resultados obtidos nas etapas anteriores e, também, a capacitação dos usuários da plataforma desenvolvida.

## MGA na Pecuária Bovina de Corte

O PAT para essa tecnologia está estruturado em seis ações (8 anos de execução)



Figura 26 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

A plena execução desse PAT depende da colaboração de atores do setor público (instituições de ensino, pesquisa, extensão, agências de fomento) e do setor privado (programas de melhoramento genético, associações de criadores, empresas de consultoria, laboratórios de genotipagem, empresas de desenvolvimento de *software*). Propõem-se que este Plano seja gerenciado por um Comitê, composto por um coordenador e por membros consultivos. O coordenador pode ser um técnico (professor ou pesquisador) reconhecidamente capacitado, vinculado a uma instituição com estrutura de suporte coerente com a demanda do projeto, e com bom relacionamento junto aos demais agentes necessários para a exe-

cução das ações propostas. É imprescindível não haver conflitos de interesse do coordenador e de sua instituição com a proposta e com os demais agentes envolvidos. Os outros membros serão os parceiros consultivos e os parceiros técnicos do Plano, sejam eles instituições de fomento, sejam parceiros na execução, sejam agentes públicos ou privados.

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, com custo estimado de, aproximadamente, R\$ 9,4 milhões. As Ações 3 e 5 demandam cerca de 35% do orçamento, cada uma. De fato, são ações complexas e amplamente dependentes de serviços especializados e terceirizados.

## MGA na Pecuária Bovina de Corte

### Custo de implementação do Plano de Ação

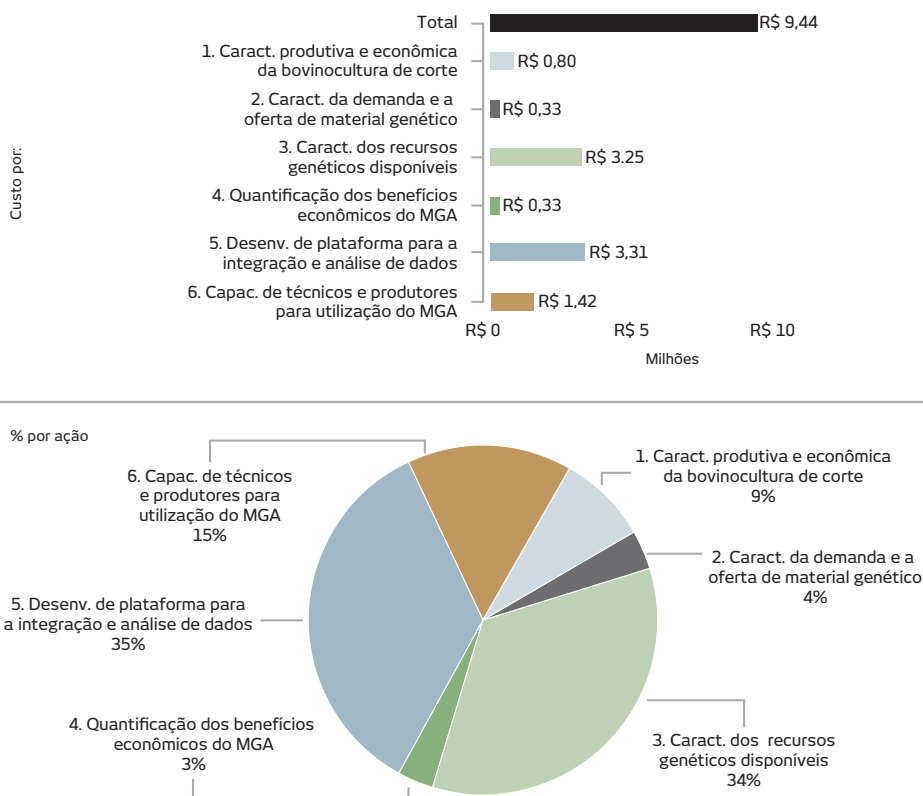


Figura 27 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados financeiros e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que todas as ações seriam aplicáveis às modalidades típicas de empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no "Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL" (BRASIL, 2021).

Por fim, foi proposto um plano de riscos e contingenciamento à implementação das ações e atividades do PAT. Riscos altos foram associados às subatividades 3.2, 3.3, 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, as quais concentram, aproximadamente, dois terços do orçamento do Plano.

No que se refere às subatividades 3.2 e 3.3, os insumos necessários estão expostos à variação cambial (risco de custo). Tais atividades devem ser executadas por pessoal altamente qualificado (risco técnico), e ainda precisam ser subdivididas em etapas que dependem de agentes e organizações diferentes, o que vai exigir altos níveis de controle e coordenação (risco organizacional). Elas também precisarão ser executadas por agentes de diferentes instituições públicas e privadas, com objetivos e visões diferentes (risco institucional). O risco político é representado pela possibilidade de conflitos de interesse na definição das raças que serão estudadas e, principalmente, na forma de utilização das informações geradas.

Como forma de evitar ou mitigar os riscos previstos, foram sugeridas ações de contingenciamento para escolher as raças estudadas de maneira objetiva (considerando-se suas contribuições proporcionais na produ-

ção de carne bovina): acordar e registrar, oficialmente e com antecedência, as formas de compartilhamento dos dados; especificar claramente os serviços, os custos e os prazos de execução; contratar pessoal e empresas qualificados e experientes para execução das atividades; firmar contratos com as partes envolvidas; contratar especialistas externos para validação das atividades e dos dados; manter métodos eficientes de comunicação entre os envolvidos e de gestão das atividades; entre outras.

Por sua vez, quanto às subatividades 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, têm-se: alto grau de incerteza acerca da definição prévia de custos e dificuldades na identificação de fontes de financiamento e parceiros para manutenção e validação contínua da plataforma (risco institucional); os diversos agentes financiadores podem ter objetivos diferentes, o que pode gerar conflitos de interesse (riscos institucional e político); exigência de especificações detalhadas dos tipos de dados que serão inseridos nas plataformas, dos procedimentos que deverão ser executados e das funcionalidades dos produtos (plataformas) que precisam ser entregues (risco técnico); dependência de uma coordenação eficiente, especialmente para definição dos documentos de requisitos e atendimento dos prazos (risco organizacional). Essas atividades compõem uma das ações mais complexas e difíceis de serem executadas e que, até o momento, nunca foram implementadas na escala em que se pretende fazer.

Para maximizar as chances de sucesso, será fundamental especificar claramente a função de cada participante; manter um método de comunicação eficiente; definir metas e seus responsáveis, acompanhar a execução das atividades; contratar instituições e pessoal experientes e qualificados na área do melhoramento genético e na construção de *softwares*; estabelecer e firmar contratos com parceiros técnicos e institucionais; e organizar *workshops* para validação dos módulos e das plataformas desenvolvidos.

# 10.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para a Silvicultura e Melhoramento Genético de Espécies Nativas**



## 10. PAT PARA A SILVICULTURA E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES NATIVAS

A tecnologia objetiva a implementação de programas de melhoramento genético e de manejo das espécies arbóreas com potencial econômico para, a partir destes, obter sementes com qualidade genética para atender às demandas das indústrias do setor florestal em um contexto de sustentabilidade. Trata-se, portanto, de ampliar a adoção da silvicultura com espécies nativas por meio da melhoria genética, o que possibilita uma maior competitividade das espécies exóticas atualmente prevalentes no país.

Apesar dos ciclos de produção da silvicultura com espécies nativas serem relativamente longos, essa tecnologia possui um grau de maturidade que permite, a partir de investimentos adicionais, alcançar benefícios de ordem econômica, social e ambiental, aumentando a diversidade de uso de espécies florestais brasileiras.

O presente PAT visa remover barreiras, como a rejeição das madeiras juvenis produzidas pelo sistema de silvicultura de árvores nativas; o alto custo para implementação de programas de melhoramento florestal; o nível de prontidão tecnológica de validação apenas de conceito em laboratório do melhoramento genético de nativas (TRL 3); entre outras. Para tanto, propõe-se a implantar programas de melhoramento genético de,

pelo menos, dez espécies arbóreas de ocorrência natural nos biomas brasileiros e desenvolver tecnologias silviculturais para que, se possível, em sinergia com os genótipos a serem selecionados, possam tornar os empreendimentos florestais economicamente viáveis até 2030.

A adoção do PAT traria impactos importantes para o setor e o país. Geraria emprego e renda em regiões com baixos índices de desenvolvimento humano (IDHs), bem como contribuiria para a recomposição de vegetação nativa. Especificamente para a mitigação das emissões de GEE, essa tecnologia possui um potencial bastante relevante em função da ampliação dos estoques de carbono e do restabelecimento de serviços ecossistêmicos. Além disso, com o uso de nativas em reflorestamento, espera-se melhorar o processo de geração e armazenamento de água no solo, incrementar a matriz de utilização da madeira, principalmente pela incorporação e pela ampliação dos usos múltiplos para, dessa forma, aliviar a pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa dos diferentes biomas brasileiros. Ainda é importante ressaltar o desenvolvimento tecnológico, tendo em vista que o PAT permitiria a demonstração das espécies nativas com melhoramento genético (TRL 7).



# Silvicultura e Melhoramento Genético de Espécies Nativas

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

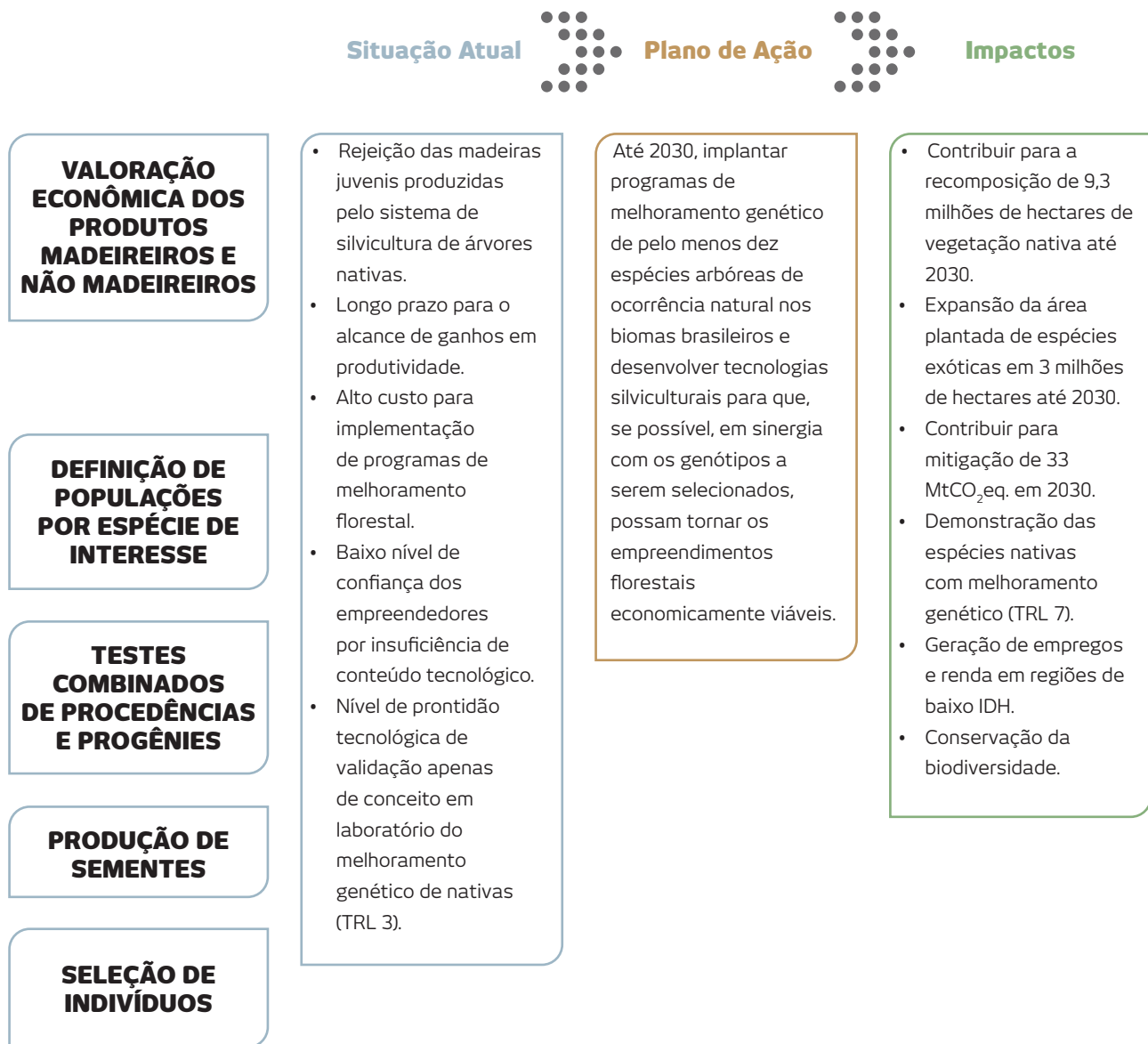


Figura 28 – Antes e depois da implementação do PAT

Elaboração do autor.

