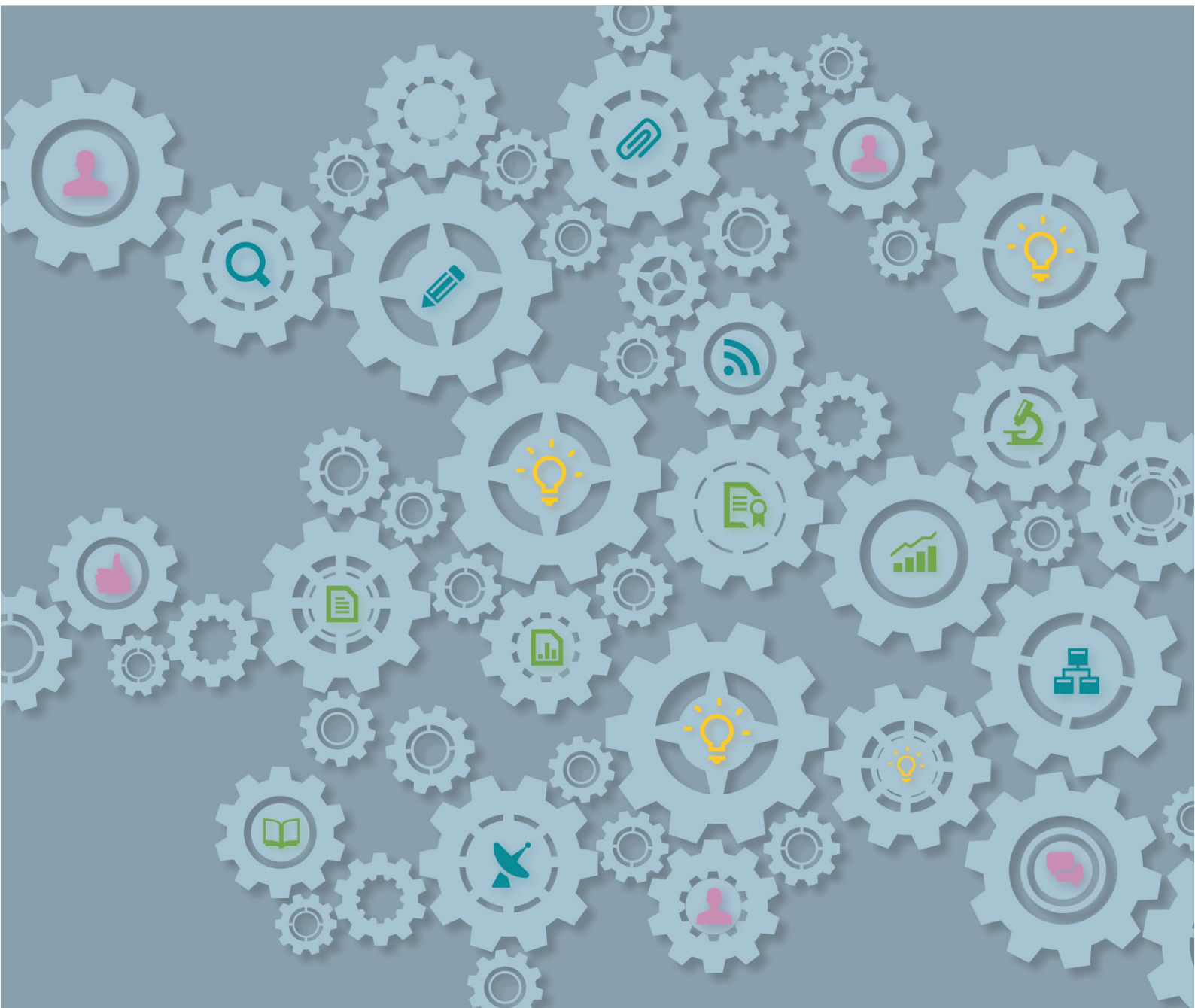


Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia: Gestão Estratégica Integrada de P&D e TT



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroenergia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 24

Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia: Gestão Estratégica Integrada de P&D e TT

Guy de Capdeville
Alexandre Alonso Alves
Bruno dos Santos Alves Figueiredo Brasil

Embrapa Agroenergia

Parque Estação Biológica (PqEB), s/nº.
Ed. Embrapa Agroenergia.
Caixa Postal 40315.
CEP 70770-901, Brasília, DF.
Fone: + 55 (61) 3448-1581
Fax: + 55(61)3448-1589
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Alexandre Alonso Alves*
Secretária-executiva: *Marcia Mitiko Onoyama Esquiagola*
Membros: *André Pereira Leão, Bruno Galvéas Laviola, Emerson Leo Schultz, Luciane Chedid Melo Borges, Maria Iara Pereira Machado Rosana Falcão, Sílvia Belém Gonçalves.*

Colaboração***Comitê Técnico Interno**

Richardson S. Lima (Secretário Executivo), Patrícia V. Abdelnur, Anna L. M. T. Pighinelli, Bruno G. Laviola, Clenilson M. Rodrigues, Hugo B. C. Molinari, João Ricardo Moreira de Almeida, Leonardo F. Valadares, Márcia M. O. Esquiagola, Patrícia P. K. C. Gonçalves, Raquel B. Campanha, Thaís F. C. Salum.

*Escala de maturidade tecnológica (Escala TRL/MRL) aplicada ao desenvolvimento de tecnologias, Vitrine Tecnológica e Critérios para Avaliação estratégica de projetos de PD&I na Embrapa Agroenergia.

Supervisão editorial e revisão de texto: *Luciane Chedid Melo Borges*
Normalização bibliográfica: *Maria Iara Pereira Machado*
Editoração eletrônica: *Maria Goreti Braga dos Santos*
Ilustração da capa: *Vitor Trindade Lôbo*

1ª edição

Publicação digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroenergia

Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia: gestão estratégica integrada de P&D e TT / Guy de Capdeville ... [et al.].
– Brasília, DF : Embrapa Agroenergia, 2017

45 p. : il. – (Documentos ; v. 24).

Disponível em: <http://www.embrapa.br/agroenergia/publicacoes>

1. Pesquisa e Desenvolvimento – estratégia. 2. Embrapa Agroenergia – modelo de negócios. 3. Embrapa Agroenergia – modelo de inovação. I. Capdeville, Guy de. II. Série.

CDD 22. – 658.57

Autores

Guy de Capdeville

Agrônomo, doutor em Fitopatologia, chefe-geral da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

Alexandre Alonso Alves

Agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, chefe-adjunto de Transferência de Tecnologia da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

Bruno dos Santos Alves Figueiredo Brasil

Biólogo, doutor em Ciências Biológicas (Microbiologia), chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

Apresentação

Desde sua origem, a Embrapa Agroenergia vem ampliando e fortalecendo sua carteira de projetos de P&D, assim como vem, também, ajustando sua agenda de prioridades para um contexto bioeconômico, de forma a provermos soluções que possibilitem ao Brasil tornar-se independente tecnologicamente em diferentes frentes, nas quais atualmente somos dependentes de importação. Exemplos dessa dependência são os setores de químicos, insumos agropecuários (defensivos e adubos), bem como os de processos e insumos para produção de bioenergia por meio de biomassa, resíduos e efluentes. A agenda estratégica atual da Unidade tem permitido produzir, a partir dessas fontes de matéria-prima, pesquisas em quatro eixos tecnológicos principais: Biomassas para Fins Industriais, Biotecnologia Industrial, Química de Renováveis e Materiais Renováveis. No contexto dessas quatro frentes de atuação, temos sido capazes de produzir uma série de ativos, tanto tecnológicos como pré-tecnológicos. Entretanto, ao nos depararmos com um considerável número desses ativos, tornou-se necessário criar mecanismos para qualificá-los e transferi-los para os diferentes setores demandantes da sociedade. Dessa forma, criamos um modelo de gestão de P&D integrado com um modelo de gestão da Transferência de Tecnologia, que nos permitiu criar uma vitrine tecnológica qualificada de acordo com o modelo de avaliação de escala de maturidade de tecnologias (TRLs) desenvolvido pela NASA. A adaptação desse modelo às características de atuação de uma unidade como a Embrapa Agroenergia não foi trivial e demandou esforços de um considerável número de profissionais de diferentes áreas cobertas em nosso escopo de atuação. O produto desse trabalho é apresentado nesta publicação, a qual acreditamos servir de orientação para a adaptação desse modelo em outras Unidades da Embrapa ou mesmo em outras instituições brasileiras de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, pois consideramos que esse modelo pode, de fato, contribuir para o aumento da celeridade na transferência tecnológica em um contexto de uma Inovação Aberta.

Boa leitura!

Guy de Capdeville

Chefe-Geral da Embrapa Agroenergia

Sumário

Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia: Gestão Estratégica Integrada de P&D e TT	9
Estratégia de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Agroenergia	9
Modelo de Negócios da Embrapa Agroenergia	11
Transferência de Tecnologia na Embrapa Agroenergia	12
Formatos de negócios tecnológicos empregados pela Embrapa Agroenergia	14
O Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia	15
Operacionalização do Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia	24
Conclusões e Perspectivas	44

Modelo de Inovação e Negócios da Embrapa Agroenergia: Gestão Estratégica Integrada de P&D e TT

Guy de Capdeville
Alexandre Alonso Alves
Bruno dos Santos Alves Figueiredo Brasil

Estratégia de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Agroenergia

A visão da Embrapa Agroenergia para o horizonte 2016-2022 é “Ser referência nacional e internacional na geração de inovações tecnológicas que permitam converter matérias-primas renováveis diversificadas, por processos bioquímicos, químicos e termoquímicos, em alternativas sustentáveis de bioprodutos e bioenergia dentro do contexto da Biotecnologia Industrial e da Química Verde”. Depreende-se dela que, embora seja empresa de Pesquisa, deve-se buscar além. Ou seja, deve-se buscar inovação. Diferentemente da pesquisa propriamente dita, a inovação caracteriza-se pela efetiva introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social, que resulte em novos produtos, processos ou serviços. Para haver inovação, portanto, é necessária a entrega de valor à sociedade.

Posto isso, faz-se necessário gerir o processo de inovação por meio de um processo estruturado e sistêmico de prospecção, formulação estratégica, fomento à cultura da inovação e mobilização de recursos, estruturas, métodos, pessoas e conhecimentos. Nesse sentido, na Embrapa Agroenergia, as ações de PD&I foram organizadas em eixos de ação e linhas de atuação por meio de um mapa estratégico da atuação da UD para o período 2016-2022 (Figura 1).



Mapa Estratégico

Áreas de competências: Agroenergia, Química e Tecnologia de Biomassa

Eixos temáticos

	Biomassas para fins industriais	Biotecnologia industrial	Química de renováveis	Biomateriais
Plataforma Industrial de Açúcares C5/C6				
Plataforma Industrial de Óleos				
Plataforma Industrial de Lignina				
Plataforma Industrial de Algas				
Plataforma Industrial de Biogás				
Plataforma Industrial de Bio-óleo/Syngas				

Linhas de atuação

Figura 1. Mapa estratégico da atuação da Embrapa Agroenergia para o período 2016-2022.

Quatro são os Eixos de Ação da unidade com base no mapa estratégico delineado (Figura 1):

(i) Biomassas para fins industriais: A escolha mais apropriada de culturas como matéria-prima para a produção de produtos para mercados tradicionais (alimentos, nutrição e fibras) e emergentes (energia, biomaterias, química verde) depende de aspectos técnicos e econômicos, uma vez que os custos com a produção das matérias-primas perfazem grande parte do custo dos próprios produtos. Para tanto, a Embrapa Agroenergia visa melhorar biomassas vegetais e algais para fins industriais por meio de melhoramento genético e biotecnologia.

(ii) Biotecnologia Industrial: Consiste na utilização de microrganismos e/ou enzimas em processos bioquímicos industriais. Tais processos visam minimizar a geração de resíduos, agregar valor aos produtos e favorecer a sustentabilidade ambiental das cadeias produtivas. O espectro de atuação da biotecnologia industrial é amplo, indo desde a utilização de leveduras em processo fermentativo para produção de biocombustíveis até a adição de enzimas na composição de uma ração animal para aumentar sua digestibilidade. Por isso, na Embrapa Agroenergia, a biotecnologia industrial é tratada no escopo da geração de insumos e processos industriais para produção de etanol, biogás, ácidos orgânicos, compostos bioativos, enzimas, dentre outros.

(iii) Química de Renováveis: Consiste na utilização da biomassa (amilácea, lignocelulósica, oleaginosa e sacarídea) como matéria-prima para a geração de produtos químicos renováveis por meio de processos químicos, termoquímicos e físico-químicos. A Embrapa Agroenergia atua no desenvolvimento de pesquisas para produção de biodiesel, blocos construtores químicos, pigmentos, agentes de controle de pragas e patógenos, dentre outros.

(iv) Materiais Renováveis: Consiste naqueles materiais fabricados a partir de matéria orgânica de origem vegetal, animal ou microbiana. A grande disponibilidade de matérias-primas de origem vegetal no Brasil oferece ao País promissoras oportunidades para o desenvolvimento e produção de materiais renováveis inovadores. A Embrapa Agroenergia atua no desenvolvimento de pesquisas para produção de nanofibras de celuloses, borracha natural reforçada e biopolímeros.

Esses quatro Eixos de Ação cruzam-se às Linhas de Atuação da Unidade, que correspondem às seis plataformas sobre as quais o parque industrial de biorrefinarias está se consolidando (Referência primária: Jong, Ed, et al. "Bio-based chemicals value added products from biorefineries." IEA Bioenergy, Task42 Biorefinery (JONG et al., 2012). São elas:

(i) Açúcares C5/C6: processamento industrial de açúcares de 5 e 6 carbonos derivados de sacarose, amido ou celulose/hemicelulose. Essa plataforma é voltada para a produção de álcoois, principalmente etanol, aminoácidos, enzimas, ácidos orgânicos, polímeros, dentre outros.

(ii) Óleos Vegetais: processamento industrial de óleos vegetais para produção de biodiesel, surfactantes para sabões, detergentes e produtos para higiene pessoal, glicerina, dentre outros.

(iii) Biogás: processamento de matéria orgânica com alto teor de umidade por meio de biodigestão anaeróbica. Esse processo permite o aproveitamento de resíduos para a geração de energia (metano), químicos (gás de síntese) e fertilizantes.

(iv) Algas: plataforma industrial emergente baseada no cultivo e aproveitamento da biomassa algal para produção de suplementos alimentares, pigmentos, óleos especiais, gelificantes, dentre outros.

(v) Lignina: plataforma industrial emergente que visa agregar valor à lignina derivada da indústria de papel e celulose e de biorrefinarias de lignocelulose. Baseia-se na conversão da lignina em compostos com aplicações para produção de antioxidantes, precursores para síntese de polímeros, adesivos, compósitos, agentes preservantes, dentre outros.

Abaixo são descritos os nove componentes básicos do modelo de negócios tecnológicos da Embrapa Agroenergia:

- 1) Segmentos de Clientes: Indústrias químicas e biotecnológicas; start-ups, empresas de base tecnológica e produtores rurais.
- 2) Proposta de Valor: Inovações tecnológicas para converter matérias-primas renováveis em alternativas de bioprodutos e bioenergia. Assim, desenvolvemos métodos/processos para obtenção de biomassas com características industriais, insumos para aplicações biotecnológicas, e métodos/processos para obtenção de materiais renováveis e químicos de valor agregado. O diferencial das tecnologias geradas é seu desempenho e sua sustentabilidade.
- 3) Canais: Programa *Innovation Bridge*, Unidade Embrapii – Bioquímica de Renováveis, Website, Vitrine Tecnológica, Modelos de cooperação técnico-científica, Instrumentos de licenciamento e fornecimento de tecnologia.
- 4) Relacionamento com Clientes: Cocriação, codesenvolvimento e negócios tecnológicos.
- 5) Fontes de Receita: Captação CT&I, Licenciamento e taxa tecnológica.
- 6) Recursos Principais: Físicos (Infraestrutura laboratorial e área de planta piloto); Intelectual (Marca Embrapa, Vitrine Tecnológica, Banco de patentes, Know-how tecnológico); Humano (Equipe multidisciplinar de P&D; equipe de TT e ADM).
- 7) Atividades-chave: Ciência, Tecnologia e Inovação.
- 8) Parcerias principais: Alianças estratégicas visando redução de riscos e incertezas (Governos, Embrapii, CGEE, ABBI, CNI, ICTs); Alianças estratégicas visando aquisição de recursos (BNDES, FINEP, Embrapii, SEG, CNPq e FAPs).
- 9) Estrutura de custo: custos fixos, infraestrutura, pessoal (pós-doutores e suporte), projetos de PD&I e TT.