As ações a serem realizadas para o desenvolvimento de técnicas silviculturais seguirão os conceitos relacionados às florestas de produção equiâneas. Como as espécies alvo de estudos e de desenvolvimento tecnológico somente serão definidas após avaliações iniciais, fundamentadas na literatura especializada, em opiniões de especialistas e em experiências de instituições de ensino e pesquisa (públicas e privadas), a natureza do sistema de cultivo, se puro ou misto, dependerá do conhecimento da sucessão ecológica destas em condições naturais.

Após a definição das dez espécies-alvo, a condução das ações e das atividades, prioritariamente, deverá ser realizada de forma simultânea, para que o tempo de estudo seja otimizado para uma dada espécie ou para

um conjunto específico de espécies. Naturalmente, várias dessas ações e atividades não podem ser feitas simultaneamente, visto que o início de uma depende da conclusão de outra. Por exemplo, estudos de mercado somente poderão ser conduzidos após o conhecimento das propriedades da madeira juvenil, da adequação de seus usos e da construção de unidades demonstrativas.

Extremamente relevante para a difusão da tecnologia, serão as ações de estabelecimento de estratégias silviculturais e de melhoramento genético com base nas experiências adquiridas em estudos de espécies arbóreas com mais conteúdos tecnológicos (Ação 6), e de desenvolvimento e condução de planos de extensão e capacitação, com foco nas tecnologias silviculturais de nativas e nas perspectivas de mercado (Ação 7).

## Silvicultura e MG de Espécies Nativas

O PAT para essa tecnologia está estruturado em 7 ações de trabalho (8 anos de execução)

### 1. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E GRAU DE ACEITAÇÃO

Avaliação das propriedades tecnológicas e do grau de aceitação de mercado da madeira juvenil de espécies arbóreas nativas alvo de cultivos (2 anos).



### 2. TESTES DE PROCEDÊNCIA/PROGÊNIES

Implantação de testes combinados de procedência/progênies com unidades experimentais de meios-irmãos ou de plantas clonadas por matriz, no caso de espécies que podem ser propagadas vegetativamente (5 anos).



### 7. PLANOS DE EXTENSÃO E CAPACITAÇÃO

Desenvolvimento e condução de planos de extensão e capacitação com foco nas tecnologias silviculturais de nativas e perspectivas de mercado (6 anos).



### 3. IMPLANTAÇÃO DE POMARES

Implantar precocemente, por reprodução sexual ou assexual (dependendo da espécie), os pomares de produção de sementes (4 anos).



### 6. ESTRATÉGIAS SILVICULTURAIS E DE MELHORAMENTO GENÉTICO

Estabelecimento de estratégias silviculturais e de melhoramento genético com base nas experiências adquiridas em estudos de espécies arbóreas com maiores conteúdos tecnológicos (8 anos).



### 4. ESTUDOS DE SEMENTES E MUDAS

Desenvolvimento de estudos de sementes e mudas para aumento de desempenho no campo (2 anos).



### 5. PROGRAMAS DE NUTRIÇÃO MINERAL

Definição de programas específicos de nutrição mineral de mudas no viveiro e de árvores no campo (6 anos).



Figura 29 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

Considerando as sete ações para o desenvolvimento da silvicultura e do melhoramento genético de espécies nativas, foram identificados atores que podem vir a participar na condução das atividades envolvidas. Compreende-se que esse Plano poderia ser coordenado pelo Mapa e pelo MCTI, tendo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) como principal parceira técnica e responsável pela coordenação técnica das ações e das atividades. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) poderia, ainda, fazer parte do Comitê Técnico Consultivo do Plano, em conjunto com as instituições anteriormente citadas, enquanto instituições e institutos de pesquisa e ensino localizados nos biomas

poderiam atuar como parceiros técnicos e agentes de disseminação dos resultados do PAT. Finalmente, deverá ser contratada uma equipe permanente para atuar na coordenação da execução das atividades, que deve se reportar diretamente às instituições coordenadoras acima citadas.

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, com custo estimado de, aproximadamente, R\$ 16,3 milhões. Entre todas as ações/atividades, estima-se cerca de 29% do orçamento previsto para a implementação da Ação 2, que é a mais capital-intensiva.

## Silvicultura e MG de Espécies Nativas

### Custo de implementação do Plano de Ação

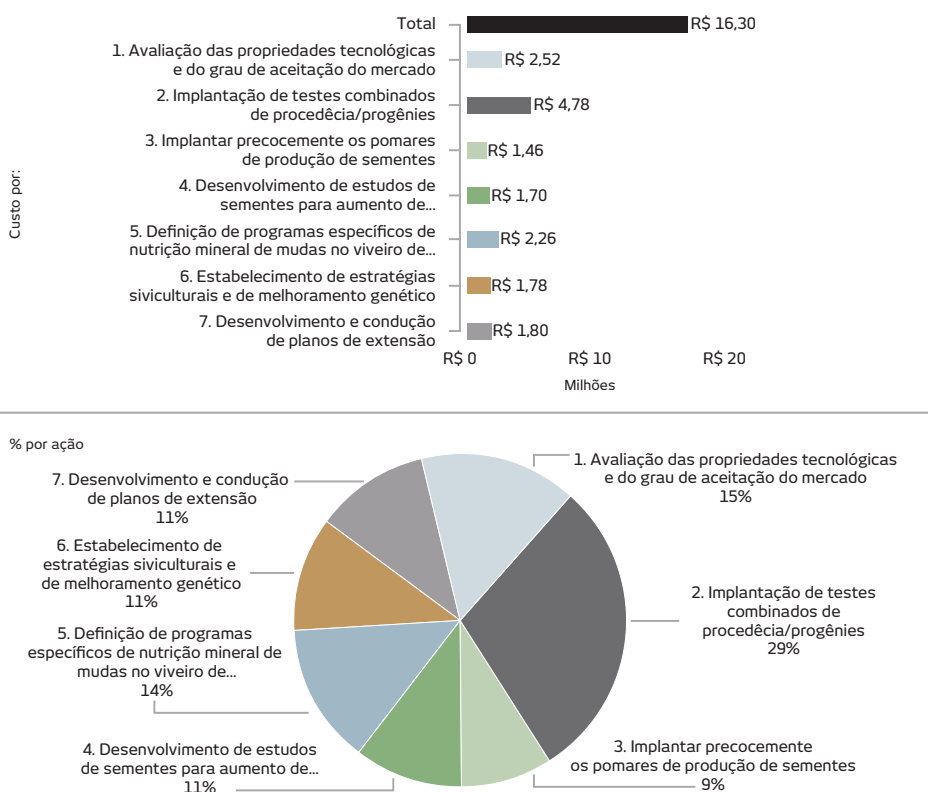


Figura 30 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.



No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL” (BRASIL, 2021).

Ao final, foi proposto plano de riscos e contingenciamento à implementação das ações e das atividades do PAT. Das 21 atividades programadas, 11 (52%) foram de baixo risco, oito (38%) de médio risco e duas (9%) de alto risco.

Especial atenção deve ser dada para a subatividade 2.3, referente à implantação dos testes genéticos em quatro condições ambientais distintas, considerando

as características edáficas e climáticas predominantes nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Também para a subatividade 3.1, que se refere à implantação de 40 pomares de produção de sementes não testados, considerando dez espécies e quatro biomas. Em ambas as atividades, o risco alto decorre do fato de que as referidas implantações, com o objetivo de redução de custo, devem ser mantidas por um longo período, o qual, dependendo da espécie, pode ser de dezenas de anos e envolver utilização de áreas de terras públicas ou privadas (estabelecidas por parcerias), cujo uso pode ser comprometido por alterações de finalidade ou transferência de propriedade por comercialização ou por processos de herança.

Para mitigar os riscos às subatividades 2.3 e 3.1, devem ser formalizadas parcerias para a concessão de áreas experimentais e áreas para implantação de unidades de produção de sementes, respectivamente. Além disso, é preciso supervisionar os testes e garantir a entrega dos resultados, bem como o cumprimento dos acordos de parceria.

# 11.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para a Silvicultura com Plantios Mistos para Restauração**



## 11. PAT PARA A SILVICULTURA COM PLANTIOS MISTOS PARA RESTAURAÇÃO

O escopo tecnológico do PAT propõe a utilização de plantios mistos em áreas de Reserva Legal (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APPs), utilizando espécies exóticas e nativas com enfoque silvicultural, como alternativa para o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad), considerando as definições do Código Florestal (CF) brasileiro. A implementação dessa tecnologia visa, portanto, desenvolver plantios para fins de restauração ambiental, aliados à possibilidade de ganhos socioeconômicos para os proprietários que precisam realizar as adequações propostas pelo Plano de Regularização Ambiental (PRA).

Esta abordagem delimita o uso de espécies arbóreas como a alternativa mais adequada para a restauração ambiental, aliada à possibilidade de produção e comercialização de produtos relacionados para subsistência e geração de renda nas propriedades. O uso de componentes não arbóreos, ligados à agricultura e à criação animal (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – iLPF), representa uma expansão das possibilidades originais, flexibilizando a aplicação da silvicultura com plantios mistos.

O Plano propõe ações e atividades para superar entraves, tais como: burocratização nos trâmites e complexidade nas legislações federal, estadual e municipal;

limitação de uso de exóticas para propriedades de até quatro módulos fiscais; nível de prontidão tecnológica de validação em viveiros para nativas (TRL 5); alto custo de insumo, transporte e implantação; pequeno raio logístico viável para recepção de insumos e suprimentos e para envio dos produtos; entre outros. Para tanto, ambiciona construir institucionalmente e validar em campo, até 2030, sistemas mistos eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório, desenvolvidos com a finalidade de restaurar diferentes biomas e ambientes protegidos.

Apesar de o principal alvo da tecnologia ser a restauração ambiental, permitir aos proprietários o uso das respectivas áreas para produção e comercialização de diversos tipos de produtos também constitui uma oportunidade para que estes atores tornem-se protagonistas nas ações de restauração e conservação. Além disso, esse envolvimento pode proporcionar a geração de emprego e renda em caráter regional, contribuindo, assim, para o desenvolvimento socioeconômico em regiões com baixo IDH. A ampliação da silvicultura com plantios mistos para a restauração possui relevante potencial de mitigação às mudanças climáticas em razão do aumento da remoção de CO<sub>2</sub> pelo crescimento da biomassa, e, também, pela redução potencial do uso de fertilizantes.



# Silvicultura com Plantios Mistos para Restauração

Antes e depois da implementação do Plano de Ação

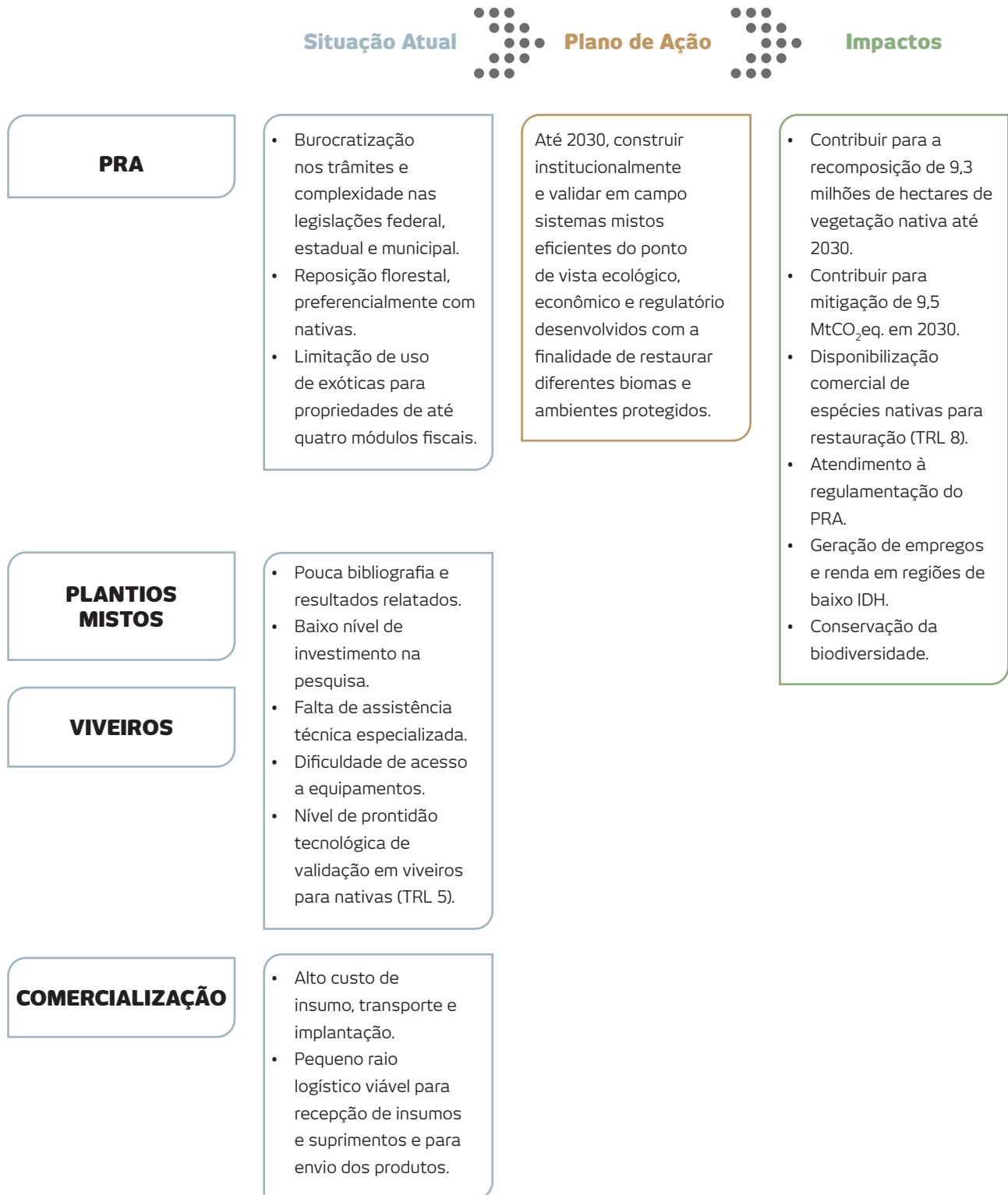


Figura 31 – Antes e depois da implementação do PAT  
Elaboração do autor.

Foram propostas três ações e 13 atividades para atingir o objetivo do PAT. Inicialmente, é necessário implementar um conjunto de atividades com vistas a propor ou aperfeiçoar a base regulatória e institucional, e fazer com que essa informação chegue à base florestal. Essa ação está diretamente relacionada à elaboração ou ao aperfeiçoamento de instrumentos regulatórios e/ou infra legais, além da disseminação deles para todos os atores envolvidos na cadeia da restauração. Já no segundo momento, é importante

fazer o levantamento e o refinamento das informações já existentes sobre os plantios mistos e realizar novos estudos, quando necessário, levando em consideração a necessidade de validação dessas informações em campo. O objetivo da ação é a validação em campo dos plantios mistos, provando, assim, sua eficiência ecológica e econômica. Por fim, são necessárias a disseminação das informações e as proposições mais práticas e estruturais, que possam avançar a cadeia da restauração.

## Silvicultura com Plantios Mistos para Restauração

*A criação da rede está estruturada em 3 ações de trabalho (8 anos de execução)*

### 1. INSTRUMENTOS REGULATÓRIOS, INFRA LEGAIS E DE PESQUISA

Elaboração, aperfeiçoamento e disseminação institucional de instrumentos regulatórios, infralegais e de pesquisa (8 anos).



### 2. VALIDAÇÃO DE SISTEMAS MISTOS

Validação em campo de sistemas mistos eficientes do ponto de vista ecológico, econômico e regulatório para os diferentes tipos de biomas (5 anos).



### 3. IMPLANTAÇÃO PILOTO E DISSEMINAÇÃO

Incentivo ao desenvolvimento da silvicultura com plantios mistos para restauração, a fim de minimizar os custos e tornar a produção mais eficiente (4 anos).

Figura 32 – Macroações do PAT

Elaboração do autor.

A identificação dos atores-chave para implantação das ações é fundamental para o escalamento dos plantios mistos voltados para restauração. Por ser uma tecnologia que possui sinergia com a área de atuação de inúmeras organizações, a diversidade desses atores é ampla. Além disso, o mapeamento de atores locais e Redes é uma etapa imprescindível para o sucesso e o escalamento da cadeia da restauração, a fim de valorizar e potencializar iniciativas e elos que já existem, assim como solucionar os gargalos e as conexões que ainda precisam ser estabelecidas.

Foram muitos os atores enumerados para o sucesso dessa tecnologia, mas é necessário destacar o papel das seguintes instituições: Mapa, Embrapa, MCTI e MMA. O Mapa poderia exercer o papel de coordenação-geral das ações devido à sua *expertise*, inclusive de algumas de suas secretarias e de setores em específico, como o Se-

tor de Controle de Qualidade de Muda e Fiscalização de Viveiros Florestais e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), que possuem vasto conhecimento em Sistema Agroflorestal (SAF). Já a Embrapa, devido à sua qualidade técnica-científica, enquadra-se como principal parceira técnica para execução das atividades. O MCTI poderia coordenar tecnicamente a Ação 2, tendo em vista o alinhamento do escopo e a ambição do PAT à Iniciativa Regenera Brasil, criada por meio da Portaria nº 3.206/2020. Finalmente, o MMA poderia atuar na coordenação técnica das subatividades 1.1 e 1.2.

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, com custo estimado de, aproximadamente, R\$ 31,4 milhões. Esse orçamento previsto foi distribuído de forma homogênea entre as três ações do Plano, sendo que, entre todas as atividades, aquelas que envolvem estudos e infraestrutura são as de maior custo.

## Silvicultura com Plantios Mistos para Restauração

### Custo de implementação do Plano de Ação

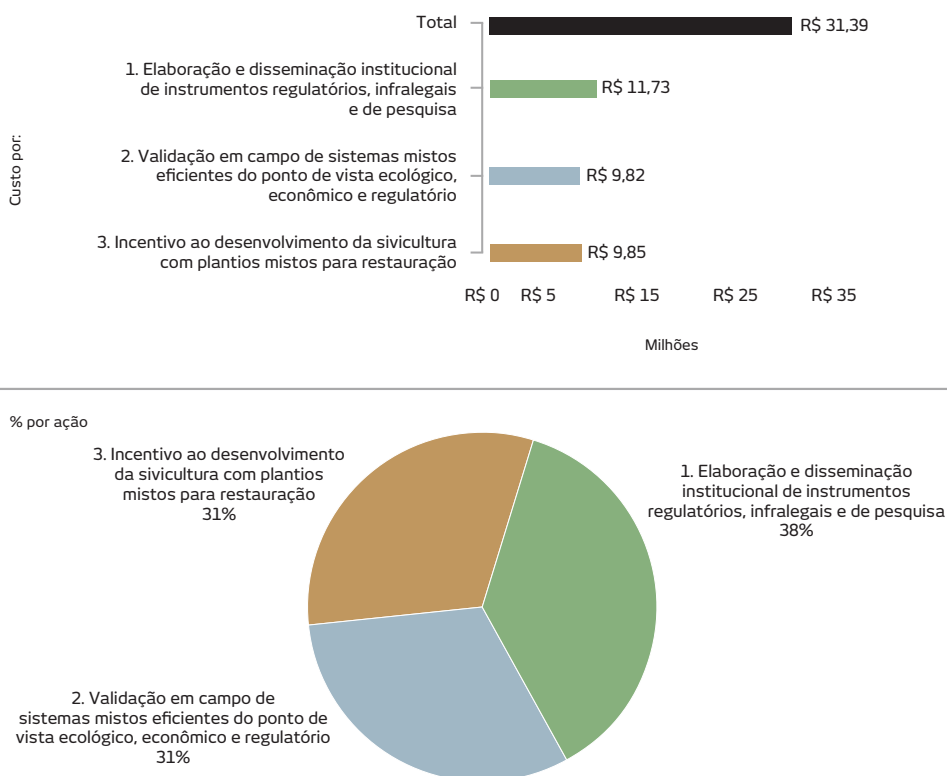


Figura 33 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se, para as Ações 1 e 2, que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no Projeto TNA\_BRAZIL” (BRASIL, 2021).. No caso da Ação 3, em face da implantação de unidades demonstrativas, também poderia ser acessada a modalidade pagamento por serviços ambientais.

Por fim, foram mapeados riscos à adoção das atividades e propostas medidas para contingenciá-los. Em geral, as atividades classificadas de médio risco foram aquelas que envolvem um grande número de atores que têm diferentes expectativas, e, por isso, podem ocorrer conflitos de interesses e redução do engajamento. Já as atividades que demandam o desenvolvimento de uma infraestrutura e, assim, dependem de um maior aporte de recursos, principalmente para sua manutenção em longo prazo, receberam um alto risco.

A subatividade 3.2, que trata da implementação e do monitoramento de 12 unidades-piloto demonstrativas de plantios mistos para restauração, apresenta alto risco decorrente da dificuldade em implantar e manter as unidades, bem como em manter o proprietário da área engajado na atividade. Portanto, demanda planejamento e coordenação para que as unidades se tornem autossustentáveis e mantenham-se em longo prazo. No curto prazo, deve ser elaborado contrato de concessão de recurso para a implementação das unidades, e haver previsão de monitoramento pelo período de dois anos. Após, deve ser elaborado acordo de cooperação técnica (ACT) com empresas de assistência técnica e extensão rural (Ater) para manutenção das unidades.

Por sua vez, a subatividade 3.3 trata do diagnóstico e da estruturação de viveiros para abastecimento da cadeia florestal da restauração. Neste caso, apresenta, potencialmente, dificuldade em implantar e manter os viveiros. Além disso, há o desafio da inserção de novos viveiros e da manutenção dos existentes na dinâmica da cadeia da restauração. Nesse contexto, o principal entrave é manter atores engajados nas atividades. Para minimizar esses riscos, deve ser elaborado contrato de concessão de recurso para a implementação dos viveiros, e haver previsão de monitoramento pelo período de dois anos. Após, deve ser elaborado ACT com empresas de Ater para manutenção dos viveiros.

# 12.

---

## Plano de Ação Tecnológica **para o Monitoramento por Satélite**





## 12. PAT PARA O MONITORAMENTO POR SATÉLITE

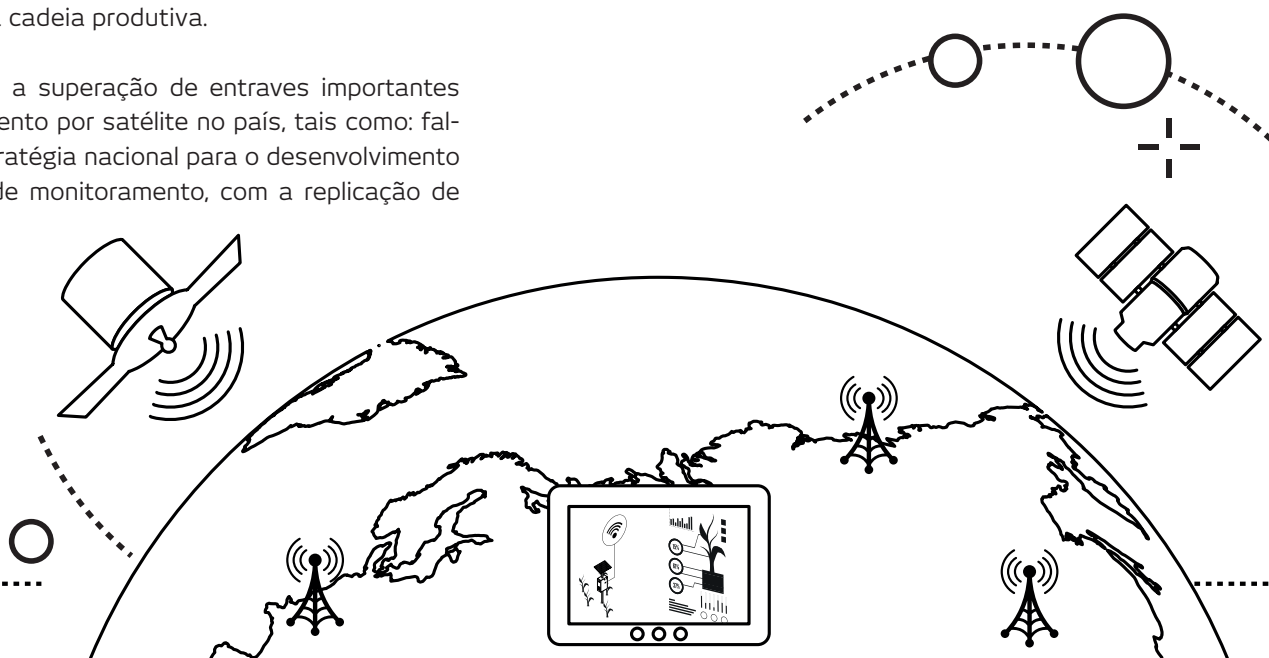
Os sistemas de monitoramento por satélite são realizados com base em abordagens de sensoriamento remoto, um conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos, áreas, fenômenos), com base no registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por sensores distantes – ou remotos. A tecnologia permite monitorar tanto alterações do uso e da cobertura da terra quanto os principais elementos da paisagem e as atividades do meio rural.