Transferência de Tecnologia na Embrapa Agroenergia

Ao se analisar a carteira de P&D da unidade, verifica-se com muita clareza que a maior parte daquilo que é desenvolvido e produzido nos laboratórios da Embrapa Agroenergia pode ser classificado como ativos de inovação (mais detalhes na seção sobre a vitrine de tecnologias da Embrapa Agroenergia). Ou seja, são conhecimentos, produtos, processos, tecnologias, serviços e componentes pré-tecnológicos e tecnológicos. Por definição, ativos de inovação necessitam de algum tipo de avaliação de desempenho em sistemas reais de produção/processamento, de transformação, adaptação/escala e/ou de estudos de viabilidade técnica e econômica para chegar à sua forma final de uso e consumo. Em função disso, a transferência de tecnologia na Embrapa Agroenergia está ancorada em um robusto modelo de negócios tecnológicos, inserido no contexto da Inovação Aberta. Isso porque a Embrapa *per se* não desenvolverá e comercializará produtos, processos ou serviços. A Embrapa Agroenergia é, por assim dizer, uma geradora de soluções tecnológicas para produção de novos produtos, processos ou serviços. Assim, um parceiro (comercial ou não) é necessário para que soluções tecnológicas geradas nos laboratórios da Embrapa Agroenergia atinjam o setor produtivo/agroindustrial, agregando valor e gerando inovação.

De modo a promover mecanismos que propiciem a adoção pela sociedade das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Agroenergia, foi delineado o macroprocesso de Transferência de Tecnologia da Unidade. No âmbito desse macroprocesso foram mapeadas as formas pelas quais a Unidade se relaciona com seus clientes de modo a levar sua proposta de valor, conforme indicado na Figura 3.

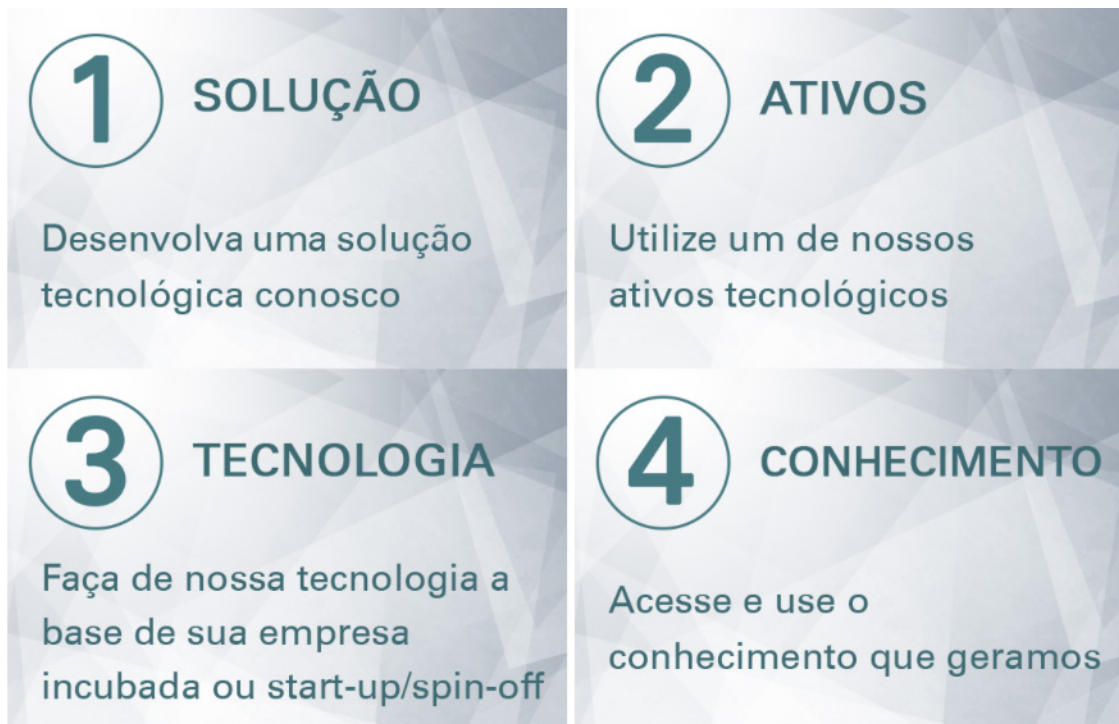


Figura 3. Formas pelas quais parceiros e clientes da Embrapa Agroenergia têm acesso a soluções tecnológicas geradas na unidade.

Verifica-se pela Figura 3 acima que, no atual momento da unidade, existem quatro (4) grandes mecanismos pelos quais clientes e parceiros podem ter acesso às soluções tecnológicas geradas pela Embrapa Agroenergia. Abaixo esses mecanismos estão descritos de maneira pormenorizada:

- 1) **Cocriação e codesenvolvimento de soluções tecnológicas em parceria com o setor produtivo:** ao se tratar de cocriação, a Embrapa Agroenergia identifica, junto de clientes e parceiros, problemas do setor produtivo que podem ser solucionados por meio de desenvolvimento tecnológico. Uma solução tecnológica é então concebida de modo a resolver o problema previamente identificado, e as etapas de pesquisa, desenvolvimento e validação são coexecutadas pela Embrapa Agroenergia e seu cliente, neste caso também parceiro. Neste mecanismo é possível se negociar a titularidade dos inventos decorrentes da parceria, bem como a repartição de benefícios econômicos financeiros auferidos pela comercialização da tecnologia, ou produto, processo ou serviço dela derivada. Já a situação de codesenvolvimento tem por pressuposto o fato de a Embrapa Agroenergia ter iniciado o desenvolvimento tecnológico de um ativo de inovação concebido de modo a resolver problemas/gargalos de um ou mais mercados-alvo previamente identificados. A parceria com outras ICTs, ou com empresas do ramo produtivo, pode ocorrer nas etapas de desenvolvimento e validação do ativo/produto. Neste exemplo, essas etapas são coexecutadas pela Embrapa Agroenergia e seu cliente, neste caso também seu parceiro. Neste mecanismo é possível se negociar a repartição de benefícios econômicos financeiros auferidos pela comercialização da tecnologia, ou produto, processo ou serviço dela derivada, haja vista que a concepção da mesma foi realizada pela equipe da Embrapa Agroenergia.
- 2) **Utilização de ativos desenvolvidos pela Embrapa Agroenergia:** neste mecanismo não há o estabelecimento de uma relação de parceria, haja vista o fato de que, neste exemplo, a transferência da tecnologia/ativo de inovação se dá por meio de negócios tecnológicos. Assim, neste mecanismo, é possível negociar e transferir ativos em estágios intermediários de desenvolvimento para clientes por meio de instrumentos de licenciamento ou fornecimento de tecnologia. Mais detalhes sobre os formatos de negócios tecnológicos adotados pela Embrapa Agroenergia serão apresentados no tópico seguinte.
- 3) **Desenvolvimento de novos modelos de negócios, por meio de start-ups tendo por base tecnologia da Embrapa Agroenergia:** Essa é uma modalidade para inserção de tecnologia no mercado de inovação, por meio do fomento a novos negócios. Geralmente, envolve três partes: a Embrapa, provedora do ativo tecnológico e mentora de seu desenvolvimento; uma incubadora/aceleradora ou parque tecnológico, responsável pela seleção e capacitação de start-ups ou empreendedores; e a empresa/empreendedor que deverá formular um modelo de negócios escalável tendo por base a tecnologia/ativo da Embrapa. A empresa de base tecnológica constituída realizará posteriormente

a exploração comercial da tecnologia. Aqui também são utilizados os instrumentos de licenciamento, cessão ou fornecimento de tecnologia.

- 4) **Acesso e utilização do conhecimento que geramos:** De forma a desenvolver tecnologias inovadoras, a equipe de pesquisa da Embrapa Agroenergia atua na fronteira do conhecimento, gerando novos conhecimentos e métodos. Todo o conhecimento gerado na Embrapa Agroenergia é disponibilizado à comunidade científica, acadêmica, empreendedores e empresas, após análise de privilegiabilidade das informações, por meio site da unidade. Nesta página são disponibilizadas publicações científicas, publicações técnicas, assim como palestras e seminários. Além disso, a unidade promove periodicamente cursos, capacitações e eventos, de forma presencial e também fazendo uso de plataformas virtuais de aprendizado, com o intuito de levar ao conhecimento de nossos clientes o know-how tecnológico aqui gerado. Esse conteúdo também fica disponível no site da unidade.

Formatos de negócios tecnológicos empregados pela Embrapa Agroenergia

Como exposto anteriormente, dada a natureza do modelo de negócios adotado pela Embrapa Agroenergia, a transferência de tecnologia na unidade ancora-se em um robusto modelo de negócios tecnológicos, inserido no contexto da Inovação Aberta. Assim, de modo a viabilizar a via de negócios tecnológicos na unidade, foram mapeados os formatos de negócios que podem ser empregados para transferência de tecnologia e ativos para clientes. Abaixo, estão descritas seis formas pelas quais a Embrapa Agroenergia negocia seus ativos e tecnologias com clientes e parceiros, além de estarem indicados os contextos em que cada formato se aplica.

- 1) **Acordos de Cooperação Técnico-Científica (cocriação e codesenvolvimento):** Processo de transferência de tecnologia efetuado mediante cooperação entre a Embrapa e parceiros públicos e/ou privados visando majoritariamente cocriação e codesenvolvimento de ativos, produtos e/ou processos (incluindo conhecimentos e técnicas - Know-how) amparados ou não por direitos de propriedade industrial. Nesses acordos, questões relacionadas a propriedade intelectual e repartição de benefícios são pactuadas entre os partícipes.
- 2) **Contratos de Licenciamento ou cessão de direitos de exploração de patente ou desenho industrial:** Processo de transferência de ativos, produtos e/ou processos (incluindo conhecimentos e técnicas - Know-how) amparados por direitos de propriedade industrial depositados ou concedidos no Brasil. Efetuado mediante instrumentos jurídicos que visam autorizar a exploração por terceiros do objeto de patente, regularmente depositada ou concedida no País e pedido de desenho industrial, identificando direito de propriedade industrial.
- 3) **Contratos de Licenciamento ou cessão de direitos de comercialização de cultivares:** Processo de transferência de cultivares, variedades ou clones, amparados por direitos de propriedade intelectual depositados ou concedidos no Brasil. Efetuado mediante instrumentos jurídicos que visam autorizar a exploração por terceiros do objeto de registro, regularmente depositada ou concedida no País, identificando direito de propriedade industrial.
- 4) **Contratos de Fornecimento de tecnologia:** Transferência de ativos, produtos e/ou processos (incluindo conhecimentos e técnicas - Know-how) não amparados por direitos de propriedade industrial no Brasil. Efetuado mediante instrumentos jurídicos que estipulam as condições para a aquisição desses e remuneração pertinente.
- 5) **Contratos de Incubação de empresas de base tecnológica e geração de spin-offs/start-ups:** Processo de transferência de ativos, produtos e/ou processos (incluindo conhecimentos e técnicas - Know-how) amparados ou não por direitos de propriedade industrial depositados ou concedidos no Brasil. Efetuado em sistema tripartite que inclui a Embrapa (fornecedora da tecnologia), a Incubadora (responsável pela seleção do empreendedor ou Empresa de Base Tecnológica - EBT, bem como pela orientação administrativa e gerencial), e a EBT (empresa que desenvolverá e comercializará o produto e/ou serviço), por meio de instrumentos jurídicos que visam garantir o fornecimento e desenvolvimento da tecnologia, bem como autorizar a exploração pela EBT do objeto de patente, regularmente depositada ou concedida no País, e o pedido de desenho industrial, identificando direito de propriedade industrial.
- 6) **Contratos de Licenciamento ou cessão para uso de Marca:** Contrato que se destina a autorizar o uso efetivo, por terceiros, de marca regularmente depositada ou registrada no País.

De modo a fortalecer a integração de P&D, TT, comunicação e negócios no processo de gestão da produção na Embrapa Agroenergia, procurou-se ainda alinhar os tipos de resultados atualmente vigentes no sistema Ideare, e comumente entregues nos projetos de pesquisa e desenvolvimento, a cada um dos formatos de negócios tecnológicos anteriormente (Tabela 1). Esse sistema dá previsibilidade para a unidade no contexto de formatação de sua agenda de negócios, uma vez que permite aos profissionais da área de negócios mapear as entregas comprometidas pela unidade para os anos seguintes por meio de sistemas corporativos como Ideare e SISGP, bem como programar suas ações sob a forma de uma agenda plurianual com ações relacionadas a difusão, promoção, marketing e negócios tecnológicos.

Tabela 1. Formas de transferência de tecnologia e resultados aos quais se aplicam.

Embrapa Agroenergia		Modelo de Transferência de Tecnologia								
		Difusão técnico-científica	Capacitação técnico-científicas	Cooperação técnico-científica (co-desenvolvimento)	Licenciamento / cessão exploração de patente e desenho industrial	Licenciamento/cessão uso de Marca	Incubação de Empresas Base Tecnológica spin-offs /start-ups	Licenciamento/cessão Registro de Cultivar	Fornecimento de Tecnologia	Serviços Especializados
Método / processo segmento produtivo	Metodologia técnico-científica	✓	✓	✓					✓	✓
	Prática/Processo Agroindustrial (c/ PI)			✓	✓	✓	✓			
	Prática/Processo Agropecuário (c/ PI)			✓	✓	✓	✓			
	Prática/Processo Agroindustrial (s/ PI)	✓	✓	✓			✓		✓	✓
	Prática/Processo Agropecuário (s/ PI)	✓	✓	✓			✓		✓	✓
Tecnologias de uso direto no segmento produtivo	Cultivares/Linhagens			✓				✓	✓	
	Estirpe/Raça/Tipo			✓	✓	✓	✓		✓	
	Insumos agroindustriais			✓	✓	✓	✓		✓	
	Insumos agropecuários			✓	✓	✓	✓		✓	
	Software			✓	✓	✓	✓		✓	
Ativos	Coleções biológicas			✓	✓					
	Produtos pré-tecnológicos			✓	✓					

O Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia

Inovação aberta para gerar valor

Com base no entendimento da Embrapa Agroenergia de que, no contexto atual e também no futuro, poucas empresas detêm ou deterão todas as competências, recursos, estruturas e capacidades para desenvolverem, individualmente, inovações de grande impacto e que sejam incorporadas pelo mercado, o modelo de inovação adotado pela unidade é o de Inovação Aberta. A inovação aberta conceitualmente refere-se a um fluxo aberto, no qual os recursos (know-how, tecnologia, etc.) se movem facilmente na fronteira entre empresa e mercado, em ambas as direções. Especificamente no modelo da Embrapa Agroenergia, prevalece o fluxo *inside-out*. Ou seja, know-how e tecnologias gerados no âmbito da unidade são disponibilizados para parceiros externos ao sistema Embrapa, por meio das estratégias de transferência de tecnologia e negócios tecnológicos já discutidos. É por meio desses parceiros que tecnologia da Embrapa efetivamente atinge mercado e promove inovação.

Com base no exposto neste documento, é possível sumarizar e descrever graficamente o Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia conforme demonstrado na Figura 4. A analogia adotada é a de um funil. Na base do funil (entrada), encontram-se as várias proposições tecnológicas originadas do processo de ideação. Na sua ponta (saída), encontram-se os produtos tecnológicos acabados que atingem o mercado. É reconhecido que atividades de PD&I são sempre acompanhadas de risco, e muitas das tecnologias em estágio inicial de desenvolvimento serão obrigatoriamente descontinuadas no caminho. Assim, o funil se estreita, uma vez que nem todas as ideias e projetos resultam em novos produtos, processos ou serviços. Como exposto anteriormente, dada a natureza de nosso modelo de negócios, focado na geração de ativos de inovação para inserção no mercado de inovações o funil de inovação da Embrapa Agroenergia é “fechado” na sua

ponta (saída). Portanto, para que a tecnologia gerada na Embrapa Agroenergia atinja o mercado, negócios tecnológicos devem ser realizados no transcurso do processo de desenvolvimento dos ativos/tecnologia.

Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia

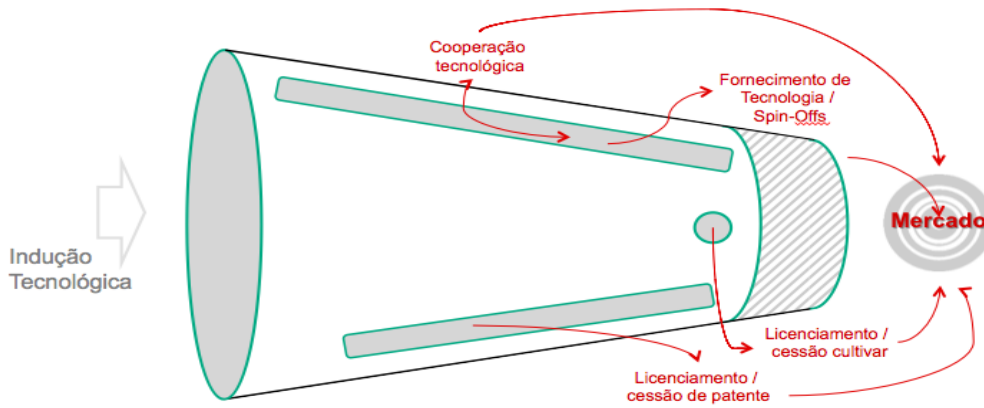


Figura 4. Modelo de inovação aberta adotado pela Embrapa Agroenergia.