Uma das bases da AP é a disponibilidade de dados espaciais em alta resolução capazes de apoiar a decisão no nível do imóvel rural. Atualmente, as aplicações de sensoriamento remoto já auxiliam a produção agropecuária na detecção prematura de pragas e plantas acamadas e quebradas, na avaliação do nível de nutrientes nas plantas, na detecção de estresse hídrico e na previsão de safra no nível da parcela. Assim como no caso da restauração ecológica, atualmente o uso de sensoriamento remoto para AP ocorre, principalmente, por meio de veículos aéreos não tripulados (Vants). Outra aplicação importante do monitoramento por satélite é o rastreamento da produção agropecuária. Ao monitorar mudanças do uso da terra no nível do imóvel rural, é possível, juntamente a técnicas de modelagem espacialmente explícita, verificar o cumprimento das regras do CF, estabelecendo, assim, a existência ou não de desmatamento ilegal e sua vinculação com a cadeia produtiva.

O PAT propõe a superação de entraves importantes ao monitoramento por satélite no país, tais como: falta de uma estratégia nacional para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento, com a replicação de

esforços, e lacunas de planejamento para a harmonização dos sistemas atuais e agenda de desenvolvimento de uma próxima geração de sistemas; falta de investimento em pesquisa de base e aplicada para o desenvolvimento de metodologias de identificação automática com base em imagens de alta resolução; pouco uso de dados espaciais em aplicações de inteligência territorial, para apoiar a implementação do CF e intensificação da pecuária. Para remover essas barreiras, objetiva-se desenvolver, até 2030, sistema de monitoramento que, a partir do uso de imagens de alta resolução (< 5 metros) e técnicas de reconhecimento automático, irá fornecer dados anuais de cobertura e uso da terra em, pelo menos, dois biomas (Amazônia e Cerrado) nas seguintes categorias: vegetação nativa, vegetação secundária, pastagens e culturas agrícolas.

Visto a importância do monitoramento para possibilitar as atividades de fiscalização do cumprimento do CF e o aumento da produtividade agropecuária, o aprimoramento desses sistemas poderá contribuir para aumentar a restauração florestal voltada para a regularização ambiental e diminuir o desmatamento ilegal. Desse modo, esses sistemas contribuem indiretamente para o aumento das remoções de GEE e para a redução das emissões provindas da mudança do uso do solo, entre outros impactos.



# Monitoramento por Satélite

Antes e depois da implementação do Plano de Ação



Figura 34 – Antes e depois da implementação do PAT  
Elaboração do autor.

Para atingir a ambição proposta, foram elencadas cinco ações e 25 atividades que se relacionam entre si em uma ordem coordenada de execução. A Ação 1 serve como a base para o desenvolvimento da tecnologia, tendo como objetivo criar um Comitê para o estabelecimento, o monitoramento, a revisão e a validação de critérios técnicos, diretrizes e resultados das ações para a harmonização dos sistemas atuais e futuros de monitoramento por satélite de uso e cobertura da terra. Concomitantemente a esta, a Ação 2 tem como objetivo desenvolver e validar uma

metodologia de classificação automática de monitoramento de uso e cobertura da terra por imagens de satélite de alta resolução. As Ações 3 e 4 objetivam desenvolver e disponibilizar um sistema de monitoramento de alta resolução e um sistema de inteligência territorial para apoiar a implementação do CF e a intensificação da agropecuária, respectivamente. Por fim, a Ação 5 tem por objetivo promover a capacitação e a disseminação do uso dos sistemas desenvolvidos nas Ações 3 e 4 para agentes públicos e privados.

## Monitoramento por Satélite

O PAT para essa tecnologia está estruturado em cinco ações (8 anos de execução)

### 1. CRIAÇÃO DO COMITÊ DE MONITORAMENTO POR SATÉLITE E DE USO E COBERTURA DA TERRA



Criação de um Comitê para o estabelecimento, monitoramento, revisão e validação de critérios técnicos, diretrizes e resultados das ações para a harmonização de sistemas de monitoramento de por satélite e de uso e cobertura da terra (8 anos).

### 2. CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA SUPERVISIONADA DE USO E COBERTURA DA TERRA



Desenvolvimento e validação de classificação automática supervisionada de monitoramento de uso e cobertura da terra por imagens de satélite de alta resolução (3 anos).

### 5. CAPACITAÇÃO E DISSEMINAÇÃO

Capacitação e disseminação do uso dos sistemas de monitoramento e inteligência territorial para agentes públicos e privados (2 anos).



### 3. SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ALTA RESOLUÇÃO



Desenvolvimento e disponibilização de sistema de monitoramento de alta resolução (frequência a anual e cobertura pelo menos da Amazônia e Cerrado) (3 anos).



### 4. SISTEMA DE INTELIGÊNCIA TERRITORIAL

Desenvolvimento e disponibilização de sistema inteligência territorial para apoiar a implementação do Código Florestal e a intensificação da agropecuária (3 anos).

Figura 35 – Macroções do PAT

Elaboração do autor.

Para cada uma das cinco ações, foram prospectados múltiplos atores, que possuem *expertise* reconhecida relacionada à tecnologia e cuja missão alinha-se aos propósitos do Plano. Especial destaque deve ser dado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), tendo em vista a experiência de mais de 50 anos em toda a cadeia de valor relativa aos sistemas de monitoramento por satélite: do desenvolvimento do *hardware* ao uso dos dados em aplicações nas áreas ambientais e agrícolas. Desse modo, é recomendado que a coordenação técnica fique a cargo do Inpe, enquanto a coordenação-geral do PAT mantenha-se a cargo do MCTI.

O prazo para implementação do plano de ação é de oito anos e meio, com custo estimado de, aproximadamente, R\$ 193 milhões. Entre todas as ações e atividades,

estima-se cerca de 61% de todo o orçamento para a implementação da Ação 3.

Vale notar que o item de maior custo é a aquisição de imagens de satélite de alta resolução com cobertura nacional. Como referência de custo, foi utilizado o contrato do MMA para a compra de imagens RapidEye de alta resolução com cobertura nacional, realizado em 2012 a um custo de R\$ 87 milhões. Porém, caso essas imagens, com as características definidas pelas atividades, estejam disponíveis gratuitamente ou a um custo inferior, será possível reduzir substancialmente os investimentos totais no projeto. Também seria relevante avaliar a possibilidade de investir esses recursos no apoio do desenvolvimento de satélites nacionais, estimulando, assim, também a indústria nacional e a transferência de tecnologia.

## Monitoramento por Satélite

### Custo de implementação do Plano de Ação

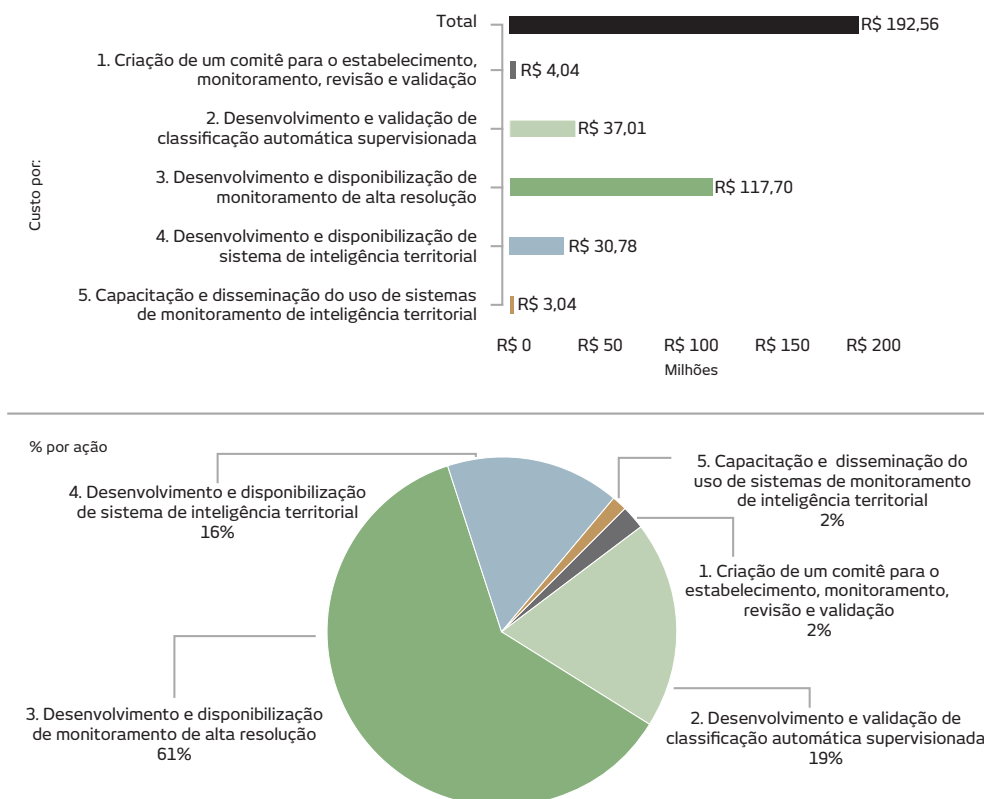


Figura 36 – Custo de implementação do PAT

Elaboração do autor.

No que se refere a potenciais fontes de financiamento das atividades, em virtude do horizonte de resultados e do foco em pesquisa e desenvolvimento, identificou-se que as modalidades típicas seriam empréstimos não reembolsáveis e assistência técnica. As modalidades estão disponíveis para acesso por atores do Estado (União, estados e municípios), empresas (públicas e micro; pequenas, médias e grandes empresas privadas), associações e cooperativas. Os mecanismos passíveis de serem pleiteados recursos são apresentados no “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL” (BRASIL, 2021).

Além das estimativas de recursos necessários, foram analisados os potenciais riscos e as ações de contingenciamento à implementação das atividades propostas pelo PAT. Foram considerados altos os riscos associados às subatividades 2.3, 3.4 e 4.1.

Para a primeira atividade, há o risco de existir divergência entre especialistas quanto à classificação automática, dos métodos avaliados gerarem resultados abaixo das expectativas, atraso nas atividades prévias e falta de validação da metodologia. Por exemplo, especialistas podem discordar sobre os limiares que definem uma área como sendo desmatada (*vis-à-vis* uma área com vegetação degradada) ou uma floresta secundária em estágio inicial (*vis-à-vis* um pasto sujo). Para superá-los, é importante exigir que as partes interessadas descrevam, de forma detalhada, os requisitos para harmonizá-los às expectativas, analisando a viabilidade

destes em conjunto. Se necessário, reavaliar o processo de classificação, reduzindo ou combinando classes que apresentem alto nível de incerteza na classificação automática. Finalmente, deve-se prever recurso de contingenciamento para eventuais revisões na classificação e convidar especialistas internacionais para auxiliar no processo de validação.

Já as subatividades 3.1 e 4.3 referem-se à definição de equipe técnica e instituições responsáveis pelo desenvolvimento e pela manutenção dos sistemas de monitoramento e inteligência territorial aplicados ao CF e intensificação da agropecuária. Essas atividades foram classificadas como sendo de risco alto porque podem ocorrer conflitos de interesses entre as instituições envolvidas no momento da definição da organização que será responsável pelo desenvolvimento e pela manutenção do sistema. Além disso, a contratação de mão de obra especializada é complexa, podendo faltar uma coordenação técnica e articulação com o Comitê de Monitoramento por Satélite. Para mitigar esse risco, sugere-se estabelecer critério objetivo para a seleção da organização responsável pela execução das atividades, com requisitos mínimos de capacidade institucional, reduzindo, desse modo, o risco de ingerência política. Também se deve articular apoio político de atores relevantes, de modo a evitar entraves significativos. Finalmente, é indicada a contratação de mão de obra em centros/instituições com ampla *expertise*, definindo plano de trabalho com validações pelo Comitê de Monitoramento e coordenação técnica.