Duas forças movem tal modelo: o *technology push* (Indução tecnológica) e *market pull* (Demanda de mercado). O *technology push* ocorre quando a pesquisa, desenvolvimento ou a tecnologia dirige(m) ou determina(m) o lançamento de um novo produto. Já o *market pull* ocorre quando uma demanda de mercado por uma solução dispara o desenvolvimento de um novo produto. Na prática, a *expertise* do corpo de pesquisa de um dado instituto de ciência e tecnologia, aliada à sua cultura de inovação, fornece as bases para novos desenvolvimentos baseados em *technology push*. Já o *Market Pull* depende da demanda dos setores produtivos e/ou de monitoramento sistemático e periódico de tendências de mercados. Na Embrapa Agroenergia, ambas as situações coexistem. Há um grupo altamente qualificado de pesquisadores e analistas que constrói e alimenta mecanismos de prospecção (i.e. Sistema de Inteligência/Observatório) e interação com o setor produtivo (i.e. Unidade Embrapii – Bioquímica de Renováveis).

Escala de maturidade tecnológica

Uma vez que a inovação aberta pressupõe o codesenvolvimento, ou a cocriação de tecnologias, é fundamental a utilização de um conceito objetivo, capaz de descrever os estágios de desenvolvimento de produtos e processos inovadores. Isso permite a uniformização da linguagem e alinhamento das expectativas de parceiros, desenvolvedores e clientes, facilitando a cooperação entre as partes.

Nesse contexto, a escala de níveis de maturidade tecnológica (Escala TRL/MRL) proposta pela Nasa (MANKINS, 1995) ganha destaque por ser amplamente utilizada por institutos de pesquisa, universidades, agências de fomento, órgãos de governo, empresas e indústrias nacionais e internacionais. Essa escala proporciona um mecanismo de acompanhamento do processo de pesquisa, desenvolvimento e demonstração, ao mesmo tempo em que permite a comparação direta entre diferentes tecnologias. Enquanto TRLs (*Technology Readiness Levels*) referem-se aos níveis de maturidade de um produto, MRLs (*Manufacturing Readiness Levels*) são aplicados para indicar os níveis de maturidade de um processo (ESTADOS UNIDOS, 2008). Tanto TRLs, como o MRLs, são subdivididos em uma escala de 1 a 9 (ISO, 2013; MANKINS, 1995) e podem ser definidos resumidamente conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Definições dos níveis de maturidade tecnológica.

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

TRL: Technology Readiness Level; MRL: Manufacturing Readiness Level

Observa-se que a escala TRL/MRL abrange todas as fases de um programa de pesquisa, desenvolvimento e inovação, desde a concepção de modelos teóricos e prova de conceito até a escala final/completa para comercialização no mercado (Figura 5).

**Figura 5.** Níveis de maturidade tecnológica.

Escala TRL/MRL aplicada ao desenvolvimento de tecnologias na Embrapa Agroenergia e ao seu modelo de inovação

Embora a escala TRL/MRL tenha sido utilizada originalmente para tecnologias aeroespaciais, ela tem sido utilizada em diversos outros setores como defesa, energia, óleo e gás, biomedicina (farmacêutica, equipamentos médicos), software e hardware, dentre outros, de acordo com as características e particularidades de cada área (ESTADOS UNIDOS, 2011a; ESTADOS UNIDOS, 2011b; AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 2017; ESTADOS UNIDOS, 2009). No entanto, essa metodologia de medição ainda não havia sido adaptada para definir níveis de maturidade de tecnologias no contexto agrônomo e

agroindustrial. Diante desse cenário, foi elaborada proposta para aplicação desse sistema de medição aos eixos temáticos que norteiam a programação de PD&I da Embrapa Agroenergia.

A Tabela 3 apresenta as descrições gerais para cada nível (1 a 9) da escala TRL/ MRL, as fases (conceitual, laboratorial, piloto ou final), os níveis de fidelidade/configuração do objeto (descrição, componentes isolados, similar ou idêntica) e os ambientes de validação (teórico, simulado, relevante ou operacional). Também foram incluídos exemplos aplicados aos eixos temáticos biomassa para fins industriais, biotecnologia industrial, materiais renováveis e química de renováveis.

Cabe ressaltar que apenas produtos ou processos¹ se enquadram na escala de TRL/MRL, e que isso apenas se dá quando todos os parâmetros/requisitos especificados para cada nível de maturidade são atingidos. Objetivamente isso é aferido por meio da comparação entre os valores dos seguintes parâmetros: Coeficiente Técnico de Referência (CTR) e Coeficiente Técnico Atual (CTA). O CTR corresponde a parâmetro técnico (ou conjunto de parâmetros técnicos), quantitativo (ou seja, que pode ser expresso numericamente), que indica o nível de desempenho (Exemplos: produtividade, rendimento, grau de pureza, etc.) a ser alcançado pelo produto/processo em desenvolvimento para que ele seja competitivo com as tecnologias já disponíveis. O CTR determina, portanto, o alvo a ser superado para que a tecnologia em desenvolvimento possa avançar na escala de maturidade.

O CTR deve ser minerado a partir do estado da arte relacionado à tecnologia em questão (e.g. patentes, artigos científicos, relatórios de desempenho de tecnologias similares já disponíveis no mercado, dentre outros) e/ou deve ser obtido por meio de avaliações técnico-econômicas. É importante ressaltar que o CTR não se altera com o avanço na escala TRL/MRL, permanecendo o mesmo durante todo o desenvolvimento da tecnologia, exceto em caso de surgimento de novas tecnologias concorrentes e/ou alterações no mercado-alvo.

Já o CTA corresponde ao coeficiente obtido experimentalmente para a tecnologia em desenvolvimento seguindo o mesmo sistema de medição/parâmetro técnico que caracteriza o CTR da tecnologia em questão (e.g. produtividade, rendimento, grau de pureza, etc.). Assim, o valor numérico do CTA pode variar (e normalmente varia) a cada nível da escala TRL/MRL, uma vez que novos experimentos são conduzidos nas diferentes condições e configurações exigidas pelos níveis de maturidade tecnológica.

A comparação objetiva entre CTA e CTR é pré-requisito para a definição do avanço na escala de maturidade tecnológica. Ou seja, em TRL/MRL 3, o CTA é sempre inferior ao CTR. Já de TRL/MRL 4 em diante, o CTA deve ser sempre igual ou superior ao CTR nas condições definidas para cada nível de maturidade (Tabela 2). Escapam a essa regra os níveis de maturidade tecnológica 1 e 2, que não apresentam CTA, pois correspondem a estudos teóricos.

¹ De acordo com a tipificação de resultados vigente no Ideare/SISGP, apenas os seguintes tipos de resultados compreendem tecnologias passíveis de enquadramento na escala TRL/MRL: *Cultivar/Linhagem; Estirpe/Raça/Tipo; Insumo Agroindustrial; Insumo Agropecuário; Prática/processo Agroindustrial; Prática/processo Agropecuário; Produto Agroindustrial; Protótipo de máquinas, equipamentos e implementos; Software Corporativo ou Específico.*

Tabela 3. Definições de TRLs/MRLs e exemplos aplicados aos eixos temáticos da programação de PD&I da Embrapa Agroenergia (referência primária: ISO, 2013).

Escala TRL/MRL	Fidelidade/Configuração do objeto	Ambiente	Descrição Geral	Exemplos de produtos/processos aplicados aos eixos temáticos da programação de PD&I da Embrapa Agroenergia							
				Biomassas para fins industriais		Biotecnologia Industrial		Materiais Renováveis		Química de Renováveis	
				Melhoramento Vegetal		Biotecnologia Vegetal					
1	Conceitual	Teórico	Produto ou processo: Princípios básicos observados e reportados	<p>Formulação de hipótese: É possível melhorar geneticamente canola para produção de óleo.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Formulação de hipótese: É possível reduzir a recalcitrância da parede celular de cana-de-açúcar por meio de técnicas de silenciamento gênico.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Formulação de hipótese: É possível produzir ácido succínico a partir de xilose utilizando leveduras geneticamente modificadas.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Formulação de hipótese: É possível produzir ração para animais monogástricos a partir de torta de caroço de algodão destoxicada por meio cultivo de cogumelos.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Formulação de hipótese: É possível produzir nanofibras a partir de celulose.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Formulação de hipótese: É possível produzir blocos químicos construtores a partir da conversão termoquímica de biomassa.</p> <p>Não há CTA definido.</p>		
2	Conceitual	Teórico	<p>Produto: Concepção tecnológica e/ou aplicação formulada</p> <p>Processo: Conceito de manufatura definido</p>	<p>Construção do Projeto/Plano de trabalho detalhado.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Construção do Projeto/Plano de trabalho detalhado.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Construção do Projeto/Plano de trabalho detalhado.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Construção do Projeto/Plano de trabalho detalhado.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Construção do Projeto/Plano de trabalho detalhado.</p> <p>Não há CTA definido.</p>	<p>Construção do Projeto/Plano de trabalho detalhado.</p> <p>Não há CTA definido.</p>		
3	Laboratorial / Pré-melhoramento	Simulado	<p>Produto: Prova de conceitos das funções críticas de forma analítica ou experimental</p> <p>Processo: Processo de manufatura demonstrado (fazer funcionar)</p>	<p>Início da experimentação: Coleta de recursos genéticos, formação e caracterização de Banco Ativo de Germoplasma (BAG) e coleção nuclear.</p>	<p>Início da experimentação: Identificação de sequências gênicas e promotores, síntese e inserção em plantas modelo. Demonstração experimental do fenôtipo (redução da recalcitrância da parede celular) por meio de experimentos conduzidos em câmaras de crescimento.</p> <p>CTA é inferior ao CTR.</p>	<p>Início da experimentação: Identificação de sequências gênicas, síntese e transformação em levedura. Demonstração experimental em escala laboratorial da produção de ácido succínico.</p> <p>CTA é inferior ao CTR</p>	<p>Início da experimentação: Demonstração experimental da degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão comprovada por meio de técnicas de química analítica e testes laboratoriais de toxicidade em microcrustáceos (Artemia salina).</p> <p>CTA é inferior ao CTR</p>	<p>Início da experimentação: Demonstração experimental em escala laboratorial de produção de nanofibras a partir de celulose. Experimentos utilizando matérias-primas modelo (algodão ou outra fonte de celulose pura).</p> <p>CTA é inferior ao CTR</p>	<p>Início da experimentação: Demonstração experimental em escala laboratorial de produção de blocos construtores a partir da micropirólise de biomassa.</p> <p>CTA é inferior ao CTR</p>		

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Escala TRL/ MRL	Escala/Fase Melhoramento	Fidelidade/ Configuração do objeto	Ambiente	Descrição Geral	Exemplos de produtos/processos aplicados aos eixos temáticos de programação de PD&I da Embrapa Agroenergia						
					Biomassas para fins industriais		Biotecnologia Industrial		Materiais Renováveis	Química de Reno- váveis	
					Melhoramento Vegetal	Biotecnologia Vegetal	Desenvolvimento:	Desenvolvimento:			
4	Laboratorial / Melhoramento	Componentes físicos isolados	Simulado	Produto: Validação em ambiente de laboratório de componentes ou arranjos experimentais básicos de laboratório Processo: Capacidade de produzir a tecnologia em ambiente laboratorial (fazer funcionar apropriadamente)	Desenvolvimento: Geração de populações de melhoramento (re-combinação/ avaliação). O CTA corresponde aos valores medidos para o percentil 5% superior da população (critério de seleção = p: 0,05). CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Avaliação fenotípica dos melhores eventos em planta modelo em casa-de-vegetação. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção, por meio de melhorias em: i) meio de cultura; ii) condições de fermentação; iii) genética da linhagem. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão comprovada por meio de técnicas de química analítica e testes laboratoriais de toxicidade em microcrustáceos (Artemia salina). CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção de nanofibras a partir de celulose. Experimentos utilizam matérias-primas modelo (algodão ou outra fonte de celulose pura). CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: resíduos lignocelulósicos de interesse agroindustrial) realizado em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: resíduos lignocelulósicos de interesse agroindustrial) realizado em pequena escala em reatores em pequena escala (pirólise). CTA deve ser igual ou superior a CTR.
5	Laboratorial / Melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos.)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional.)	Produto: Validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações física final. Processo: Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção.	Desenvolvimento: Avaliação fenotípica e validação de genótipos candidatos a cultivar no próprio ambiente. O CTA corresponde aos valores medidos para a média da população. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Transformação da cultura alvo e validação do fenótipo em casa-de-vegetação. Seleção dos melhores eventos geneticamente modificados (GM). CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: hidrolisado de bagaço-de-cana) realizado em biorreator em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de degradação dos compostos tóxicos presentes na torta de algodão utilizando todos os reagentes/insumos industriais e testes de toxicidade em modelo murino. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: pasta de celulose industrial) realizado em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: resíduos lignocelulósicos de interesse agroindustrial) realizado em pequena escala. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Desenvolvimento: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: resíduos lignocelulósicos de interesse agroindustrial) realizado em pequena escala em reatores em pequena escala (pirólise). CTA deve ser igual ou superior a CTR.

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Escala TRL/MRL	Escala/Fase	Fidelidade/Configuração do objeto	Ambiente	Descrição Geral	Exemplos de produtos/processos aplicados aos eixos temáticos da programação de PD&I da Embrapa Agroenergia					
					Biomassas para fins industriais		Biotecnologia Industrial		Materiais Renováveis	Química de Renováveis
					Melhoramento Vegetal	Biotecnologia Vegetal	Scale up:	Scale up:		
6	Piloto/Melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos. Aproximadamente 1/10 da escala final, mas pode ser menor dependendo da aplicação.)	Relevante (Ambiente de teste que utiliza os aspectos fundamentais do ambiente operacional.)	Produto: Modelo do sistema/subsistema protótipo de demonstrador em ambiente relevante Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente relevante de produção. A tecnologia está em fase de testes sem alcançar a escala final.	Scale up: Testes de interação Genótipo x Ambiente. Eventos GM da cultura alvo são avaliados em condições de campo (2 ou mais ambientes).	Scale up: Testes de interação Genótipo x Ambiente. Eventos GM da cultura alvo são avaliados em condições de campo (2 ou mais ambientes). CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Scale up: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: hidrolisado de bagaço-de-cana) realizado em escala piloto.	Scale up: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: pasta de celulose industrial) realizado em escala piloto. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	Scale up: Otimização do processo de produção utilizando todos os reagentes/insumos industriais (Exemplo: resíduos lignocelulósicos de interesse agroindustrial) realizado em escala piloto. CTA deve ser igual ou superior a CTR.	
7	Final (Completa) / Pós-melhoramento	Similar (Configuração corresponde à aplicação final em quase todos os aspectos)	Operacional (Ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto.)	Produto: Protótipo do demonstrador do sistema em ambiente operacional. Processo: Capacidade de produzir o produto ou seus subconjuntos em ambiente representativo de produção. A tecnologia esta em comissionamento inicial. Isto pode incluir testes operacionais e testes de fabricação, mas é testado usando modelos/simuladores inativos compatíveis com o produto final.	Unidades de Observação: Validação em vários ambientes/campos maiores. Obtenção de aprovações regulatórias, testes para avaliação do potencial impacto ambiental e registro da cultivar.	Unidades de Observação: Validação em vários ambientes/campos maiores. Obtenção de aprovações regulatórias, testes para avaliação do potencial impacto ambiental e certificações.	Demonstração: Demonstração em escala final com matérias-primas e reagentes industriais. Certificações.	Demonstração: Demonstração em escala final com matérias-primas e reagentes industriais. Certificações.	Demonstração: Demonstração em escala final com matérias-primas e reagentes industriais. Certificações.	

Continua...

A título de exemplificação, pode-se tomar a tecnologia descrita na Tabela 2 para o eixo temático Biomassa para fins industriais/Melhoramento vegetal. Ela descreve as etapas para o desenvolvimento de cultivar de canola com maior produtividade de óleo. Nesse caso, o CTR poderia ser definido, por exemplo, como 110% da produtividade de óleo apresentada pela cultivar de canola mais produtiva disponível no mercado. Assim, hipoteticamente, essa tecnologia alcançaria TRL 6 no momento em que o CTA fosse igual ou superior ao CTR nas condições experimentais definidas para esse nível de maturidade (Tabela 3). Ou seja, quando a produtividade média obtida experimentalmente em testes de interação genótipo/ambiente for igual ou superior a 110% da produtividade média apresentada pela cultivar de canola mais produtiva disponível no mercado. Além disso, o material genético também precisaria cumprir satisfatoriamente os testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade, os quais também são exigidos como requisitos para o nível TRL 6 (Tabela 3).

Como exemplo adicional, pode-se analisar a segunda tecnologia descrita na Tabela 2 dentro do eixo temático Biotecnologia Industrial. Ela descreve processo de destoxificação (eliminação de moléculas de gossipol) de tortas de caroço de algodão por meio do cultivo de cogumelos comestíveis, de modo a viabilizar o uso desse material para a alimentação de animais monogástricos. Nesse caso, o CTR poderia ser definido como 0% de toxicidade para os animais (100% de destoxificação). Assim, a tecnologia alcançaria MRL 4 no momento em que o CTA fosse igual ou superior ao CTR nas condições experimentais definidas para esse nível de maturidade. Ou seja, quando a toxicidade obtida experimentalmente em testes laboratoriais em modelos de microcrustáceos fosse igual a 0% (Tabela 2). Por outro lado, caso os testes laboratoriais tivessem promovido algum grau de destoxificação, porém de maneira menos eficiente que o preconizado pelo CTR (ou seja, CTA é inferior a CTR), a tecnologia estaria enquadrada ainda em nível MRL 3 (Tabela 3).

É importante ressaltar que, de acordo com a tipificação de resultados atualmente vigente nos sistemas Ideare/SISGP, apenas os seguintes tipos de resultados compreendem tecnologias passíveis de enquadramento na escala TRL/MRL: Cultivar/Linhagem; Estirpe/Raça/Tipo; Insumo Agroindustrial; Insumo Agropecuário; Prática/processo Agroindustrial; Prática/processo Agropecuário; Produto Agroindustrial; Protótipo de máquinas, equipamentos e implementos; Software Corporativo ou Específico. Isso decorre do fato de, em geral, somente esses tipos de resultados descreverem tecnologias negociáveis e com uso direto pelo setor produtivo. Já os resultados tipificados como Produtos pré-tecnológicos, Enriquecimento e/ou manutenção de Coleção Biológica e Metodologia Técnico Científica em P&D, TT ou Comunicação podem compor uma tecnologia que se enquadra na escala TRL/MRL quando são “embarcados” nos ativos tipificados nos resultados citados anteriormente. Um exemplo seria a utilização de genes bacterianos da via de síntese de ácido succínico (produtos pré-tecnológicos) que seriam transformados em uma levedura (estirpe/raça/tipo) gerando estirpe geneticamente modificada de levedura capaz de produzir ácido succínico.

Além de ser um conceito objetivo capaz de descrever os estágios de desenvolvimento de produtos e processos inovadores, que permite alinhamento das expectativas de parceiros, desenvolvedores e clientes, facilitando a cooperação entre as partes, a escala TRL permite se posicionar os ativos no interior do funil de inovação. Ou seja, fornece um mecanismo também objetivo de se realizar a gestão do portfólio de ativos uma vez que propicia um mecanismo de acompanhamento e tomada de decisões baseado em *Stage-gates* (mais detalhes adiante). Por isso, a Embrapa Agroenergia aplica a escala TRL/MRL ao seu funil de inovação de modo a permitir a avaliação do estágio de desenvolvimento dos ativos (Figura 6).

Vale ressaltar que, tendo em vista o fato de o modelo de negócios tradicional da Embrapa baseado na venda e/ou licenciamento de cultivares (produto acabado) não se aplicar indistintamente aos demais “produtos” gerados pela empresa em seu processo de produção, observa-se a partir da aplicação da escala TRL ao modelo de inovação da unidade, que a Embrapa Agroenergia, individualmente, só será capaz de desenvolver ativos até o grau de maturidade TRL/MRL 7. Isso porque, conforme anteriormente exposto, tecnologias em níveis de maturidade 8 e 9 são somente aquelas de configuração correspondente a aplicação final em todos os seus aspectos e validada em ambiente que aborda todos os requisitos operacionais e especificações exigidas do produto. Isto é, tecnologias em níveis de maturidade 8 e 9 correspondem a tecnologias consolidadas e em fase inicial de comercialização. Desse modo, fica novamente constatado que o funil de inovação da Embrapa Agroenergia é de fato “fechado” na sua ponta (saída) e que, portanto, a necessidade da realização de negócios tecnológicos (inovação aberta), a fim de que a tecnologia gerada na Embrapa Agroenergia atinja o mercado, é imperativa.

Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia

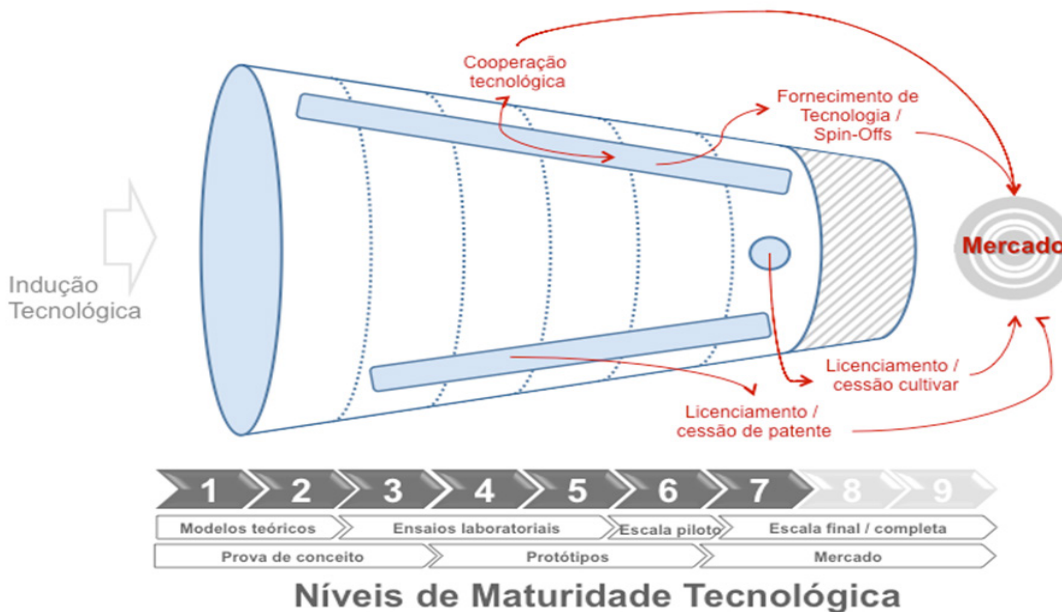


Figura 6. Modelo de inovação da Embrapa Agroenergia, ilustrado por meio da analogia ao funil de inovação. As fases dos processos são determinadas por meio de TRLs (*Technology Readiness Level*).

Por fim, conclui-se que o modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia, focado na geração de ativos pré-tecnológicos e tecnológicos, negócios e inovação aberta, será tão eficiente quanto forem os mecanismos de aproximação da unidade com o setor produtivo. A eficiência do modelo será igualmente dependente da agilidade da Embrapa Agroenergia em prospectar oportunidades e transformá-las em negócios tecnológicos. A consolidação de uma ampla aliança entre a Embrapa Agroenergia, outros institutos de ciência e tecnologia, agentes de fomento e o setor produtivo é, portanto, igualmente imperativa.

Operacionalização do Modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia

O modelo de inovação da Embrapa Agroenergia é funcionalizado, ou operacionalizado por meio da ação coordenada de diversos sistemas e setores da unidade, em um modelo de *Stage-gates*. Abaixo estão descritas cada fase desse modelo, os atores envolvidos, as atividades realizadas e os objetivos das mesmas. Antes, porém, serão apresentados, em maiores detalhes, o Sistema de Inteligência Estratégica, a Vitrine de Tecnologias da unidade e o Sistema de gatilhos automáticos adotados com base nos níveis de maturidade das tecnologias. Esses mecanismos/estratégias serão posteriormente aludidos ao se descrever a fase (*stage*) em que ocorrem e o portão (*gate*) que deles depende.

Sistema de gatilhos automáticos

A clara percepção das formas de transferência/negócios tecnológicos a serem adotadas, sobretudo no caso de ativos de inovação, permite ainda a integração do macroprocesso de transferência de tecnologia ao macroprocesso de pesquisa e desenvolvimento por meio de sistema de gatilhos automáticos baseado em TRLs (*Technology Readiness Levels*) (Figura 7). Tal abordagem é particularmente útil, pois permite estabelecer marcos (TRLs) em que o ativo/tecnologia deve ser obrigatoriamente avaliado quanto, por exemplo, a sua patenteabilidade e/ou viabilidade de proteção *sui generis* (e.g. Cultivar) ou sua viabilidade técnica e econômica, por permitir se elencarem as fases em que ocorrem as oportunidades de negócios tecnológicos.

De fato, o modelo de inovação pautado na escala TRL/MRL permitiu elencar as fases em que ocorrem as oportunidades de negócios tecnológicos, conforme pode ser visto na Figura 6. Por exemplo, hoje é bastante claro que a cooperação técnico-científica visando à cocriação e ao c-desenvolvimento dos produtos/tecnologias pode, e deve, ocorrer entre os TRLs/MRLs 2 e 7 (Figura 7). Por isso, em mecanismo de gatilhos automáticos, as equipes de pesquisa e também de prospecção e negócios devem iniciar as buscas por parceiros durante a concepção da solução tecnológica, bem como ao longo de seu desenvolvimento. Nesse ínterim, as equipes de responsáveis pelas questões contratuais devem formalizar toda a parceria e/ou negócio realizado. O sistema de gatilho automático favorece ainda a proteção intelectual dos ativos e tecnologias geradas no âmbito da unidade, uma vez que, por esse sistema, todo ativo que atingir nível de maturidade 3, i.e. TRL 3, deve obrigatoriamente ser avaliado quanto à privilegiabilidade da matéria, de modo que a patenteabilidade dos ativos poderá, via de regra, ser solicitada a partir desse ponto. De maneira prática, tal sistema impõe que, a partir do momento em que o Comitê Técnico da unidade declarar um ativo como enquadrado em TRL 3, os analistas de PI realizem as análises de anterioridade de maneira tempestiva, uma vez que outras atividades como publicação de dados e resultados, por exemplo, em última instância dependerão do parecer emitido por este e chancelado pelo Comitê de Propriedade Intelectual da unidade.

Ainda por esse sistema, uma vez patenteados, os ativos podem então ser negociados do TRL 3 ao 7, por meio de contratos de licenciamento de cessão de direitos de exploração de patente ou desenho industrial (Figura 7). As equipes de prospecção e negócios devem, então, a partir desse estágio, em sua estratégia de relacionamento com clientes, buscar não apenas parceiros, mas também clientes potenciais para negociação das tecnologias/ativos. Estratégias de marketing tecnológico, marketing de conteúdo e marketing digital devem, então, ser iniciadas.



Figura 7. Sistemas de gatilhos automáticos baseados em níveis de maturidade tecnológica adotado pela Embrapa Agroenergia a fim de permitir alinhamento de ações das áreas de P&D e TT.

O processo de transferência de ativos, produtos e/ou processos (incluindo conhecimentos e técnicas - Know-how) amparados ou não por direitos de propriedade industrial depositados ou concedidos no Brasil, efetuado por meio de incubação de empresas de base tecnológica, a rigor também poderia ser realizado a partir de TRL 3 (Figura 7). No entanto, é mais realístico para o modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia pressupor que essa forma somente se processará a partir do TRL 6. Isso porque, nesse estágio, a tecnologia já está demonstrada em escala piloto, o que permite a empreendedores e incubadoras avaliar o potencial de mercado da tecnologia e sua viabilidade. O mesmo ocorre para a modalidade de fornecimento de tecnologia (negócio envolvendo tecnologias não protegidas), uma vez que nesse caso o usuário terá mais elementos para verificar sua viabilidade. Por fim, o licenciamento ou cessão de direitos de comercialização de cultivares, via de regra, só ocorrerá em TRL 7, fase em que a cultivar é registrada e está avaliada em diferentes

ambientes (Figura 7). No caso de cultivares transgênicas, todo o processo de desregulamentação deve ser iniciado também nessa fase.

Independentemente da estratégia de negócio (se licenciamento, se fornecimento de tecnologia), a partir de TRL 4, análises de mercado devem ser realizadas no intuito de se realizar o posicionamento estratégico do ativo/tecnologia. A partir de TRL 7, independentemente da estratégia de negócio, estudos de viabilidade técnico-econômica devem ser realizados, no sentido de se avaliar o real potencial de mercado da tecnologia.

Pelo exposto, verifica-se que várias atividades inerentes ao macroprocesso de transferência de tecnologia, como, por exemplo, prospecção de parceiros e clientes, análise de anterioridade e privilegiabilidade, análise de mercado e viabilidade econômica, marketing, relacionamento com parceiros e clientes, etc., podem, por meio do sistema de gatilhos automáticos baseado em TRLs, ser objetivamente integradas ao macroprocesso de pesquisa e desenvolvimento. Esse sistema, aliado ao sistema de *stage-gates*, que será detalhado a seguir, permite à Embrapa Agroenergia efetivamente gerir seu portfólio de ativos, viabilizar a via de negócios tecnológicos e planejar novas ações de P&D orientadas para desenvolvimento de soluções tecnológicas a fim de atender mercados dinâmicos e competitivos.

Gestão Integrada de P&D e TT baseada em modelo de *Stage-gates*

Tendo por base o modelo de negócios da Embrapa Agroenergia, e o modelo de Inovação anteriormente exposto, a fim de promover uma gestão integrada de Pesquisa e Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia, a unidade adota um modelo de gestão baseado em estágios e portões, ou modelo de *Stage-gates* (Figura 8). Tal modelo permite se delimitar fases do desenvolvimento tecnológico e, ao final de cada fase, se realizar uma checagem da tecnologia em questão com vistas à tomada de decisão por parte dos gestores, de seguir em frente com a tecnologia tal como configurada, reconfigurar a tecnologia a fim de atender a mercados mais atrativos ou mesmo se abortar o desenvolvimento da tecnologia em função de mudanças conjecturais do mercado ao qual a mesma estava endereçada.

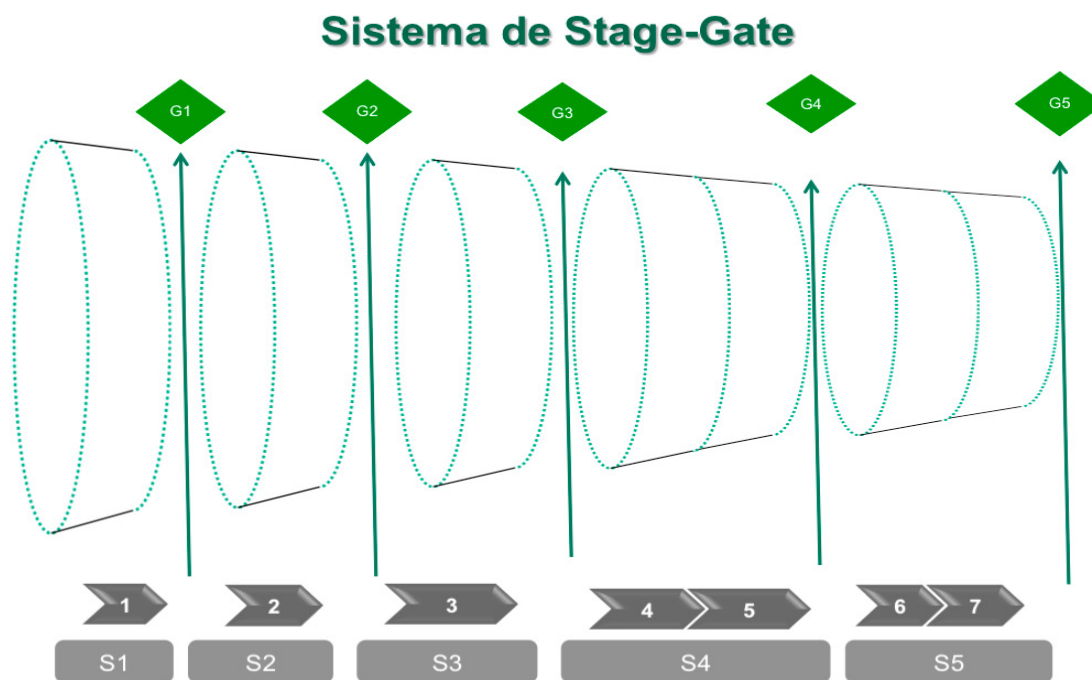


Figura 8. Modelo de *Stage-gates* adotado pela Embrapa Agroenergia a fim de permitir a avaliação sistemática dos ativos e tecnologias em desenvolvimento pela unidade. S – estágios; G – portão. Nível de maturidade tecnológica correspondente indicada nas setas cheias de 1 a 7.