# 13.

---

## Ideias de **Projetos**

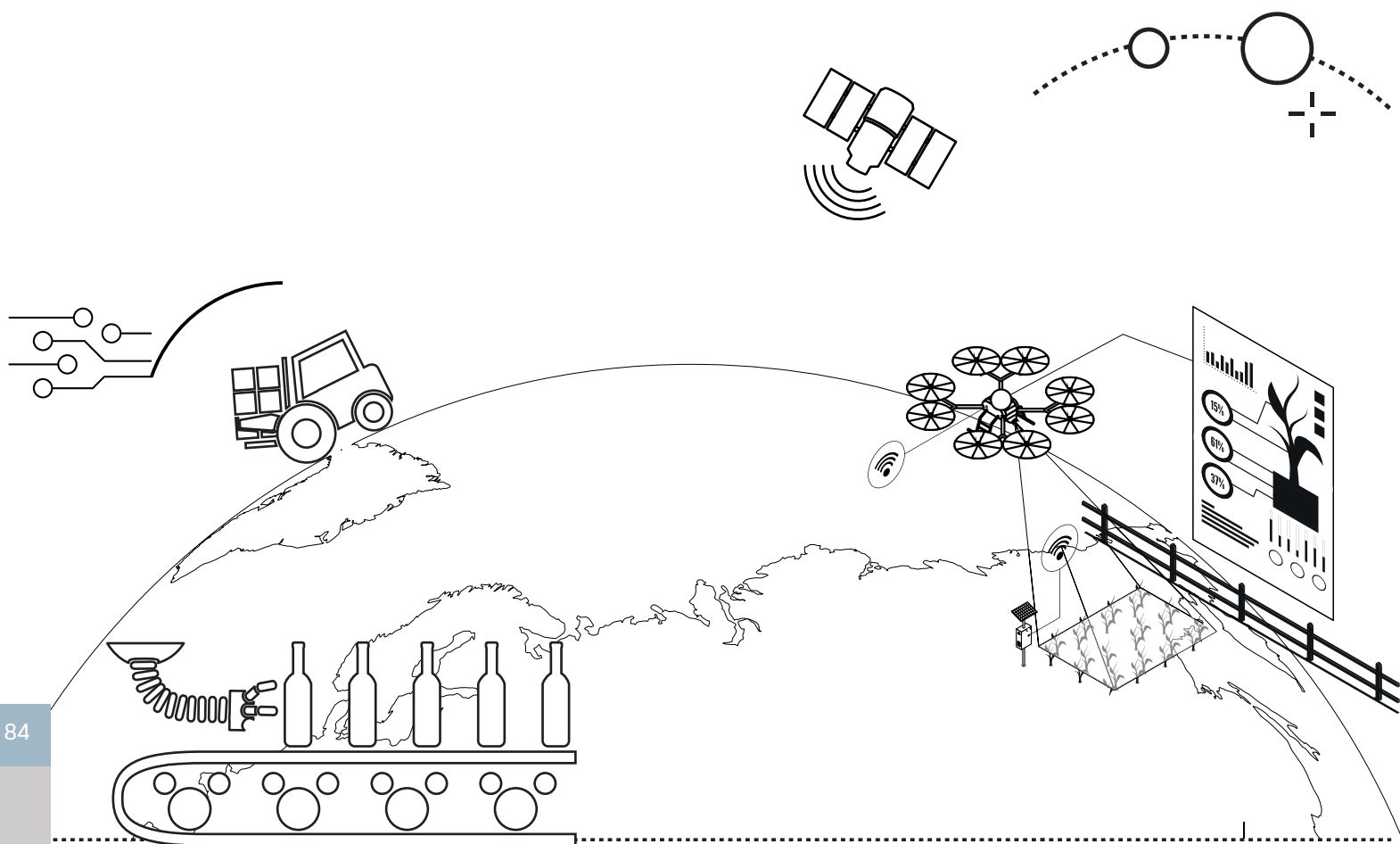


# Ideias de Projetos

Com vistas a avançar no desenvolvimento de projetos baseados nos PATs, são apresentadas, a seguir, seis ideias de projetos que agregam planos por afinidade de escopo e ambição. De antemão, cumpre ressaltar que a divulgação destas ideias de projeto foi priorizada pela Direção Nacional do projeto TNA\_BRAZIL, tendo sido objeto de apresentações a inúmeros atores do setor privado, agências de financiamento e a agências de cooperação internacional, tais como a Financiadora de Estudos de Projetos (Finep); a Agência Brasileira de Desenvolvimento (ABDE); e a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO).

Em sinergia e agregando objetivos dos referidos Planos, propõe-se, inicialmente, por meio de parceria de atores do setor público e privado, a criação

da Rede Brasileira de Desenvolvimento e Inovação em Economia Circular e Tecnologias 4.0 (Rede 4.0). Uma vez criada institucionalmente, a Rede deve apoiar a constituição de *startups* para fomentar o desenvolvimento das tecnologias ao nível de setores focais (Cidades, Indústria, Saúde e Agricultura). A etapa seguinte prevê a constituição das parcerias necessárias para aplicação de oito projetos-pilotos demonstrativos (dois por setor) de tecnologias e soluções tecnológicas 4.0 até 2030, em conformidade com a estrutura de custos e segmentação constantes nos Planos de Ação da agricultura de precisão e indústria 4.0. Concomitantemente à execução, ao reporte, à verificação e à divulgação dos resultados das iniciativas-piloto, devem ser realizadas atividades de capacitação para uso e manutenção das tecnologias desenvolvidas.



**Quadro 1** – Ideia de projeto para desenvolvimento de tecnologias 4.0 e economia circular em Cidades, Agricultura, Indústria e Saúde

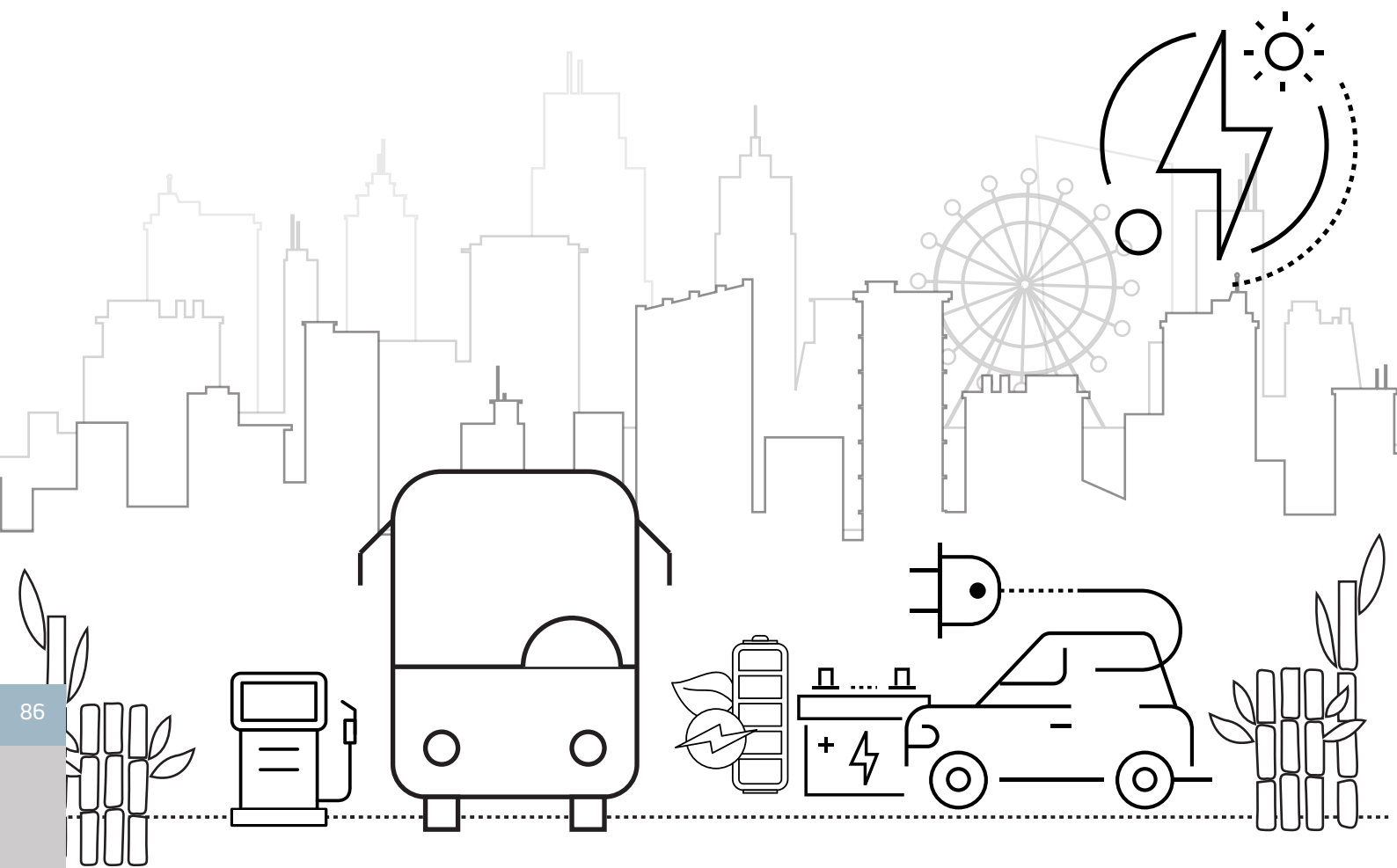
PROJETO 1	REDE BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO EM ECONOMIA CIRCULAR E TECNOLOGIAS 4.0 (REDE 4.0)
Tecnologias	Armazenamento de energia; Computação em borda; Computação em névoa; Computação em nuvem; Computação máquina a máquina; Comunicações avançadas 5G; Gêmeos digitais; Geolocalização; Georreferenciamento; Sensores inteligentes; Inteligência artificial; <i>Internet</i> das coisas; Manutenção aditiva e preditiva; Materiais avançados; Nanotecnologia e robótica avançada
Escopo	Indústria; Cidades; Agricultura; Saúde
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação, gestão e MR&amp;V da Rede de Tecnologias 4.0</li> <li>• Desenvolvimento e aplicação de oito projetos demonstrativos</li> <li>• Oferta de cursos de capacitação em tecnologias 4.0</li> <li>• Promoção e difusão de regulamentos, normas técnicas e políticas públicas em tecnologias 4.0</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganho de competitividade da indústria nacional</li> <li>• Aumento na produtividade do trabalho</li> <li>• Redução no consumo de energia e recursos naturais</li> <li>• Redução nos gastos com saúde pública</li> <li>• Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais</li> <li>• Redução na disposição de resíduos industriais e agrícolas</li> <li>• Demonstração das tecnologias 4.0 em ambiente operacional (TRL 7)</li> <li>• Controle de epidemias</li> <li>• Criação de novas atividades e profissões na indústria</li> </ul>
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órgãos de governo</li> <li>• Associações representativas dos setores</li> <li>• Agências de fomento nacionais e internacionais</li> <li>• Agências de cooperação nacionais e internacionais</li> <li>• Universidades e centros de pesquisa</li> <li>• Associações de classe</li> <li>• Empresas</li> <li>• Prestadores de serviços</li> </ul>
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	33,6 milhões
Modelo de negócios	Parcerias público-privadas, com captação de recursos reembolsáveis para implementação das iniciativas-piloto. Transferência das tecnologias ao final do projeto. Atividades de capacitação, gestão e promoção das tecnologias 4.0 com captação de recursos reembolsáveis e de assistência técnica.

Elaboração do autor.



Para o setor de transportes, propõe-se viabilizar conjuntamente e dar escala às tecnologias listadas nos PATs por um Sistema Integrador de Tecnologias Inovadoras de Transportes (SIT). Por meio de parceria público-privada, o SIT visa produzir os kits de hibridização de motores híbridos flex para ônibus, assim como testar e produzir, segundo diferentes condições de circulação em áreas urbanas do país, o sistema-piloto completo tipo cabeça de série de pilha a combustível a etanol. Em seguida, deve ser realizada a aplicação-piloto das tecnologias

em veículos novos e por substituição de motores de combustão interna (*retrofitting*). Nesta fase, prevê-se a aplicação-piloto em uma frota de 300 veículos, sendo 50 automóveis equipados com pilha a combustível a etanol, e 250 ônibus em *retrofitting* por motores híbridos flex. Toda operação deve ser monitorada e reportada ao SIT, que, uma vez que tenha concluído a etapa-piloto, deverá patentear a transferir o conteúdo tecnológico para uso de montadoras e concessionárias de ônibus parceiras, permitindo, assim, a sua aplicação comercial.



**Quadro 2** – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) inovadoras de transportes

PROJETO 2	SISTEMA INTEGRADOR DE TECNOLOGIAS (SIT) INOVADORAS DE TRANSPORTES
Tecnologias	Kits de hibridização de motores híbridos flex; sistema piloto completo tipo cabeça de série de pilha a combustível a etanol
Escopo	Transportes; Cidades
Âmbito de aplicação	Aplicação regional do SIT para o modal rodoviário, com comercialização das tecnologias por montadoras em âmbito nacional e internacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituição do SIT de transportes para criação e instalação de kits de hibridização e piloto cabeça de série de pilha a combustível a etanol</li> <li>• Produção dos kits de hibridização e piloto cabeça de série de pilha a combustível a etanol</li> <li>• Seleção das características da frota e locais de interesse da aplicação-piloto</li> <li>• Capacitação para operação e manutenção das aplicações piloto</li> <li>• Aplicação-piloto dos kits de hibridização em 250 ônibus (<i>refitting</i>) e pilha a combustível a etanol em 50 automóveis</li> <li>• Monitoramento e reporte de resultados dos pilotos para o SIT</li> <li>• Patentamento e transferência das tecnologias para uso por montadoras e concessionárias de ônibus parceiras</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganhos de eficiência em relação ao motor de combustão interna</li> <li>• Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais</li> <li>• Manutenção de empregos e renda no setor sucroenergético</li> <li>• Alto poder de penetração em grandes centros urbanos, com nichos de mercado</li> <li>• Redução dos gastos com saúde pública</li> <li>• Desenvolvimento de conteúdo local tecnológica, incluindo veículos elétricos flex a pilha a combustível</li> <li>• Demonstração das tecnologias 4.0 em ambiente comercial (TRL 7)</li> <li>• Criação de novas atividades e profissões na indústria automotiva e concessionárias de ônibus</li> </ul>
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órgãos de governo</li> <li>• Associações representativas dos setores</li> <li>• Agências de fomento nacionais e internacionais</li> <li>• Agências de cooperação nacionais e internacionais</li> <li>• Universidades e centros de pesquisa</li> <li>• Associações de classe</li> <li>• Institutos de patentes e de aferição de qualidade de componentes</li> <li>• Empresas do setor automobilístico e concessionárias de ônibus</li> <li>• Incubadoras de empresas</li> </ul>
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	134,8 milhões
Modelo de negócios	Parcerias público-privadas, com captação de recursos reembolsáveis para montagem e instalação dos kits de hibridização e piloto tipo cabeça de série de pilha a combustível a etanol. Transferência das tecnologias ao final do projeto para montadoras e concessionárias de ônibus. Demais atividades do projeto com captação de recursos reembolsáveis e de assistência técnica.

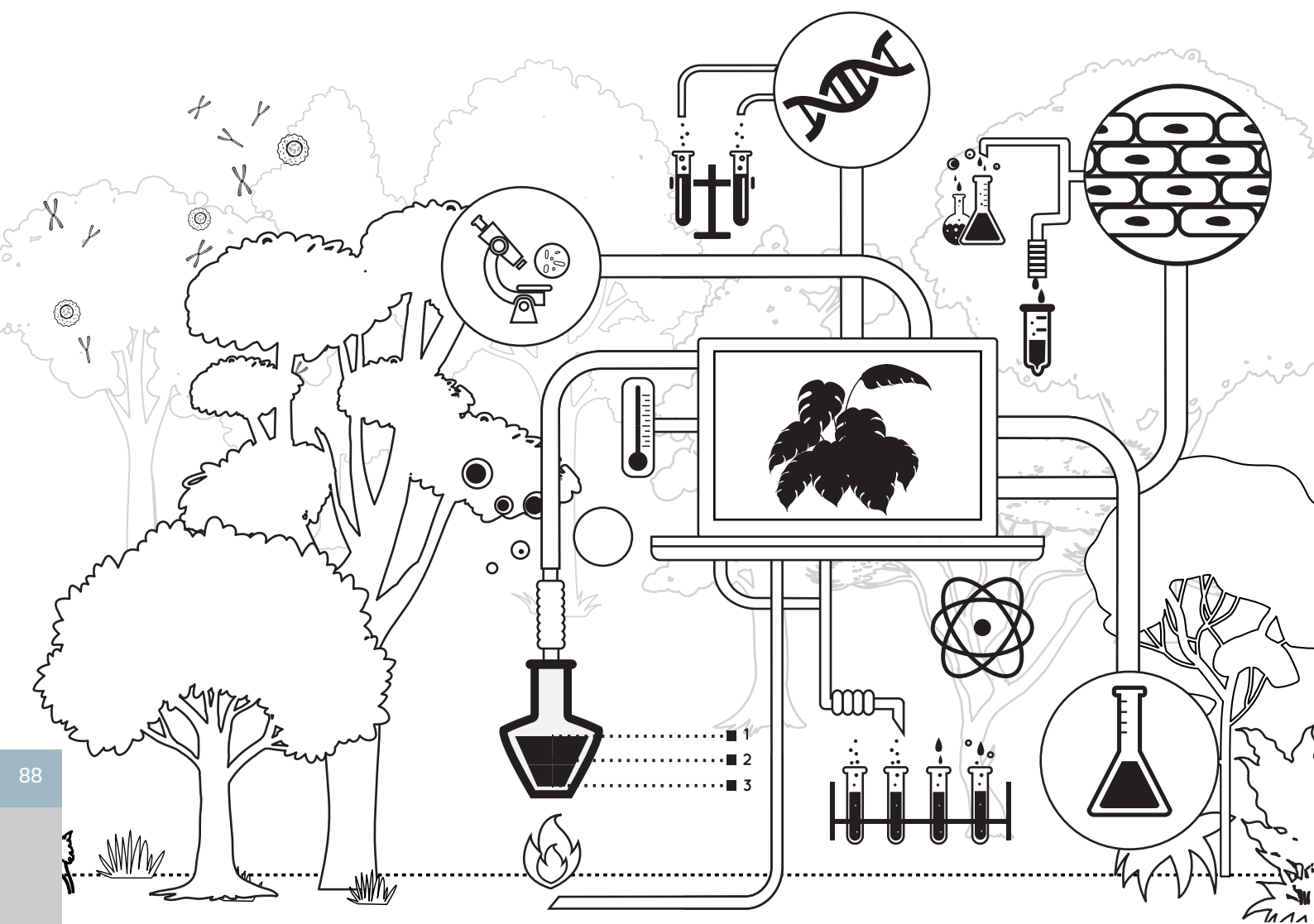
Elaboração do autor.

Relativamente ao melhoramento genético e plantios mistos na cadeia florestal para apoiar a restauração e plantios comerciais, propõe-se o estabelecimento de rede para o desenvolvimento de tecnologias de apoio à restauração e recomposição de biomas. Inicialmente, deve-se criar a rede, que fica responsável por toda estruturação de ações e atividades, para o que parte da captação de recursos visando garantir a sustentabilidade do projeto. Em seguida, devem ser estruturados 40 viveiros de sementes e mudas de exóticas e nativas, equanimemente distribuídos nos biomas da Amazônia, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica. A partir da produção das sementes e mudas, devem ser implantados e monitorados pela Rede Regenera Biomas, em um período de mínimo de 4 anos, cultivos em escala pré-comercial de exóticas e nativas de interesse. Trata-se de implantar 40 unidades piloto demonstrativas de plantios mistos de exóticas e nativas para restauração. Uma vez

atestada a viabilidade técnica e econômica dos cultivos, devem ser patenteadas, assim ficando aptas para comercialização, as mudas e sementes desenvolvidas.

Importante ressaltar que a Rede visa instrumentalizar, por meio de ações de desenvolvimento de tecnologias de apoio à restauração e recomposição de biomas, a Iniciativa Regenera Brasil (BRASIL, 2020j).

Todas as etapas citadas demandam investimento, havendo retorno econômico somente em longo prazo a partir da comercialização de mudas, viveiros e da madeira oriundo dos cultivos. Em face do potencial de restauração ambiental, contudo, a partir da implantação comercial das espécies, pode-se submeter projetos para pagamento por serviços ambientais, que é fonte de alavancagem de recursos para disseminação em larga escala das espécies florestais exóticas e nativas.



**Quadro 3** – Ideia de projeto para desenvolvimento e aplicação de espécies exóticas e nativas

PROJETO 3	REDE DE TECNOLOGIAS DE APOIO À RESTAURAÇÃO E RECOMPOSIÇÃO DE BIOMAS
Tecnologias	Melhoramento genético de espécies arbóreas (testes combinados de procedência/progênes); viveiros de sementes e mudas de exóticas e nativas; cultivos de exóticas e nativas para biomassas; plantios mistos de exóticas e nativas para restauração
Escopo	Florestas
Âmbito de aplicação	Biomassas brasileiras
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação, gestão e MR&amp;V dos viveiros e unidades-piloto demonstrativas da Rede Regenera Biomassas</li> <li>• Alavancagem de recursos em fundos nacionais e internacionais</li> <li>• Estruturação estudos de produção de mudas e sementes em 40 viveiros</li> <li>• Implantação de programas de nutrição mineral de mudas nos viveiros e árvores no campo</li> <li>• Implementação em campo (comercial) das espécies exóticas e nativas</li> <li>• Patentamento das espécies exóticas e nativas eficientes do ponto de vista ecológica, econômico e regulatório</li> <li>• Comercialização das espécies exóticas e nativas</li> <li>• Elaboração e submissão de projetos para pagamento por serviços ambientais das unidades demonstrativas</li> <li>• Elaboração de plataforma para disseminação dos resultados do projeto</li> <li>• Condução de planos de extensão e capacitação para cultivo das espécies exóticas e nativas</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recomposição e restauração florestal</li> <li>• Conservação da biodiversidade</li> <li>• Expansão da área plantada de espécies exóticas e nativas</li> <li>• Mitigação de emissões de GEE</li> <li>• Geração de emprego e renda na cadeia florestal</li> <li>• Demonstração comercial das espécies nativas obtidas por meio de melhoramento genético</li> <li>• Atendimento à regulamentação do PRA</li> </ul>
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órgãos de governo</li> <li>• Associações e cooperativas de produtores</li> <li>• Agências de fomento nacionais e internacionais</li> <li>• Agências de cooperação nacionais e internacionais</li> <li>• Universidades e centros de pesquisa</li> <li>• Institutos florestais e órgãos de meio ambiente estaduais</li> <li>• Empresas do setor florestal</li> <li>• Empresas de ATER</li> <li>• Prestadores de serviços em capacitação rural</li> </ul>
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	59,5 milhões
Modelo de negócios	Projeto em parceria com financiadores internacionais e nacionais, por meio das modalidades de recursos não reembolsáveis e assistência. Em face do potencial de pagamento por serviços ambientais, pode-se também adotar o modelo de parceria público-privada

Elaboração do autor.

No caso dos setores energético e de cimento, objetivava-se a elaboração e disponibilização de plataforma para disseminação de tecnologias sustentáveis (Inova Sustentável), como é o caso dos painéis fotovoltaicos flutuantes e cimento inovador com baixo teor de clínquer. O ponto de partida é o *design* e a captação de recursos, que pode ocorrer em mecanismos nacionais e internacionais na modalidade de recursos não reembolsáveis e assistência técnica, para elaboração da plataforma. Em seguida, deve-se validar a estrutura da plataforma com desenvolvedores de tecnologia, visando à identificação da viabilidade técnica e eventuais ajustes de *design*. Em paralelo à elaboração da ferramenta, devem ocorrer ações de capacitação visando ao uso e atualização da base de dados pelo setor público e privado. A partir da disponibilização da plataforma, deve ser elaborado sistema de monitoramento, reporte e verificação (MR&V) da adoção de soluções tecnológicas com base nela. Neste sentido, é importante que a ferramenta seja interativa e aberta,

ou seja, permita que o público-alvo, que envolve fornecedores e usuários das tecnologias, possa alimentar a base de dados com vistas a atualizar os parâmetros técnico-econômicos das tecnologias, bem como reportar casos de sucesso e lições aprendidas com a aplicação delas. Uma vez que a plataforma seja disponibilizada, devem ocorrer atividades de disseminação, em âmbito nacional e internacional, acerca da implementação de tecnologias sustentáveis tendo a ferramenta como subsídio. Neste caso, prevê-se a elaboração de conteúdo digital e a publicação de trabalhos científicos em periódicos nacionais e internacionais, além de outras atividades previstas em plano de comunicação a ser elaborado para disseminação da plataforma. Ao final do projeto, deve-se transferir, por meio de acordo de cooperação técnica, a plataforma para instituição com notório saber na área de tecnologias sustentáveis. Idealmente, um centro de pesquisa em tecnologias de governo, como institutos nacionais de pesquisa e tecnologia.