Tal como no modelo de inovação, o modelo de *Stage-gates* faz uso dos níveis de maturidade tecnológica do ativo para delimitar as fases e os pontos de tomada de decisão. Cabe ressaltar que, como anteriormente ficou demonstrado que a Embrapa Agroenergia, individualmente, só será capaz de desenvolver ativos até o grau

de maturidade TRL/MRL 7, o modelo de *Stage-gates* apenas inclui os níveis de maturidade 1 a 7. Os cinco estágios e os cinco portões correspondentes foram então distribuídos entre esses níveis de maturidade.

A abordagem de *Stage-gates* baseada na escala TRL/MRL é particularmente útil, não apenas por permitir estabelecer marcos em que o ativo/tecnologia deve ser avaliado, mas também por oferecer oportunidades para integração de processos no âmbito da unidade, especialmente daqueles do setor de transferência de tecnologia com aqueles do setor de pesquisa e desenvolvimento. Abaixo estão descritos os estágios, os atores com responsabilidades atribuídas, suas atividades, os portões e seus respectivos *gatekeepers* e o que cada portão avalia em termos de desenvolvimento da tecnologia.

Stage/Gate 1 – Idea Screen

O primeiro estágio do sistema de *Stage-gates* da Embrapa Agroenergia é aquele em que o *technology push* e *market pull* são sistematicamente avaliados. O Sistema de Inteligência Estratégica da unidade é, portanto, um dos principais atores desse estágio, por fornecer aos gestores da unidade informações que subsidiam a elaboração de estratégias, planos e a agenda estratégica da unidade (veja adiante). É nesse estágio ainda que as equipes de pesquisa e desenvolvimento, com base nas informações providas pelo Sistema de Inteligência Estratégica da unidade, realizam o processo de ideação, que resultará na definição da hipótese científica básica a ser endereçada em projetos de pesquisa e desenvolvimento futuro. As informações e hipóteses geradas nesse processo são avaliadas pelo Comitê Técnico Interno (CTI) da unidade, que atua aqui como o *gatekeeper* do portão 1. Esse portão basicamente funciona como um ponto de triagem ou escrutínio de ideias. O CTI da Embrapa Agroenergia, nesse caso, avalia, por meio de seu processo de análise admissibilidade, se as ideias e hipóteses formuladas pelo grupo de pesquisa, e que servirão de base para a concepção de novas soluções tecnológicas e/ou ativos, estão alinhadas ao escopo da unidade. Tal escopo é definido pela Chefia-Geral e Chefiadas-Adjuntas de Transferência de Tecnologia e Pesquisa e Desenvolvimento e materializado sob a forma de agenda de prioridades e agenda estratégica da unidade. Uma vez admitida a ideia e/ou hipótese pelo CTI, os grupos de pesquisas podem iniciar a concepção da solução tecnológica propriamente dita. O *gatekeeper* garante assim que apenas soluções tecnológicas estritamente alinhadas às agendas da unidade sejam concebidas.

Sistema de Inteligência Estratégica da Embrapa Agroenergia

Como anteriormente mencionado, duas forças principais movem o modelo de inovação da Embrapa Agroenergia: o *Technology Push* (Indução tecnológica) e *Market Pull* (Demanda de mercado). Ambas, portanto, precisam ser analisadas de forma sistemática a fim de fornecer subsídios para o processo de ideação, que em última instância dará origem às várias proposições tecnológicas que se encontram na base do funil de inovação. Visando sistematizar esse processo, a Embrapa Agroenergia criou um Sistema de Inteligência Estratégica que visa ser um instrumento capaz de antecipar e/ou identificar possíveis trajetórias do processo de inovação e suas implicações para a competitividade e atuação da Embrapa nos mercados de químicos renováveis, bioprodutos e bioenergia. Tal Sistema de Inteligência tem por missão nortear a elaboração de estratégias e planos de P&D na Embrapa Agroenergia além de subsidiar a formulação de políticas públicas e a tomada de decisão pelos diversos protagonistas da crescente bioeconomia.

O Sistema de Inteligência da Embrapa Agroenergia atua em duas frentes: (i) coletando, analisando e disseminando, de forma sistemática, dados estatísticos e informações sobre tendências de produção e consumo de químicos renováveis, bioprodutos e bioenergia, e (ii) mapeando as tendências tecnológicas e oportunidades de desenvolvimento tecnológico em mercados consolidados e emergentes.

O sistema funciona de forma cíclica com base em oito fases: (i) Definição de escopo e abrangência, i.e. definição dos macrotemas que serão objeto de trabalho, pelas Chefiadas de Transferência de Tecnologia e Pesquisa e Desenvolvimento; (ii) Antecipação e captura de informações, (iii) Identificação sistemática de sinais e tendências, (iv) Priorização de temas e tecnologias pelas Chefiadas de Transferência de Tecnologia e Pesquisa e Desenvolvimento; (v) Análise (*Roadmapping*); (vi) Validação dos resultados pela Chefia-Geral e Comitê Assessor Externo; (vii) Elaboração de estratégias, planos e agenda estratégica (trabalho coordenado pela Chefia-Geral com envolvimento das Chefiadas de Transferência de Tecnologia e Pesquisa e Desenvolvimento e do Núcleo de Desenvolvimento Institucional), e (viii) Disponibilização de informações em portal por meio de documentos e *dashboards*.

Especificamente no que tange às fases II e III, respectivamente, Antecipação e captura de informações, e Identificação sistemática de sinais e tendências, a Embrapa Agroenergia vem adotando a metodologia de *Technology Trend Monitoring* (Figura 9), publicada na revista *Scientometrics* em 2016 (ENA et al. 2016).

Essa metodologia prevê que um grupo de especialistas formule, com base no tema a ser trabalhado, um conjunto de palavras-chaves. Essas palavras-chaves serão base para o processo de captura de informações com base em ferramentas de *text mining* e *search engines*. Múltiplas bases de dados devem ser varridas, a exemplo de bases de dados de literatura científica, patentes, mídia especializada, *venture capital*, além de páginas da internet e mídias sociais, entre outros. Isso porque bases de dados e fontes de informação diferentes fornecem elementos diferentes para o monitoramento de mercados ou tecnologias. Essas informações devem ser tratadas conjuntamente, então softwares de clusterização, a exemplo do Vantage Point, Lingo, Carrot2, entre outros devem ser utilizados e customizados para gerar grupos de tendências.

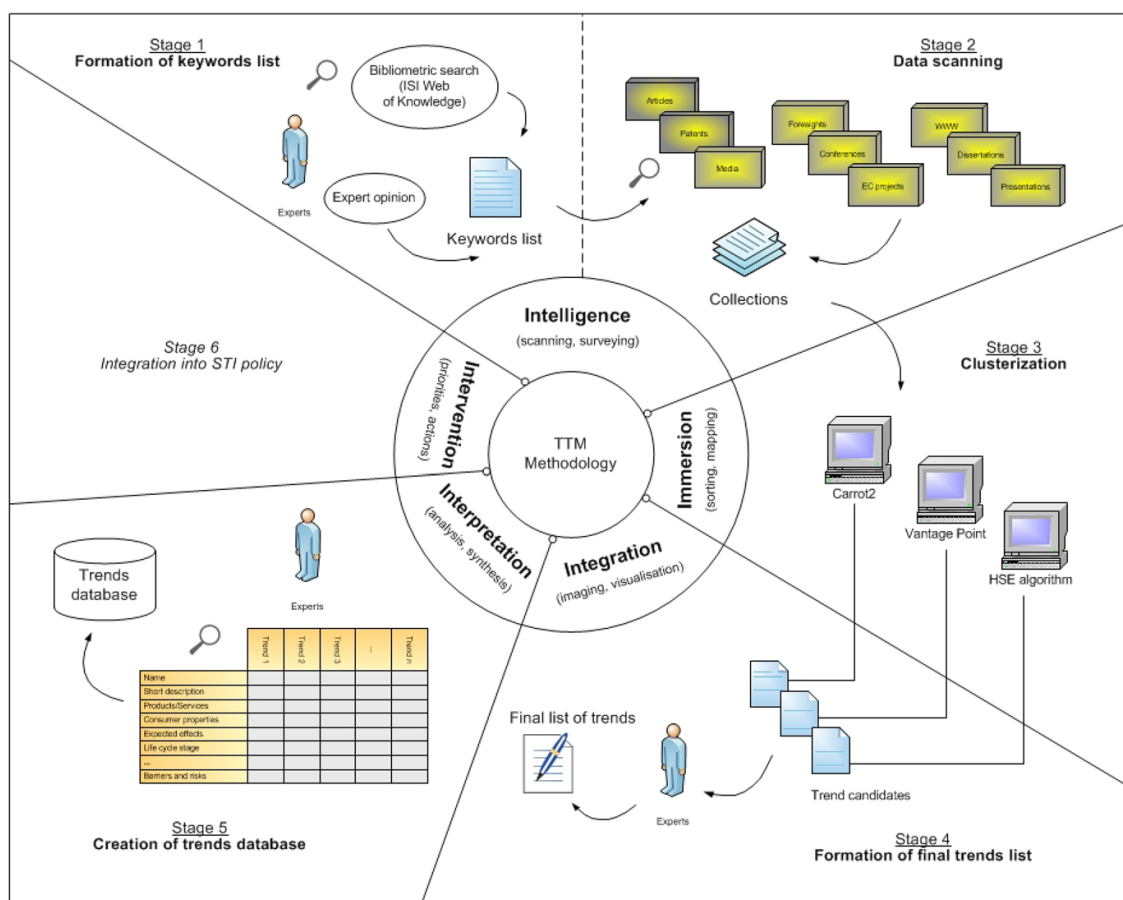


Figura 9. Processo de monitoramento de tendências tecnológicas adotado pela Embrapa Agroenergia (Extraído de: *Scientometrics* (2016) 108:1013–1041 DOI 10.1007/s11192-016-2024-0) (ENA et al., 2016).

Esses softwares realizam o agrupamento das informações coletadas com base em algoritmos de clusterização. Esse grupo de tendências pode ser apresentado em gráficos como o exposto na Figura 10.

Esses gráficos e informações geradas devem, então, ser submetidos ao grupo de especialistas a fim de identificar tendências do mercado de inovações. Obviamente, macro-tendências são facilmente identificadas como, por exemplo, a associação da Biotecnologia Industrial às estratégias de bioeconomia. O desafio desse grupo de especialistas está, então, em identificar tendências de mercado ou de desenvolvimento tecnológico logo antes do ponto de inflexão, que marca o momento em que tendência é percebida por diversos atores do mercado, e grupos de pesquisa e fomento se mobilizam a fim de gerar tecnologia e novos produtos com base nessa tendência.

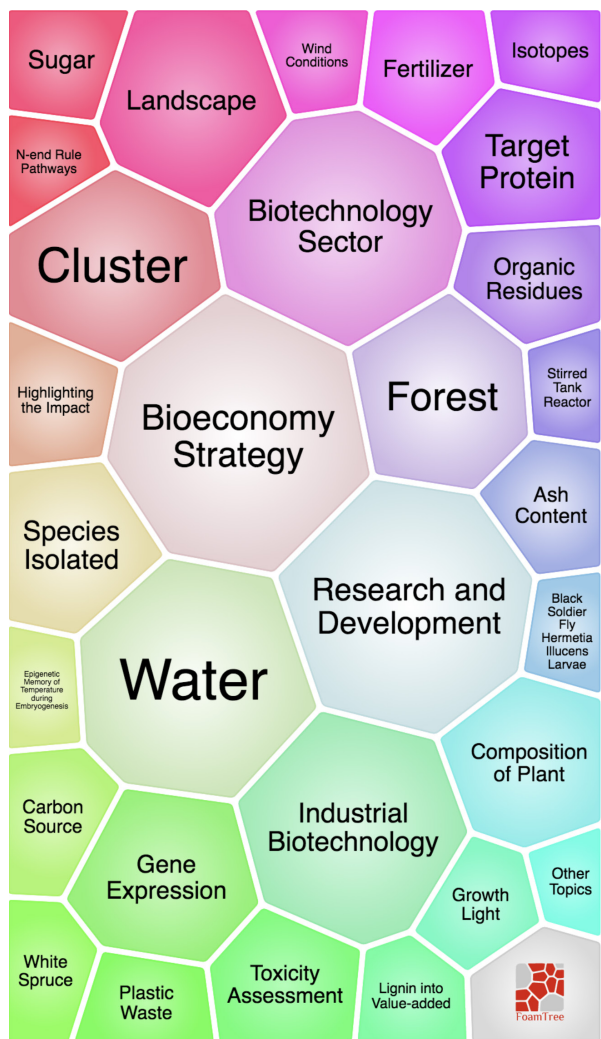


Figura 10. Gráfico *FoamTree* gerado pela software Carrot2, a partir do busca pelo termo *Bioeconomy* nas bases de dados do PubMed.

O sistema de inteligência, por meio desse mecanismo estruturado e sistemático, visa assim apontar trajetórias do processo de inovação e permitir a tomada de decisão por parte dos gestores da Embrapa Agroenergia sobre quais áreas priorizar e quais tecnologias desenvolver. Estratégias de *roadmapping* tecnológico são posteriormente aplicadas a fim de identificar quais tecnologias precisam ser desenvolvidas a fim de entregar soluções para o mercado, o tempo necessário para desenvolvê-las, quais as competências e recursos serão necessários, e como mobilizá-las. Essas informações embasam, no âmbito da Embrapa Agroenergia, a elaboração da Agenda Estratégica da unidade em um trabalho coordenado pela Chefia-Geral com envolvimento das Chefias de Transferência de Tecnologia e Pesquisa e Desenvolvimento e do Núcleo de Desenvolvimento Institucional. As informações geradas são por fim o ponto de partida para os processos de ideação e concepção de tecnologias e ativos.

Stage/Gate 2 – Technology Screen

O segundo estágio do sistema de *Stage-gates* da Embrapa Agroenergia é aquele em que as soluções tecnológicas a serem desenvolvidas pela unidade são concebidas. O Sistema de Inteligência Estratégica da unidade é um dos atores principais desse estágio, pois ele atua em estreita consonância com os grupos de pesquisa para realizar o *roadmapping* tecnológico que subsidia a construção de redes e projetos para desenvolvimento da tecnologia. Nesse estágio, busca-se inicialmente se identificar quais tecnologias precisam ser desenvolvidas a fim de entregar soluções para o mercado, o tempo necessário para desenvolvê-las, quais as competências e recursos serão necessários e como mobilizá-las. De posse dessas informações, os grupos de pesquisa concebem e descrevem em detalhes as soluções tecnológicas/ativos a serem desenvolvidos. Por fim, planos de trabalho/projetos são elaborados durante esse estágio como forma de cumprir os requisitos para TRL2. Os planos de trabalho/projetos gerados nesses processos são submetidos para avaliação pelo Comitê Técnico Interno (CTI) da unidade, que atua aqui como o *gatekeeper* do portão

2. Esse portão basicamente funciona como um ponto de triagem ou escrutínio de tecnologias. O CTI da Embrapa Agroenergia nesse caso avalia por meio de seu processo de análise de projetos a conformidade, o mérito técnico o mérito estratégico e a adequação do orçamento do plano de trabalho/projeto. Abaixo estão descritos em detalhes o procedimento de análise estratégica do CTI que garante que os planos de trabalho/projetos atendam ao modelo de negócios da Embrapa Agroenergia.

Avaliação Estratégica de Projetos de PD&I

De modo a operacionalizar o modelo de inovação da Embrapa Agroenergia desde o início de fluxo de produção da unidade (i.e.: concepção/formulação de projetos de PD&I), foram desenvolvidos mecanismos de avaliação estratégica objetiva (i.e. sistema de pontuação) de projetos que permitem ao CTI direcionar a força de trabalho da unidade para projetos de desenvolvimento tecnológico. A ideia por trás de tal mecanismo é estimular que as pesquisas promovam a transformação dos ativos que compõem a vitrine tecnológica da unidade em produtos/processos efetivamente transferidos para o setor produtivo. Para tanto, foram desenvolvidos critérios para a avaliação estratégica de projetos que visam:

- Critério 1: Pontuar o quantitativo de resultados propostos na proposta.
- Critério 2: Pontuar os resultados privilegiando as tecnologias de uso direto e os produtos pré-tecnológicos sobre os demais, conforme os tipos de resultados preconizados pelo SEG.
- Critério 3: Pontuar o alinhamento de cada um dos resultados apresentados em relação à Agenda Estratégica da Unidade, a qual define o escopo de atuação da unidade.
- Critério 4: Pontuar a conectividade do conjunto de resultados propostos à Vitrine Tecnológica da Embrapa Agroenergia (Vide seção “Vitrine Tecnológica da Embrapa Agroenergia” adiante). Também avalia se o conjunto de resultados propostos promove avanço na escala de maturidade tecnológica (TRL/MRL).
- Critério 5: Pontuar o nível de experiência do proponente e da equipe envolvida.
- Critério 6: Pontuar a contribuição das parcerias apresentadas na proposta. É atribuição da chefia-adjunta de transferência de tecnologia da unidade a avaliação deste critério.
- Critério 7: Pontuar se a proposta apresenta comprometimento contratual (firmado ou em tramitação) com setor produtivo a fim de promover transferência de tecnologias geradas.
- Critério 8: Pontuar o potencial de inovação apresentado pela proposta.

Todos os critérios elencados para avaliação estratégica de projetos de PD&I seguem indicadores de pontuação definidos, os quais permitem atribuir notas entre 0 a 10 pontos a todas as propostas submetidas ao CTI da Embrapa Agroenergia (Tabela 4). Esse sistema objetivo permite que a nota atribuída às propostas seja homogênea entre avaliadores diferentes e menos susceptível a pareceres subjetivos. Também permite a comparação entre propostas que abordam temas distintos ou mesmo o estabelecimento de uma nota mínima (i.e.: Ponto de corte) para aprovação de propostas. Essa nota mínima pode ser flexível. Ou seja, pode apresentar-se mais baixa para projetos de pequeno porte e voltados para pesquisa exploratória (Exemplo: Edital Universal CNPq) e mais alta para projetos de grande vulto e que exigem grande mobilização da equipe da unidade (exemplo: Editais FINEP ou BNDES), por exemplo. Além disso, esse conjunto de critérios possui caráter instrutivo para os proponentes, uma vez que permite que os mesmos concebam e redijam seus planos de trabalho em formato mais adequado para permitir a efetiva transferência de tecnologias e geração de impacto na sociedade de forma eficiente e eficaz. Por esse motivo, esses critérios e indicadores são de amplo conhecimento pelo corpo de P&D da unidade e estão sempre acessíveis para consulta.

Tabela 4. Critérios para avaliação estratégica objetiva de projetos de PD&I da Embrapa Agroenergia.

Critério	Indicador	Pontuação
1*	Cada resultado previsto na proposta contabiliza 1 ponto. Para propostas com previsão de mais de 10 resultados, deve ser atribuída nota máxima, ou seja, 10 pontos.	0 a 10
2	Pontuação de cada resultado previsto de acordo com tipo no Ideare: 10 Pontos - Cultivar/Linhagem; Estirpe/Raça/Tipo; Insumo Agroindustrial; Insumo Agropecuário; Prática/processo Agroindustrial; Prática/processo Agropecuário; Produto Agroindustrial; Protótipo de máquinas, equipamentos e implementos; Software Corporativo ou Específico. 4 Pontos - Produtos pré-tecnológicos, Enriquecimento e/ou manutenção de Coleção Biológica e Metodologia Técnico Científica em P&D, TT ou Comunicação. 2 Pontos – Todos os demais tipos de resultados previstos no Ideare.	Média da pontuação do conjunto de resultados: 2 a 10.
3*	Pontuação de cada resultado previsto de acordo com alinhamento ao documento definidor de escopo da unidade: 10 Pontos – Resultado alinhado ao documento definidor de escopo da unidade. 0 Pontos – Resultado não alinhado ao documento definidor de escopo da unidade.	Média da pontuação do conjunto de resultados: 0 a 10.
4	Pontuação do conjunto de resultados do projeto quanto à conexão com a vitrine tecnológica da Embrapa Agroenergia: 10 Pontos – Conectado à vitrine tecnológica e prevê explicitamente avanço na escala TRL/MRL. 5 Pontos – Conectado à vitrine tecnológica e não prevê avanço na escala TRL/MRL OU conectado à vitrine pré-tecnológica. 0 Pontos – Não conectado à vitrine tecnológica e não prevê avanço na escala TRL/MRL.	0 a 10
5	Pontuação de acordo das competências internas na equipe do projeto: 8 Pontos – Proponente possui experiência na liderança de projetos cofinanciados por parceiros do setor produtivo. 6 Pontos – Proponente possui experiência na liderança de projetos MP1 ou MP2. 4 Pontos – Proponente possui experiência na liderança de projetos MP3, MP4, MP5 ou MP6. 2 Pontos – Proponente possui experiência na liderança de planos de ação. 1 Ponto – Proponente possui experiência na liderança de atividades. 0 Ponto – Proponente não possui experiência na liderança de projetos e/ou projetos componentes, planos de ação e/ou atividades. + 1 Ponto – 01 (um) membro da equipe possui experiência em projetos anteriores do mesmo porte e características da presente proposta. + 2 Pontos – Mais de 01 (um) membro da equipe possui experiência em projetos anteriores do mesmo porte e características da presente proposta.	0 a 10
6	Pontuação da contribuição das parcerias apresentadas na proposta: 6 Pontos – A Embrapa não tem competência interna para entregar o(s) resultado(s) que foi(ram) alocado(s) ao parceiro, sem a colaboração do mesmo. O parceiro aporta, além de know-how, infraestrutura ou recursos ao projeto. O parceiro dispõe ainda de meios para produzir e/ou comercializar as soluções tecnológicas codesenvolvidas. 4 Pontos – A Embrapa não tem competência interna para entregar o(s) resultado(s) que foi(ram) alocado(s) ao parceiro, sem a colaboração do mesmo. O parceiro aporta, além de know-how, infraestrutura e/ou recursos à proposta. 2 Pontos – A Embrapa não tem competência interna para entregar o(s) resultado(s) que foi(ram) alocado(s) ao parceiro, sem a colaboração do mesmo. O parceiro aporta know-how, porém não infraestrutura ou recursos ao projeto (Embrapa transferirá recursos e disponibilizará infraestrutura). 1 Ponto – A Embrapa tem competência interna para entregar o(s) resultado(s) que foi(ram) alocado(s) ao parceiro, porém o mesmo aporta infraestrutura e/ou recursos à proposta. 0 Ponto – A Embrapa tem competências internas para entregar o(s) resultado(s) que foi(ram) alocado(s) ao parceiro, e o mesmo não aporta infraestrutura ou recursos à proposta. + 2 Pontos – Resultado(s) alocado(s) ao parceiro é essencial para o pleno atingimento dos demais resultados + 2 Pontos – A parceria permitirá o acesso da Embrapa Agroenergia à setores produtivos de interesse e/ou ativos de interesse	Média da pontuação do conjunto de parceiros: 0 a 10.

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Critério	Indicador	Pontuação
7	10 Pontos – Há comprometimento contratual (firmado ou em tramitação) de agentes do setor produtivo para implementação/comercialização da(s) tecnologia(s) gerada(s) no projeto. 0 Ponto – Não há comprometimento contratual (firmado ou em tramitação) de agentes do setor produtivo para implementação/comercialização da(s) tecnologia(s) gerada(s) no projeto.	0 ou 10
8*	10 Pontos – O conjunto de resultados previstos gera inovação disruptiva. 5 Pontos – O conjunto de resultados previstos gera inovação incremental. 0 Ponto – O conjunto de resultados previstos não gera inovação. Multiplicador x 2 - A proposta prevê a entrega de pelo menos uma tecnologia protegida (Proteção de cultivar, pedido de patente ou registro de software).	
Pon- tua- ção Final		Média de pontuação dos critérios: 0 a 10

Propostas de projetos de PD&I que obtenham nota igual a 0 (zero) nos critérios 1 (um), 3 (três) ou 8 (oito) devem ser automaticamente rejeitadas.

É importante ressaltar que o uso desse conjunto de critérios objetivos para avaliação estratégica de projetos de PD&I visa dar forma (limites) e movimento (fluxo) ao funil de inovação funcionalizando o modelo de inovação da Embrapa Agroenergia (Figura 11).

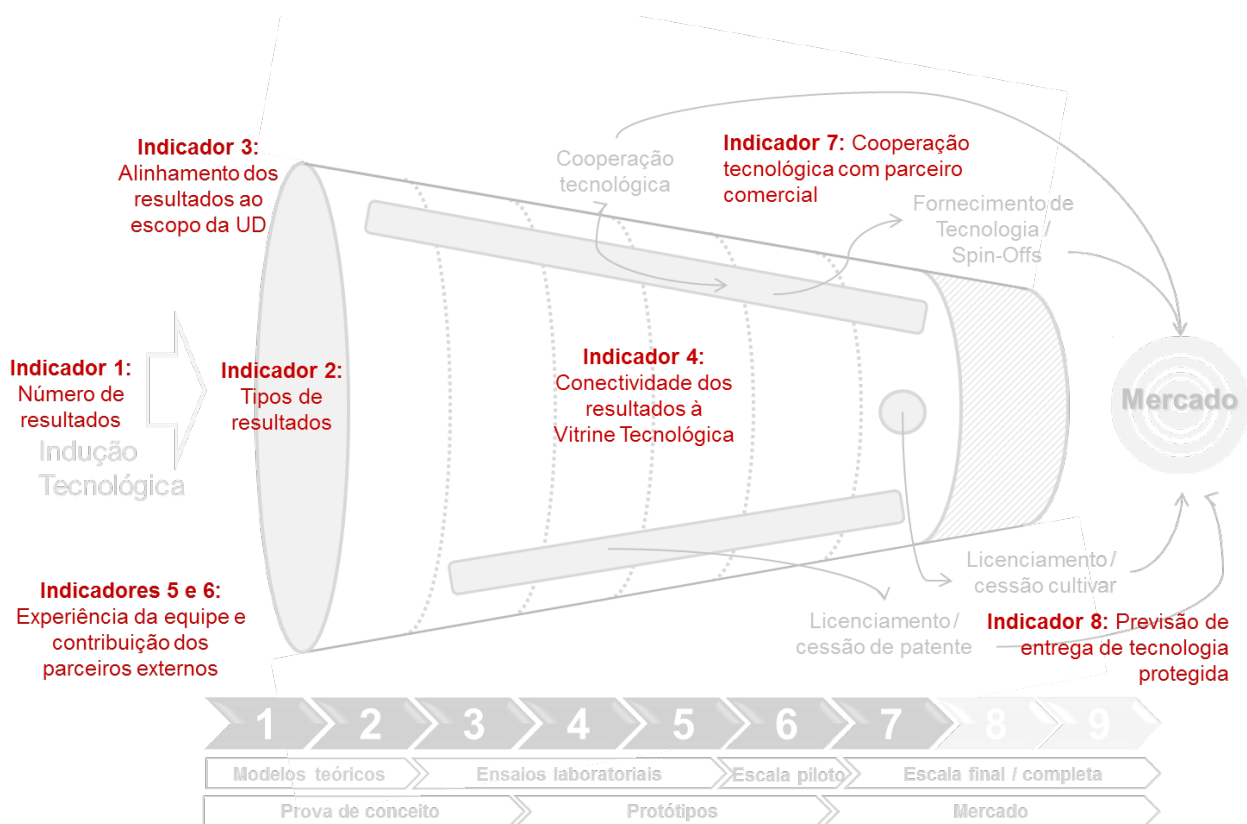


Figura 11. Avaliação estratégica de projetos de PD&I: Oito critérios objetivos avaliados pelo CTI durante a etapa de submissão de propostas de projetos promovem o fluxo e direcionamento através do modelo de inovação da Embrapa Agroenergia².

² O formulário padrão utilizado pela Embrapa Agroenergia encontra-se disponível em: <https://www.embrapa.br/group/intranet/agroenergia/comite-tecnico-interno-cti>.

Stage/Gate 3 – Go to development

O terceiro estágio do sistema de *Stage-gates* da Embrapa Agroenergia é aquele em que ocorre a prova de conceito das soluções tecnológicas em desenvolvimento pela Embrapa Agroenergia. Os grupos de pesquisa e os parceiros de codesenvolvimento da tecnologia são os principais atores desse estágio, uma vez que são eles que realizam a experimentação em laboratório ou campo experimental visando ao atingimento de TRL3. Os resultados são submetidos ao Comitê Técnico Interno (CTI)³ para validação. O CTI da unidade atua aqui como o *gatekeeper* do portão 3, por aferir se tecnicamente o ativo atingiu nível de maturidade 3, i.e. se o conceito está provado. Como anteriormente apontado, neste estágio o CTA é inferior ao CTR. Tendo o nível de maturidade 3 sido atingido e chancelado pelo CTI, o Comitê Local de Propriedade Intelectual (CLPI) avaliará se a tecnologia/ativo atende a todos os critérios de *compliance* (neste caso restrito a questões regulatórias como acesso a patrimônio genético, biossegurança), de PI (neste caso dependente do resultado da análise de privilegiabilidade), se foi devidamente caracterizada (etapa do processo de qualificação) e se a relação com parceiros foi contratualmente pactuada. O CLPI atua assim como um segundo *gatekeeper* do portão 3 visando garantir que apenas tecnologias tecnicamente viáveis, e que atendam a todos os critérios de *compliance*, que estejam contratualmente conformes e que tenham sido caracterizadas/avaliadas quanto à proteção intelectual, sejam liberadas para seguir para a etapa de desenvolvimento. Por esse motivo, a equipe do Setor de Prospecção e Avaliação de Tecnologias (SPAT) é também um ator do estágio, uma vez que é ela quem realiza as análises de privilegiabilidade, de regularização das tecnologias e de contratação e qualificação das mesmas. As equipes de prospecção e negócios devem também, a partir desse estágio, em sua estratégia de relacionamento com clientes, buscar não apenas parceiros, mas também clientes potenciais para negociação das tecnologias/ativos. Estratégias de *marketing* tecnológico, marketing de conteúdo e marketing digital devem então ser iniciadas pela equipe do Setor de Implementação da Programação de Transferência de Tecnologia (SIPT). Por fim, esclarece-se que o portão 3 basicamente funciona então como um ponto de triagem ou escrutínio de tecnologias, visando identificar aquelas que seguem para desenvolvimento (*go to development*).

Vitrine Tecnológica da Embrapa Agroenergia

De forma a dar visibilidade a sua produção tecnológica e atrair potenciais parceiros do setor produtivo, foi construída a Vitrine Tecnológica da Embrapa Agroenergia. Trata-se de um conjunto dos produtos e processos tecnológicos e ativos pré-tecnológicos desenvolvidos pela Embrapa Agroenergia e instituições parceiras que estão disponíveis para negociação no contexto da inovação aberta. As tecnologias disponíveis na Vitrine estão divididas em dois grupos:

- 1) **Produtos e Processos Tecnológicos:** Correspondem aos tipos de resultados do Ideare para uso direto e que são categorizáveis na escala TRL/MRL. Ou seja, são os resultados tipificados como Cultivar/Linhagem, Estirpe/Raça/Tipo, Insumo Agroindustrial, Insumo Agropecuário, Prática/processo Agroindustrial, Prática/processo Agropecuário, Produto Agroindustrial, Protótipo de máquinas, equipamentos e implementos, Software Corporativo ou Específico. A Vitrine de Produtos e Processos Tecnológicos possui duas versões: (i) uma versão que apresenta dados de acesso público⁴ (Figura 12); (ii) e uma segunda versão que apresenta dados de acesso restrito aos empregados da unidade⁵.
- 2) **Ativos Pré-Tecnológicos:** Correspondem aos tipos de resultados do Ideare sem uso direto, mas que compõem ou “embarcam” em produtos/processos de uso direto. Ou seja, são os resultados tipificados como produtos pré-tecnológicos, enriquecimento e/ou manutenção de coleção(ões) biológica(s) e metodologia(s) técnico-científica(s) em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, Transferência de Tecnologia ou Comunicação. Esses ativos não se enquadram na escala TRL/MRL, uma vez que não correspondem a produtos/processo de uso direto. A Vitrine de Ativos pré-tecnológicos possui apenas uma versão de acesso restrito aos empregados da unidade⁶.

De modo a incorporar ambas as vitrines, tecnológica e pré-tecnológica, no macroprocesso de inovação da unidade, o Comitê Técnico Interno da Embrapa Agroenergia solicita como pré-requisito para a validação do

³ O Comitê Técnico Interno da Embrapa Agroenergia padronizou instruções para o relato de objetos de entrega e o resumo de alcance de resultados de acordo com a tipificação vigente no IDEARE. Estas instruções estão disponíveis em: <https://www.embrapa.br/group/intranet/agroenergia/comite-tecnico-internoo-cti/acompanhamento-de-projetos/resultados>

⁴ <https://www.embrapa.br/agroenergia/vitrine>

⁵ <https://www.embrapa.br/group/intranet/agroenergia/comite-tecnico-internoo-cti>

⁶ <https://www.embrapa.br/group/intranet/agroenergia/comite-tecnico-internoo-cti>

alcance dos tipos de resultados supracitados o preenchimento dos formulários de incorporação na vitrine⁷. Assim, a vitrine atua não só como uma via de comunicação com parceiros externos, mas também como instrumento de gestão de ativos internamente na Embrapa Agroenergia. Conforme pode ser observado na Figura 13, a entrada de tecnologias na Vitrine ocorre após a validação da entrega de resultados no Ideare pelo CTI e funciona como uma ponte para o sistema corporativo GESTEC, concretizando a integração entre o P&D e a TT.