**Quadro 4** – Ideia de projeto para desenvolvimento de plataforma voltada a impulsionar a aplicação de tecnologias sustentáveis baseadas nos PATs

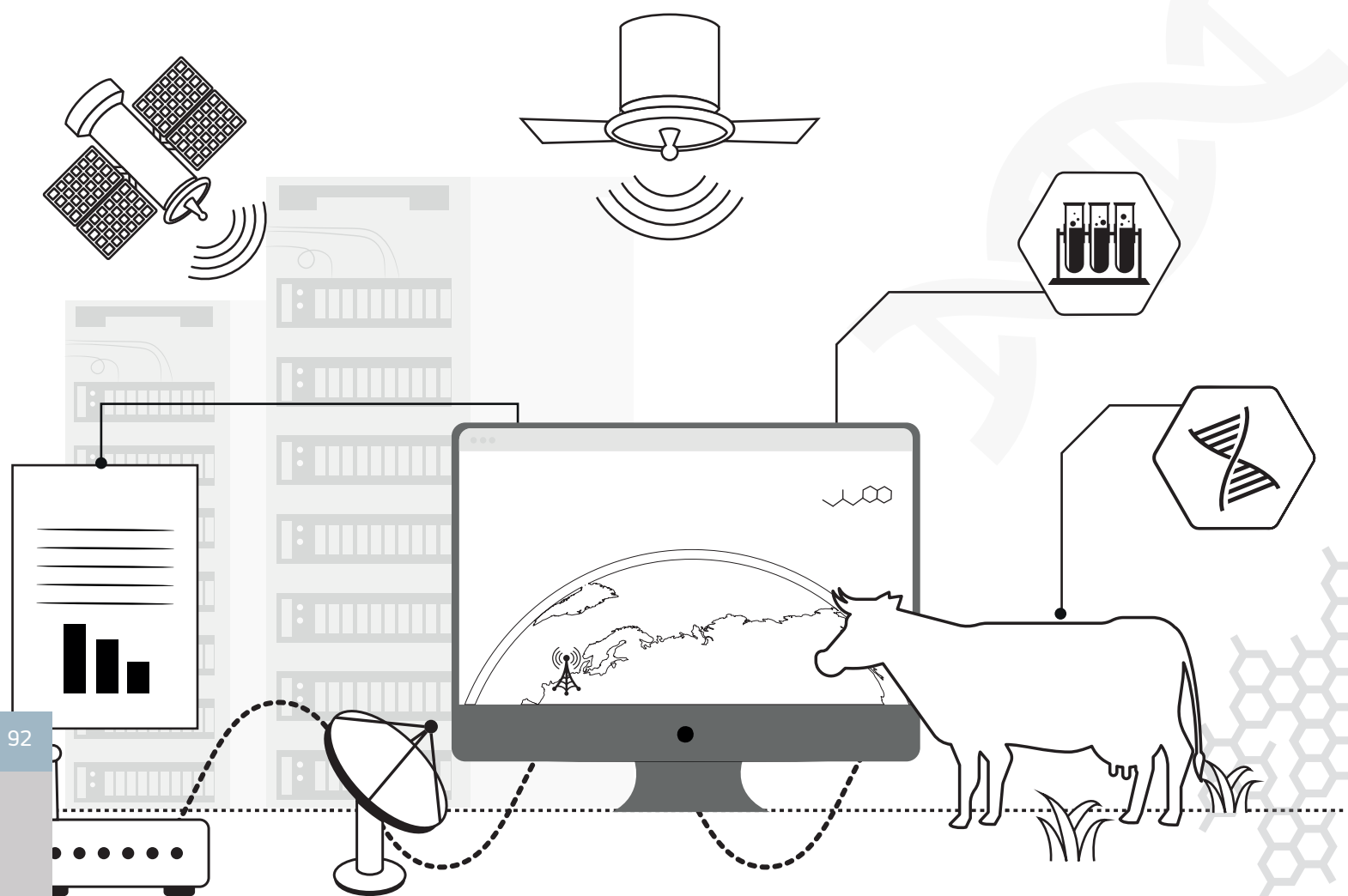
PROJETO 4	PLATAFORMA PARA DISSEMINAÇÃO DE INOVAÇÕES EM TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS (INOVA SUSTENTÁVEL)
Tecnologias	Painéis solares fotovoltaicos; Materiais inovadores para cimento; Armazenamento de energia; Concentradores solares fotovoltaicos; Motores híbridos flex; Motores elétricos a pilha a combustível a etanol; Biodigestores; Fogões solares fotovoltaicos; Medidores inteligentes para distribuição de eletricidade; Sincrofasores; Sistemas de monitoramento por satélite; Sistemas de inteligência territorial; Computação em borda; Computação em névoa; Computação em nuvem; Computação máquina a máquina; Sensores inteligentes; Inteligência artificial; <i>Internet</i> das coisas; Manutenção aditiva e preditiva
Escopo	Indústria; Cidades; Agricultura; Transportes; Energia
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação, gestão e MR&amp;V da Plataforma Inova Sustentável</li> <li>• Captação de recursos para elaboração da plataforma</li> <li>• <i>Design</i>, validação e elaboração da plataforma por desenvolvedor de soluções tecnológicas</li> <li>• Capacitações para uso e atualização da base de dados da plataforma</li> <li>• Atividades de disseminação em boas práticas e lições aprendidas com a implementação de projetos a partir de subsídios da plataforma</li> <li>• Transferência para plataforma para órgão de governo</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganho de competitividade da indústria nacional</li> <li>• Redução no consumo de energia e recursos naturais</li> <li>• Subsídios para elaboração de boas propostas de projeto em tecnologias sustentáveis</li> <li>• Aumento na participação de fontes renováveis na matriz energética nacional</li> <li>• Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais</li> <li>• Redução na disposição de resíduos industriais e agrícolas</li> <li>• Aumento na disponibilidade de água para consumo humano e geração elétrica</li> <li>• Geração de emprego e renda</li> <li>• Conservação da biodiversidade</li> <li>• Desenvolvimento tecnológico nacional</li> <li>• Capacitação de recursos humanos para adoção de tecnologias sustentáveis</li> </ul>
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órgãos de governo</li> <li>• Institutos nacionais de pesquisa e tecnologia</li> <li>• Agências de fomento nacionais e internacionais</li> <li>• Agências de cooperação nacionais e internacionais</li> <li>• Universidades e centros de pesquisa</li> <li>• Empresas</li> <li>• Prestadores de serviços em soluções tecnológicas sustentáveis</li> </ul>
Horizonte de implementação	3 anos (2022 a 2024)
Custo (R\$)	2,2 milhões
Modelo de negócios	Acordo de cooperação técnica com instituição responsável pela gestão da plataforma, com captação de recursos não reembolsáveis e de assistência técnica para execução do projeto

Elaboração do autor.

No âmbito dos PATs de melhoramento genético animal na pecuária bovina de corte e monitoramento por satélite, a ideia de projeto consiste em consolidar as plataformas dos planos com intuito de disponibilizar um conjunto de soluções para o processo de tomada de decisão no setor de agricultura, florestas e outros usos da terra. Inicialmente, deve-se desenhar a estrutura da plataforma, identificar parceiros e alavancar recursos em fontes de financiamento nacionais e internacionais para sua posterior elaboração. Interessante notar que a ferramenta pode ser disponibilizada amplamente, com restrições de acesso a módulos, ou no formato completo, mediante o pagamento de licença de uso. Esse aspecto permite a obtenção de financiamento para o projeto também pela modalidade reembolsável.

Como a plataforma depende da conclusão de atividades previstas nos PATs de monitoramento por satélite e MGA, o início das atividades deve ocorrer a partir de

2025. Neste caso, podem ser compartilhadas atividades de capacitação acerca dos sistemas de inteligência territorial, monitoramento e MGA, economia de escopo, a qual foi considerada na estimativa de custos do projeto. Em seguida, deve-se elaborar a plataforma consolidada, sendo prevista a transferência dela para instituição de pesquisa governamental previamente identificada, aspecto que trará sustentabilidade à ferramenta, na medida em que permitirá a manutenção e atualização dos módulos. Diante disso, deve-se disseminar, em níveis nacional e internacional, casos de sucesso e lições aprendidas com uso da ferramenta de gestão agropecuária e florestal. Cumpre enfatizar que, perante os potenciais benefícios em termos de serviços ecossistêmicos da aplicação da ferramenta, deve-se considerar a elaboração de projetos para pagamento de serviços ambientais, o que trará sustentabilidade financeira ao gestor responsável pela manutenção e aprimoramento da plataforma.



**Quadro 5** – Ideia de projeto para formação de capacidades visando à competitividade em MGA, ao monitoramento por satélites e à inteligência territorial

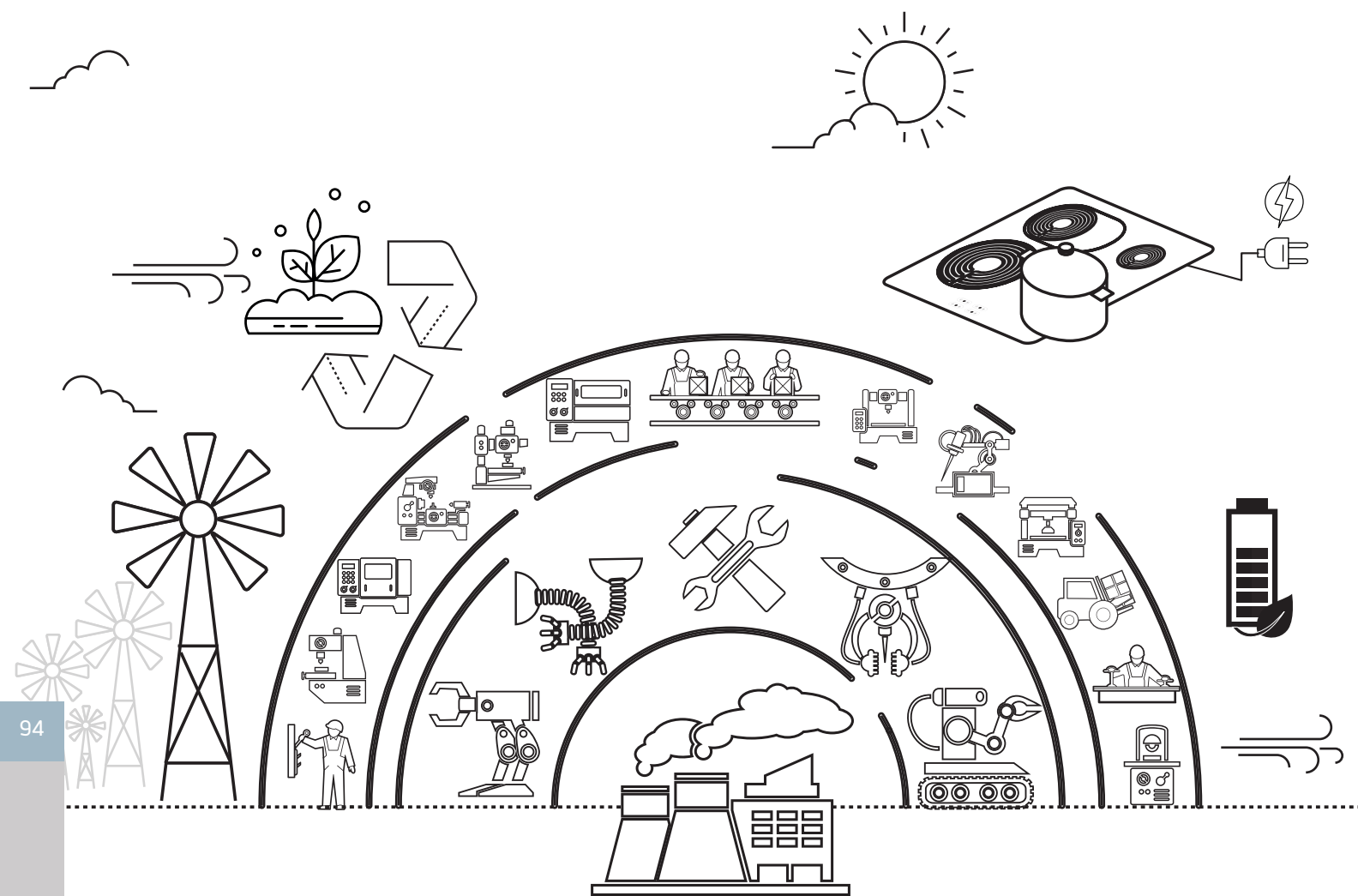
PROJETO 5	PLATAFORMA PARA CAPACITAÇÃO E COMPETITIVIDADE EM MGA, MONITORAMENTO POR SATÉLITE E INTELIGÊNCIA TERRITORIAL
Tecnologias	Plataforma de dados econômicos, zootécnicos, genealógicos e genótipos da pecuária bovina de corte; Classificação automática supervisionada de monitoramento de uso e cobertura da terra por imagens de satélite; Sistema de monitoramento por satélite de alta resolução; Sistema de inteligência territorial
Escopo	Agricultura, florestas e outros usos da terra
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação, gestão e MR&amp;V da plataforma de MGA, monitoramento por satélite e inteligência territorial</li> <li>• Captação de recursos e identificação de parceiros para disponibilização da plataforma</li> <li>• Capacitações para uso e atualização da base de dados da plataforma</li> <li>• Consolidação dos módulos e transferência da plataforma para parceiro previamente identificado</li> <li>• Atividades de disseminação em boas práticas e lições aprendidas com o uso da plataforma</li> <li>• Elaboração e submissão de projetos para pagamento por serviços ambientais</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento na rentabilidade da pecuária e agricultura</li> <li>• Maior apropriação do material genético nacional</li> <li>• Mitigação de emissões de GEE</li> <li>• Aumento na resiliência do rebanho à mudança do clima</li> <li>• Disponibilização em toda extensão e alcance da plataforma integrada</li> <li>• Contribuir para a implementação do PRA e agricultura de precisão</li> <li>• Difusão de sistema de inteligência territorial</li> <li>• Aumento da competitividade do agronegócio</li> <li>• Aumento na qualidade dos dados espaciais</li> <li>• Manutenção e restauração de ecossistemas</li> <li>• Conservação da biodiversidade</li> <li>• Desenvolvimento tecnológico nacional</li> <li>• Capacitação de recursos humanos para adoção de tecnologias sustentáveis</li> </ul>
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órgãos de governo</li> <li>• Órgãos de extensão rural e cooperativas de produtores</li> <li>• Empresas de consultoria em gestão agropecuária</li> <li>• Instituições de pesquisa de governo</li> <li>• Associações de classe</li> <li>• Agências de fomento nacionais e internacionais</li> <li>• Agências de cooperação nacionais e internacionais</li> <li>• Universidades e centros de pesquisa</li> <li>• Empresas</li> <li>• Órgãos subnacionais de meio ambiente e agricultura</li> <li>• Prestadores de serviços em soluções tecnológicas</li> </ul>
Horizonte de implementação	4 anos (2025 a 2028)
Custo (R\$)	6,6 milhões
Modelo de negócios	Acordo de cooperação técnica com instituição responsável pela gestão da plataforma, com captação de recursos não reembolsáveis, reembolsáveis e de assistência técnica para execução do projeto

Elaboração do autor.