Figura 12. Exemplo de seção que apresenta dados de acesso público de produto tecnológico da Vitrine de Produtos e Processos Tecnológicos da Embrapa Agroenergia⁸.

⁷ Instruções disponíveis em: <https://www.embrapa.br/group/intranet/agroenergia/comite-tecnico-interno-cti/acompanhamento-de-projetos/resultados>

⁸ O catálogo completo para download encontra-se disponível em: http://materiais.embrapaconecta.com.br/vitrine-tecnologica-cnpe?rdst_srcid=837706

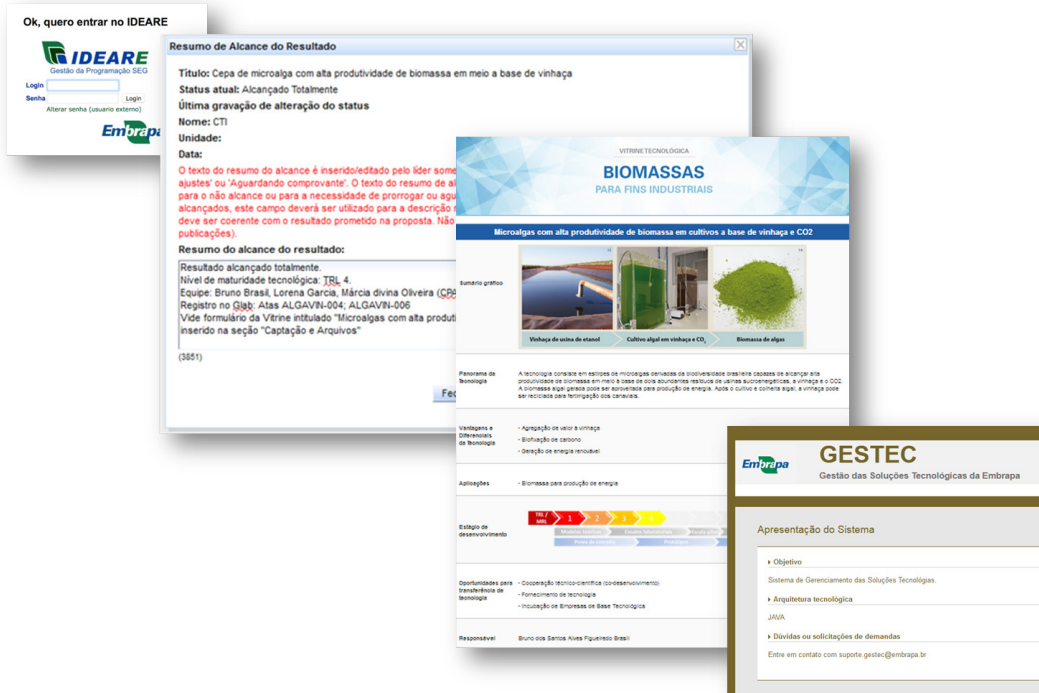


Figura 13. As vitrines da Embrapa Agroenergia funcionam como instrumentos integradores dos setores de P&D e TT no macroprocesso de inovação da Embrapa Agroenergia.

Além disso, as informações presentes na *vitrine de produtos e processos tecnológicos* e na *vitrine de ativos pré-tecnológicos* permitem a avaliação quantitativa e qualitativa dos ativos da Embrapa Agroenergia no seu modelo de inovação (Figura 14) e no mapa estratégico da unidade (Figura 15).

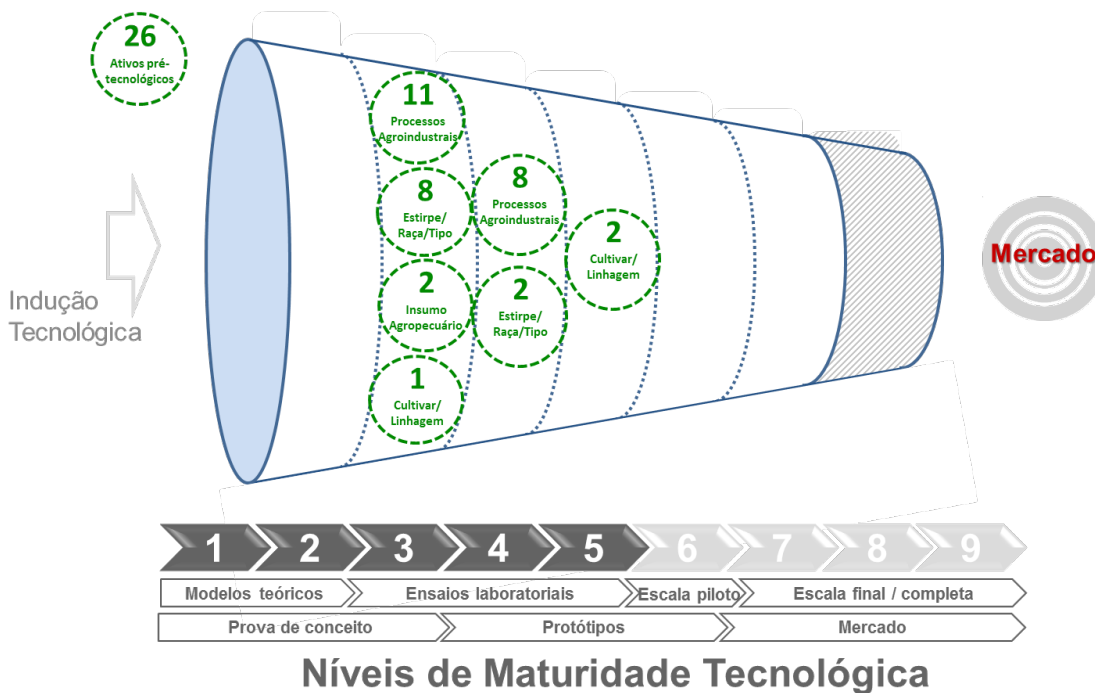


Figura 14. Distribuição dos ativos disponíveis na Vitrine de produtos e processos tecnológicos e na Vitrine de ativos pré-tecnológicos no modelo de Inovação da Embrapa Agroenergia.

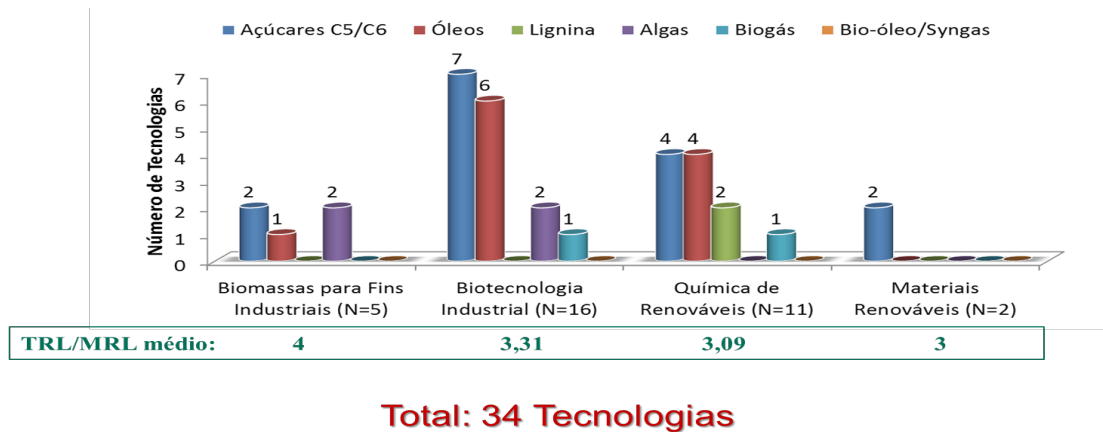


Figura 15. Distribuição dos ativos disponíveis na Vitrine de produtos e processos tecnológicos e na Vitrine de ativos pré-tecnológicos no mapa estratégico da Embrapa Agroenergia.

Stage/Gate 4 – Go/Kill

O quarto estágio do sistema de *Stage-gates* da Embrapa Agroenergia é aquele em que ocorre a experimentação visando obter CTA superior ao CTR, e a prototipagem dos produtos baseados nas soluções tecnológicas da Embrapa Agroenergia. Os grupos de pesquisa e os parceiros de codesenvolvimento da tecnologia são os principais atores desse estágio, uma vez que são eles que realizam a experimentação em laboratório ou campo experimental visando ao atingimento de TRLs 4 e 5 (marco em que está posicionado o portão 4). Os resultados são submetidos ao CTI² para validação no momento em que cada nível é atingido. No entanto, como estágio 4, engloba os níveis TRL 4 e 5, o portão, i.e. o ponto de checagem e tomada de decisão somente ocorre uma vez a tecnologia tendo alcançado o nível 5. Ainda assim existe uma série de ações que devem ser tomadas no transcurso do estágio. Por isso, tendo o nível de maturidade 4 sido atingido e cancelado pelo CTI, inicia-se a etapa de análise de mercado sob a responsabilidade do Setor de Prospecção e Avaliação de Tecnologias (SPAT) e do Núcleo de Estudos Transversais (NET) da unidade. Essa análise visa caracterizar a tecnologia no que concerne a sua competitividade em um dado mercado e atratividade desse mercado. Em função disso, são levantados os seguintes dados:

1. Aplicações comerciais do ativo
 - Rotas tecnológicas de produção
2. Grau de inovação e vantagem competitiva
3. Propriedade intelectual
4. Mercado-alvo:
 - Tamanho do mercado (atual e esperado)
 - Taxa de crescimento anualizada do mercado
 - *Market share*
 - Potencial de geração de caixa ou *royalties*
 - Barreiras de entrada
5. Concorrência:
 - Empresas concorrente
 - Tecnologias concorrentes

6. Análise SWOT:

- Oportunidades
- Ameaças
- Forças
- Fraquezas Forças
- Fraquezas

Cabe salientar que, até o nível da maturidade 4, as equipes de pesquisa dedicam-se a desenvolver o componente crítico da tecnologia de forma isolada, não havendo, portanto, necessidade de prototipagem (configuração completa). Pode-se como exemplo tomar duas tecnologias que compõem a vitrine tecnológica da Embrapa Agroenergia. Essas tecnologias estão descritas na Figura 16.

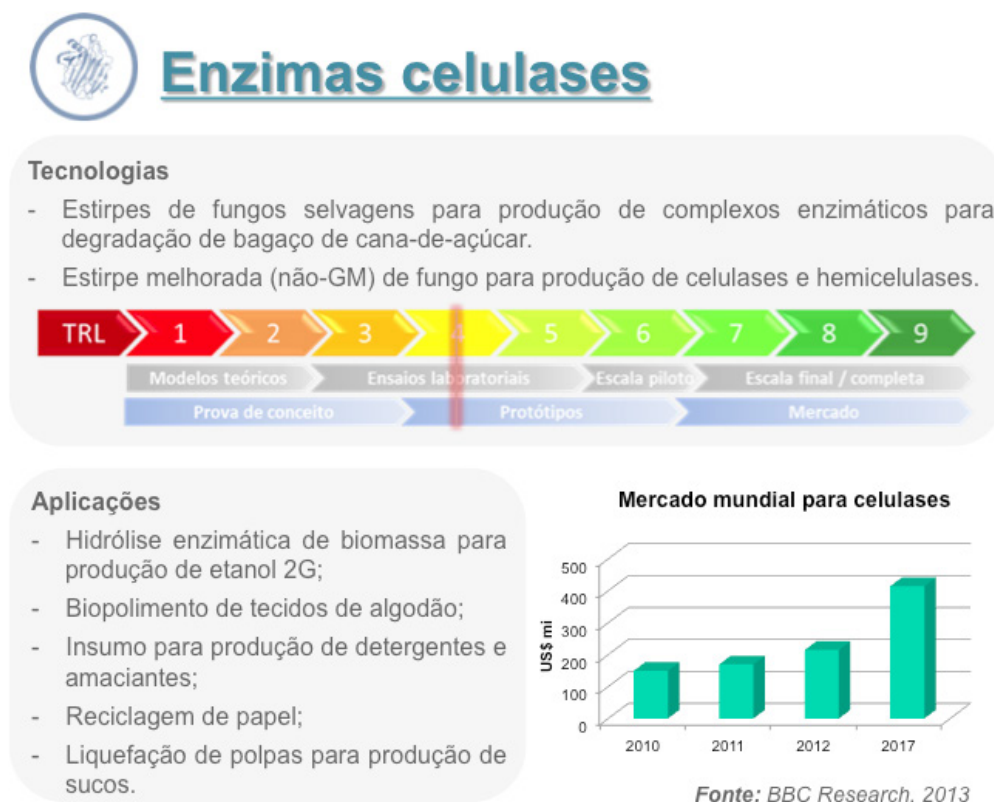


Figura 16. Ativos tecnológicos da Embrapa Agroenergia classificados em TRL 4.

Note-se que ambos os ativos podem ser endereçados para mercados distintos, que vão desde o mercado de biocombustíveis até o mercado de biopolpação, passando pelos mercados têxteis e de reciclagem de papel. Isso ocorre porque, até o nível de maturidade 4, o que está sendo testado e desenvolvido é o componente crítico da tecnologia (componente isolado) e não o protótipo do produto (configuração completa). Neste caso, o componente crítico é a enzima celulase (insumo agroindustrial). Para que esse ativo seja alçado a TRL 5, é preciso primeiro se definir para qual mercado a tecnologia será configurada e definir uma configuração experimental que mimetize aquela que será utilizada em sua aplicação final em quase todos os aspectos. Ou seja, deve ser testada em ambiente de teste que utiliza todos os aspectos fundamentais do ambiente operacional. Em outras palavras é preciso se posicionar estrategicamente o ativo/tecnologia, o que corresponde a endereçá-lo a mercados mais atrativos, em que suas vantagens competitivas possibilitaram maiores probabilidades de sucesso em sua adoção.

Em função disso, na Embrapa Agroenergia, a análise de mercado é iniciada para ativos em TRL/MRL 4 e é realizada de maneira inicialmente exploratória. Para tanto, possíveis configurações operacionais devem ser simuladas e os dados dos mercados aos quais cada configuração se destina são levantados e analisados. De modo a adotar um modelo objetivo para comparação de ativos e/ou configurações operacionais (simuladas ou reais), a Embrapa Agroenergia faz uso durante a etapa de análise de mercado de um modelo de escores (*Score model*) desenvolvido pela Secretaria de Negócios da Embrapa SNE (Figura 17). Basicamente, esse *score model* é baseado nos seguintes parâmetros:

1. Vantagem competitiva do produto/tecnologia.
2. Atratividade do mercado-alvo.
3. Viabilidade funcional.
5. Potencial de parcerias para viabilizar a comercialização.
4. Risco (avaliação das barreiras de entrada).

Cada parâmetro é composto de subparâmetros. Assim, o parâmetro vantagem competitiva é formado por: a) grau de inovação tecnológica; b) propriedade intelectual; e c) tecnologia pontos fortes e fracos. Depreende-se desses parâmetros que, quanto mais inovadora for a tecnologia/ativo, maior o potencial de diferenciação e ruptura de modelo, elevando a competitividade e a atratividade do mercado. A atratividade de mercado, por sua vez, compreende os seguintes subparâmetros: a) tamanho do mercado; b) velocidade de crescimento; e c) potencial de geração de caixa e *royalties*.