Por fim, relativamente ao aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais e de fogões solares fotovoltaicos por indução, propõe-se a constituição de um Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) de geração elétrica renovável no Semiárido nordestino, tendo em vista o potencial energético desta região a partir de biomassa, solar e eólica. Para tanto, inicialmente, deve-se constituir uma parceria público-privada para criação de empresas incubadas visando ao desenvolvimento das tecnologias renováveis, sendo importante para este propósito a parceria com governos e centros de pesquisa locais. A partir disso, deve ocorrer a produtização das soluções tecnológicas, que devem focar a geração solar fotovoltaica com armazenamento de energia, mini *grid* eólica e aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais por processo de codigestão. Visando capacitar usuários das soluções desenvolvidas

no SIT, devem ocorrer ações de capacitação e treinamento, atividade que pode ser compartilhada com as ações previstas nos PATs de aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais e fogões solares fotovoltaicos com indução. Em seguida, prevê-se a implementação de 100 unidades demonstrativas das tecnologias: 45 unidades de geração solar com armazenamento de energia; 45 unidades de geração minieólica; e dez unidades de geração elétrica a partir de resíduos agrícolas em sistema iLPF. Concomitantemente às aplicações-piloto, devem ocorrer o monitoramento e a assistência técnica pelas empresas incubadas no SIT, o que trará sustentabilidade e replicabilidade às iniciativas. Finalmente, deve-se, ao final do projeto, disseminar as lições aprendidas e boas práticas decorrentes das unidades demonstrativas, o que permitirá a replicação das soluções tecnológicas para as demais regiões brasileiras.



**Quadro 6** – Ideia de projeto para constituição do Sistema Integrador de Tecnologias (SIT) renováveis de geração elétrica

PROJETO 6	SISTEMA INTEGRADOR DE TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO
Tecnologias	Armazenamento de energia; painéis fotovoltaicos; componentes auxiliares de sistemas fotovoltaicos; fogões solares; minigeradores eólicos; biodigestores; processo de codigestão anaeróbia
Escopo	Cidades; Edificações residenciais, comerciais, públicas e de serviços; Agricultura
Âmbito de aplicação	Nacional
Principais atividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituição do SIT de tecnologias renováveis de geração elétrica</li> <li>• Elaboração de parcerias com governos e centros de pesquisa locais</li> <li>• Produção das soluções tecnológicas em geração solar fotovoltaica com armazenamento de energia, mini <i>grid</i> eólica e aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindustriais por processo de codigestão</li> <li>• Identificação de locais de interesse para implementação das tecnologias</li> <li>• Capacitação de usuários para operação das tecnologias</li> <li>• Aplicação-piloto de 100 unidades demonstrativas das tecnologias</li> <li>• Monitoramento e assistência técnica em suporte à aplicação demonstrativa das tecnologias</li> <li>• Disseminação das lições aprendidas e boas práticas para replicação das soluções tecnológicas nas demais regiões do Brasil</li> </ul>
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da participação de fontes renováveis na matriz elétrica nacional</li> <li>• Geração de emprego e renda no Semiárido nordestino</li> <li>• Contribuir para o alcance das metas do Renovabio</li> <li>• Redução nos gastos com saúde pública</li> <li>• Mitigação de emissões de GEE e poluentes locais</li> <li>• Redução na disposição de resíduos agrícolas</li> <li>• Demonstração das tecnologias em ambiente operacional</li> <li>• Autonomia de energia das edificações, com potencial de geração de receitas em face da exportação de excedente de energia para o <i>grid</i></li> <li>• Criação de novas atividades e profissões no Semiárido</li> <li>• Liberação, em geral, de mão de obra feminina, para exercer atividades remuneradas</li> </ul>
Beneficiários	Setores público, privado e sociedade civil
Atores a serem mobilizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órgãos de governo</li> <li>• Governos e centros de pesquisa locais</li> <li>• Associações representativas dos setores</li> <li>• Agências de fomento nacionais e internacionais</li> <li>• Agências de cooperação nacionais e internacionais</li> <li>• Universidades e centros de pesquisa</li> <li>• Associações de classe e de moradores</li> <li>• Cooperativas de produtores rurais</li> <li>• Empresas</li> <li>• Prestadores de serviços</li> </ul>
Horizonte de implementação	9 anos (2022 a 2030)
Custo (R\$)	19,8 milhões
Modelo de negócios	Parcerias público-privadas, com captação de recursos reembolsáveis para implementação das iniciativas-piloto. Transferência das tecnologias ao final do projeto, com pagamento delas pelos usuários. Atividades de capacitação e promoção das tecnologias com captação de recursos reembolsáveis e de assistência técnica

Elaboração do autor.

---

# Considerações **Finais**



---

# Considerações Finais

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e parceiros técnicos, elaborou Planos de Ação Tecnológica (PAT), no âmbito do projeto de “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA\_BRAZIL)”, que estão alavancando o desenvolvimento e a difusão de tecnologias que promoverão o desenvolvimento sustentável no país.

Foram elaborados Planos de Ação para 12 tecnologias priorizadas a partir da aplicação da metodologia multicritério junto a atores-chave que compõem o CTC e CS de especialistas do projeto. A relevância dos Planos reside na possibilidade de tais tecnologias permitirem impulsionar a atividade econômica por meio do desenvolvimento sustentável. A ação torna-se ainda mais importante no atual contexto e para o futuro pós-pandemia, pois as informações são fundamentais para a implementação de projetos que dependem de financiamento nacional ou internacional. Os Planos de Ação foram elaborados com a contribuição de diferentes atores do setor privado, da academia e membros de governo. O envolvimento destes contribuiu fortemente para tornar uma opção de tecnologia não apenas técnica e economicamente viável, mas também e, fundamentalmente, socialmente aceitável.

Os PATs focam a remoção de entraves que inibem o desenvolvimento e a difusão dos pacotes tecnológicos priorizados no Brasil, possuindo cronogramas de imple-

mentação que variam de quatro a oito anos, iniciando em 2021 e com conclusão, com cobenefícios alcançados, até o final de 2030. O custo total para adoção dos Planos foi estimado em R\$ 328 milhões.

Transversalmente aos Planos, faz-se necessário aprimorar a cooperação e aumentar o apoio nacional e internacional, com maior participação do setor privado, para garantir o acesso a recursos financeiros para o desenvolvimento e implantação das tecnologias priorizadas. Além disso, para garantir sustentabilidade às ações, é necessário disseminar os resultados dos Planos, assim como gerar capacidades para implementar e monitorar os resultados, particularmente das iniciativas-piloto. Nesse sentido, o projeto TNA\_BRAZIL desenvolveu atividades de capacitação e de disseminação de resultados e da ferramenta elaborada em apoio à adoção dos Planos. Este é o caso dos ciclos de webinários “Como tecnologias de baixo carbono podem contribuir para o desenvolvimento sustentável”; webinários regionais para “Apoio à adoção dos Planos de Ação Tecnológica”; webinário de “Subsídios para financiamento das tecnologias priorizadas do projeto TNA\_BRAZIL”, e “Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias priorizadas no Projeto TNA\_BRAZIL”. Com isso, entende-se que os objetivos do projeto serão sobrepujados, garantindo ao Brasil resultados efetivos em termos de sustentabilidade econômica, social e ambiental, subsidiando, assim, a estratégia de implementação e contribuindo para o alcance das metas da NDC brasileira.

---

# Referências **Bibliográficas**



# Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Agenda Estratégica 2014-2030 – Agricultura de Precisão**. Brasília: Mapa/ACS, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/agenda-estrategica-do-setor-de-agricultura-de-precisao.pdf/@download/file/agenda-estrategica-do-setor-de-agricultura-de.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Contribuições aos Planos de Ação Tecnológica para o desenvolvimento e difusão das tecnologias prioritizadas nos setores da agricultura, florestas e outros usos da terra**. Brasília: MCTIC, 2020a. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1toR3W5JqKh0IK4WPGxvecrMblqBCExKQ/view?usp=sharing>. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Contribuições aos Planos de Ação Tecnológica para o desenvolvimento e difusão das tecnologias prioritizadas nos setores do sistema energético**. Brasília: MCTIC, 2020b. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1JYbdx2\\_K5tN1zx22GXn4AbEEqaTkD-FmK/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1JYbdx2_K5tN1zx22GXn4AbEEqaTkD-FmK/view?usp=sharing). Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Canal do MCTI no Youtube: Playlist Tecnologias de Baixo Carbono. Ciclo de webinários Contribuição das tecnologias de baixo carbono para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: MCTIC, 2020c. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=Q0k-bQRJp\\_E&list=PLa8HqSGatmeQOU1Yh7bmgkWnWM6f5Nn1g](https://www.youtube.com/watch?v=Q0k-bQRJp_E&list=PLa8HqSGatmeQOU1Yh7bmgkWnWM6f5Nn1g). Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Plano tecnológico propõe uso de etanol em veículos elétricos e híbridos para descarbonizar transporte**. Brasília: MCTIC, 2020d. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/11/plano-tecnologico-propoe-uso-de-etanol>

-em-veiculos-eletricos-e-hibridos-para-descarbonizar-transporte. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Criação de Redes de tecnologia busca democratizar acesso à agricultura de precisão e fomentar indústria 4.0**. Brasília: MCTIC, 2020e. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/11/criacao-de-redes-de-tecnologia-busca-democratizar-acesso-a-agricultura-de-precisao-e-fomentar-industria-4.0>. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Planos tecnológicos propõem ações de melhoramento genético e plantios mistos na cadeia florestal**. Brasília: MCTIC, 2020f. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/11/planos-tecnologicos-propoeem-acoes-de-melhoramento-genetico-e-plantios-mistos-na-cadeia-florestal#:~:text=Planos%20tecnol%C3%B3gicos%20prop%C3%B5em%20a%C3%A7%C3%B5es%20de%20melhoramento%20gen%C3%A9tico%20e%20plantios%20mistos%20na%20cadeia%20florestal,-Iniciativa%20desenvolvida%20pelo&text=De%20acordo%20com%20o%20coordenador,mistos%20de%20nativas%20e%20ex%C3%B3ticas>. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Produção sustentável de cimento e geração de energia solar fotovoltaica são temas de webinário**. Brasília: MCTIC, 2020g. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/12/producao-sustentavel-de-cimento-e-geracao-de-energia-solar-fotovoltaica-sao-temas-de-webinario#:~:text=temas%20de%20webin%C3%A1rio,-Produ%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1vel%20de%20cimento%20e%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de,fotovoltaica%20s%C3%A3o%20temas%20de%20webin%C3%A1rio&text=%E2%80%9CO%20desenvolvimento%20das%20a%C3%A7%C3%B5es%20tecnol%C3%B3gicas,de%20pain%C3%A9is%20fotovoltaicos%E2%80%9D%2C%20analisa>. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Melhoramento genético animal e ampliação de monitoramento por satélite para uso da terra são debatidos pelo MCTI.** Brasília: MCTIC, 2020h. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/12/melhoramento-genetico-animal-e-ampliao-de-monitoramento-por-satelite-para-uso-da-terra-sao-debatidos-pelo-mcti#:~:text=debatidos%20pelo%20MCTI,Melhoramento%20gen%C3%A9tico%20animal%20e%20amplia%C3%A7%C3%A3o%20de%20monitoramento%20por%20sat%C3%A9lite%20para,terra%20s%C3%A3o%20debatidos%20pelo%20MCTI&text=Segundo%20o%20coordenador%20t%C3%A9cnico%20dos,animal%20e%20monitoramento%20por%20sat%C3%A9lite>. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **MCTI: aproveitamento energético de resíduos agrícolas e agroindústria e fogões solares encerram ciclo de webinários.** Brasília: MCTIC, 2020i. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/12/mcti-aproveitamento-energetico-de-residuos-agricolas-e-agroindustria-e-fogoes-solares-enceram-ciclo-de-webinarios>. Acesso em: 26 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria MCTI nº 3.206, de 25 de agosto de 2020. Institui, no âmbito da Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, a Iniciativa Regenera Brasil e o respectivo Comitê Gestor. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2020j. Disponível em: [http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria\\_MCTI\\_n\\_3206\\_de\\_25082020.html](http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_3206_de_25082020.html). Acesso em: 17 set. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Guia eletrônico das opções de financiamento para as tecnologias prioritizadas no projeto TNA\_BRAZIL.** Brasília: MCTIC, 2021. Disponível em: [http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna\\_brazil/tna\\_brazil.html](http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/tna_brazil/tna_brazil.html). Acesso em: 26 jan. 2021.