NOME DA TECNOLOGIA	Organomini	Planta Industri	BioFilme	Piper Adumcurr
*Vantagem competitiva do produto ou tecnologia	3,3	3,0	1,0	1,7
Grau de Inovação Tecnológica	3	3	1	1
5 - O projeto gera uma inovação capaz de promover uma ruptura tecnológica.				
4 - O projeto gera uma inovação que promove mudanças incrementais no produto ou no processo de produção.				
3 - O projeto gera uma inovação que não se caracteriza como seguidora de uma tecnologia dominante.				
2 - O projeto gera uma inovação que se caracteriza como seguidora de uma tecnologia dominante.				
1 - O projeto não gera uma inovação tecnológica propriamente dita.				
Propriedade Intelectual	2	3	1	1
5. A tecnologia possui propriedade intelectual				
4. A tecnologia não está protegida, mas com o processo em andamento				
3. A tecnologia está protegida mas com período de proteção menor que 5 anos				
2. A tecnologia não está protegida				
1. A tecnologia não é passível de proteção				
Não se aplica, não colocar valor na célula				
Pontos Fortes e Pontos Fracos	5	3	1	3
5. Os pontos fortes são muito mais consistentes que os pontos fracos				
4. Os pontos fortes são mais consistentes que os pontos fracos				
3. Os pontos fortes empatam em consistência com os pontos fracos				
2. Os pontos fracos são mais consistentes que os pontos fortes				
1. Os pontos fracos são muito mais consistentes que os pontos fortes				
*Atratividade do Mercado Alvo	3,7	3,3	2,3	3,3
Tamanho do Mercado (considerar a família de tecnologias quando se aplicar)	4	4	3	3
5. O tamanho do mercado é muito grande (commodities, global)				
4. O tamanho do mercado é grande (agroindústrias não global, não commodities)				
3. O tamanho do mercado é médio (agroindústrias pequenas, nacional)				
2. O tamanho do mercado é pequeno (regional)				
1. O tamanho do mercado é muito pequeno (nicho, mercado local)				
Velocidade de Crescimento do Mercado	4	3	3	3
5. Crescimento grande (>10%)				
4. Crescimento médio (6 a 10%)				
3. Crescimento pequeno (1-5%)				
2. Sem crescimento (0%)				
1. Retração				
Potencial de Geração de caixa e royalties	3	3	1	4
5. Muito Grande (acima de 500M)				
4. Grande (entre 250 e 500 M)				
3. Médio (entre 100 e 250 M)				
2. Pequeno (abaixo 100M)				
1. Não gera caixa ou royalties				
*Viabilidade Funcional	5	4,5	3,5	4
Conhecimento das possíveis aplicações da inovação tecnológica	5	5	4	3
5 - As possíveis aplicações foram identificadas, testadas e validadas.				
4 - As possíveis aplicações foram identificadas e testadas.				
3 - As possíveis aplicações estão sendo identificadas e seus testes planejados.				
2 - As possíveis aplicações estão sendo identificadas, porém não sabe-se ainda quando os testes serão realizados.				
1 - Não foi possível definir as aplicações.				
Estágio de Desenvolvimento (para a produção e comercialização)	5	4	3	5
5. Pronta para mercado				
4. Validada				
3. Pronta para validação				
2. Protótipagem desenvolvida				
1. Em desenvolvimento				
*Potencial de Parcerias para viabilizar a comercialização	5	5	1	4
5. Há parceria consolidada				
4. Parceria sendo consolidada				
3. Início de negociação de parceria				
2. Em prospecção				
1. Sem parceria definida				
5. Não se aplica, não necessita parceiro				
*Risco (Avaliação das barreiras de entrada)	4	5	1	3
5. As barreiras de entrada são pequenas e a tecnologia pode ser oferecida para a vários segmentos				
4. As barreiras de entrada são pequenas e a tecnologia pode ser oferecida para o segmento alvo				
3. As barreiras de entrada são de complexidade média e a tecnologia pode ser oferecida para o segmento alvo				
2. As barreiras de entrada são de grandes complexidade, porém com possibilidade de superação				
1 - As barreiras de entrada são grandes e ainda não foi possível identificar uma estratégia para superá-las				

Figura 17. Critérios de seleção e classificação de tecnologias: *Scoring Model*. (Extraído de: GREENHALG et al. 2017).

Cabe salientar que a atratividade é relacionada à viabilidade econômica da tecnologia, i.e a demanda aparente. Dessa forma, o tamanho do mercado é uma variável que indiretamente mede a sustentabilidade do negócio. Nesse sentido, uma tendência verificada de comportamento ascendente, descendente ou estável do mercado influencia na oportunidade de inserção mercadológica da tecnologia. O potencial de geração de caixa está associado à análise da demanda e ao tamanho de mercado, ao campo de aplicação da tecnologia e ao grau de inovação. No entanto, é importante, entretanto, não confundir o mercado em que a tecnologia vai ser utilizada com o mercado que vai produzir e absorver essa tecnologia. A enzima supracitada, por exemplo, será empregada nos mercados já indicados, mas o mercado primário para o ativo, entretanto, é o segmento de biotecnologia industrial, isto é, de indústrias produtoras de enzimas e coquetéis enzimáticos. Assim, o mercado primário seriam as indústrias de produção de enzimas, e não indústrias de biocombustíveis, biopolpação e reciclagem, que, nesse caso, seriam os mercados secundários.

O terceiro parâmetro, viabilidade funcional, está diretamente relacionado à maturidade tecnológica da tecnologia e ao conhecimento das possíveis. No caso da Embrapa Agroenergia, tal parâmetro é facilmente avaliado por meio da aplicação da escala TRL. Nesse sentido, o estágio de desenvolvimento para a comercialização da tecnologia está relacionado com seu grau de finalização, seja pelo desenvolvimento interno ou parceria externa, pelas características e aplicações desenvolvidas. Aqui, cabe destaque para o fato de o modelo de inovação pautado em níveis de maturidade tecnológica permitir a imediata identificação das fases/níveis em que ocorrem as oportunidades de negócios conforme anteriormente mencionado.

O quarto parâmetro, i.e. o potencial de parcerias, visa, em última análise, medir a facilidade com que a tecnologia/ativo possa ser comercializada. Obviamente, nesse caso, quando há o comprometimento contratual de parceiros de codesenvolvimento em comercializarem produtos, processos ou serviços baseados na tecnologia codesevolvida, maiores são as facilidades para a efetiva adoção da tecnologia pelo setor produtivo. Situação inversa é aquela em que a tecnologia/ativo já se encontra em estágio avançado de desenvolvimento sem que haja parceiros ou clientes prontos para comercializar produtos, processos ou serviços baseados na tecnologia codesevolvida. Essa situação requer uma intensificação dos esforços em marketing e prospecção de clientes/parceiros potenciais.

Por fim, o risco expresso na avaliação das barreiras de entrada compreende as barreiras de mercado e os aspectos regulatórios apresentados como ameaça à inserção da tecnologia. Complexidade de legislação ou condições mercadológicas, como a oferta de matéria-prima e investimentos não retornáveis, são exemplos.

Visando diminuir a subjetiva desta análise, adota-se um quadro de atribuição de notas a cada subparâmetro conforme ilustrado na Figura 17. Os parâmetros de pontuação são, então, quantificados conforme graduação de satisfação, com base na situação real da tecnologia definida pelos parâmetros qualitativos. Tanto maior o grau de satisfação, maior será o valor quantitativo: numa escala de 1 a 5, aferir uma tecnologia que se mostra mais ou menos preparada para ser negociada. A metodologia avalia o maior ou menor potencial de inserção no mercado para cada tecnologia/ativo em questão. Uma vez atribuída as notas para cada parâmetro mercadológico que compõe o modelo, plotam-se os resultados em um gráfico de radar para fins de gestão da tecnologia/ativo e em uma matriz mista BCG/GE, para fins de gestão do portfólio de ativos e conforme Figuras 18 e 19.

O gráfico radar (Figura 18) permite às equipes de negócios e pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Agroenergia identificarem pontos no qual a tecnologia precisa ser “melhorada”, ou qual configuração operacional deve ser priorizada a fim de se obter maior probabilidade de sucesso em sua inserção no mercado de inovações. Note que tais melhorias ou escolhas, muitas vezes, não estão diretamente relacionadas a componentes técnicos do ativo/tecnologia aferidos pelo Comitê Técnico da unidade, mas sim a questões mercadológicas. Entretanto, ajustes nesses parâmetros, ou escolha de uma dada configuração operacional em detrimento de outras, podem requerer ajustes ou mesmo modificações em aspectos técnicos da tecnologia. Por isso, durante o estágio 4 do modelo de *stage-gates* da Embrapa Agroenergia, ou logo após a etapa de análise exploratória de mercado, é de suma importância que a equipe de negócios de feedbacks objetivos para a equipe de pesquisa e conjuntamente estes optem por definir ajustes ou opção por uma dada configuração operacional a ser posteriormente desenvolvida.

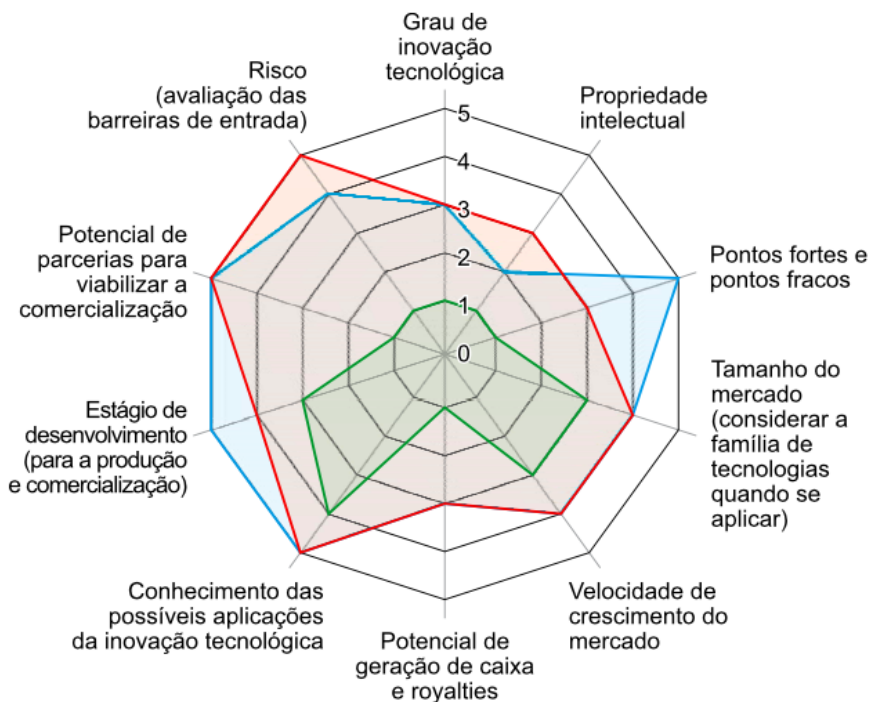


Figura 18. Avaliação em escala radar de três tecnologias, ativos ou configurações operacionais distintas. (Extraído de: GREENHALGH et al. 2017).

Embora o gráfico radar seja útil para se avaliar aspectos pontuais de uma dada tecnologia/ativo ou configuração operacional, sua aplicabilidade para gestão de portfólio de ativos é bastante restrita. Nesse sentido, a plotagem dos resultados do *score model* em uma matriz BCG/GE é bem mais interessante (Figura 19).

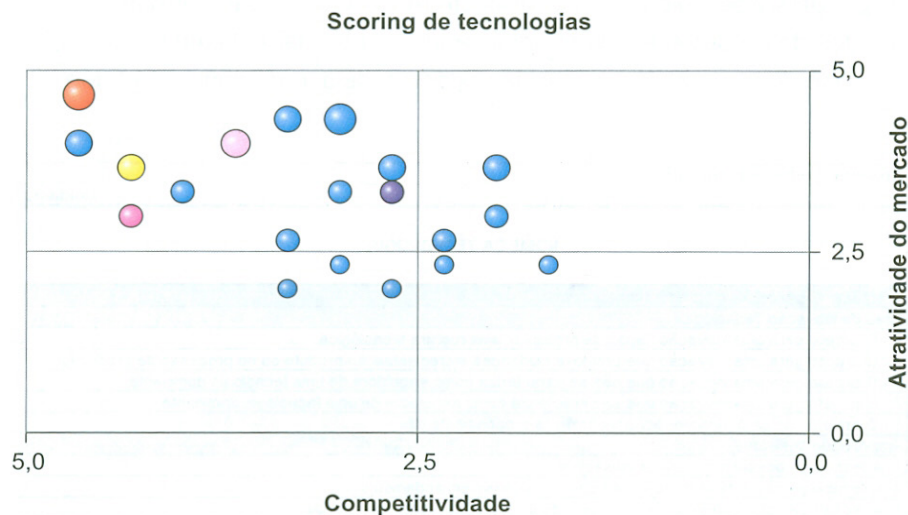


Figura 19. Matriz BCG/GE também chamada de CA (competitividade x atratividade de mercado) utilizada para gestão de ativos. Quadrante (Extraído de: GREENHALGH et al. 2017).

Isso porque numa matriz como essa, em que um dos eixos mede a competitividade da tecnologia ou a probabilidade de sucesso e o outro mede a atratividade do mercado (conforme critérios e parâmetros previamente abordados) a posição da tecnologia/ativo ou configuração operacional nos quadrantes é bastante informativa, pois cada quadrante tem características bem distintas. De modo bastante breve, pode-se classificar os quatro quadrantes como (i) estrelas, (ii) dilemas, (iii) vacas leiteiras e (iv) pesos mortos, conforme a Figura 20.

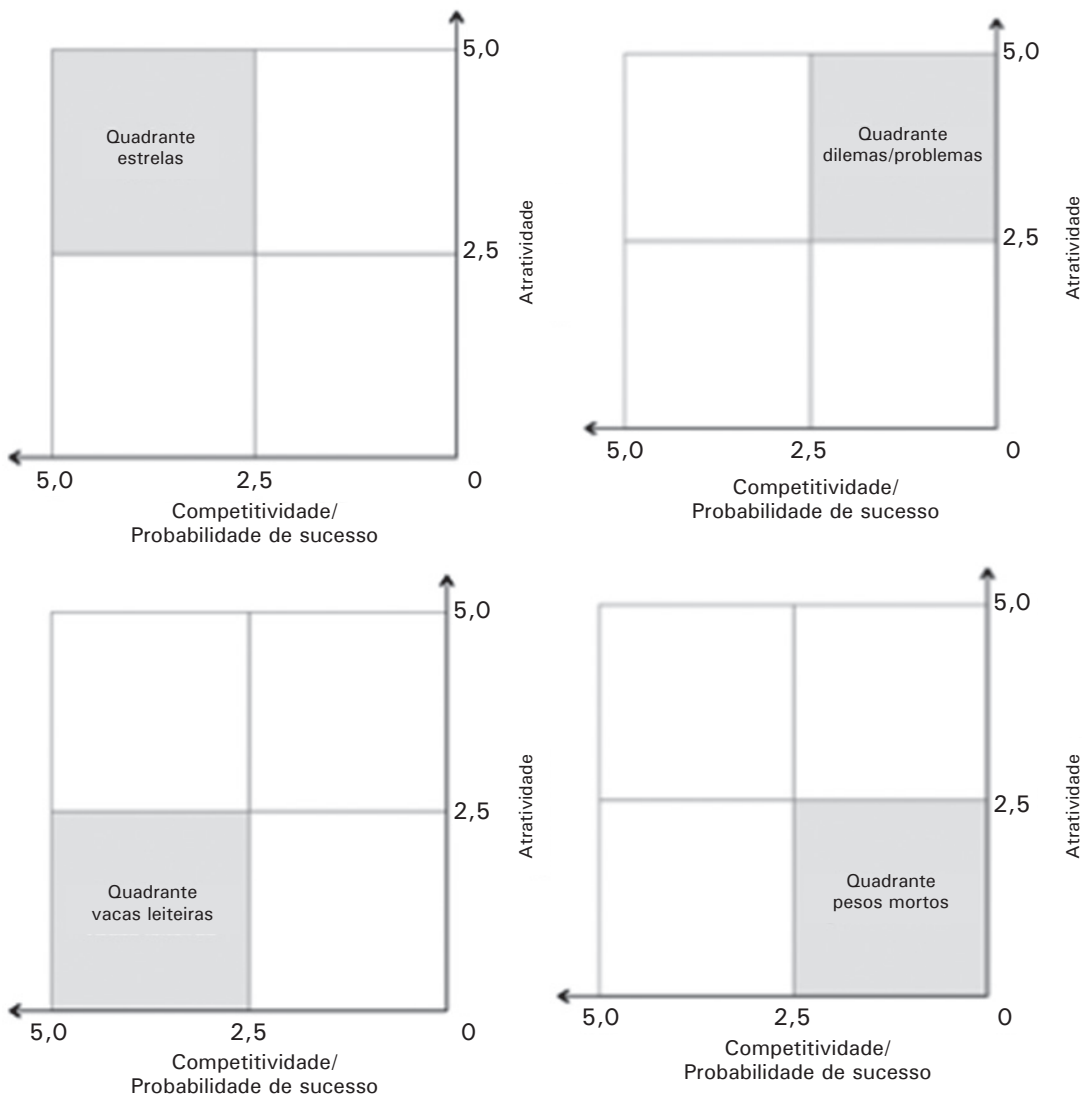


Figura 20. Matriz BCG adaptada e seus respectivos quadrantes.

São denominadas tecnologias/configurações operacionais “estrelas” aquelas tecnologias com grande probabilidade de sucesso/competitividade em mercados de crescimento e concorrência elevados. São denominadas tecnologias/configurações operacionais “vacas leiteiras” aquelas tecnologias competitivas e de alta probabilidade de sucesso, destinadas a mercados de baixo risco e com tendência estável/decrescente quanto à atratividade. Por outro lado, são denominadas tecnologias “dilemas” aquelas tecnologias com baixa competitividade/probabilidade de sucesso que disputarão mercados em franco crescimento. Por fim, são denominadas tecnologias/configurações operacionais “pesos mortos” aquelas tecnologias que pouco interessam para fins de negócios, haja vista estarem endereçadas para participações em mercados em declínio.

Por meio dessa matriz, portanto, a equipe de negócios da unidade pode recomendar a escolha de uma dada configuração em detrimento de outra e/ou o posicionamento estratégico dos ativos em mercados de inovação (Figura 21).

Posicionamento estratégico de ativos nos mercados de inovação

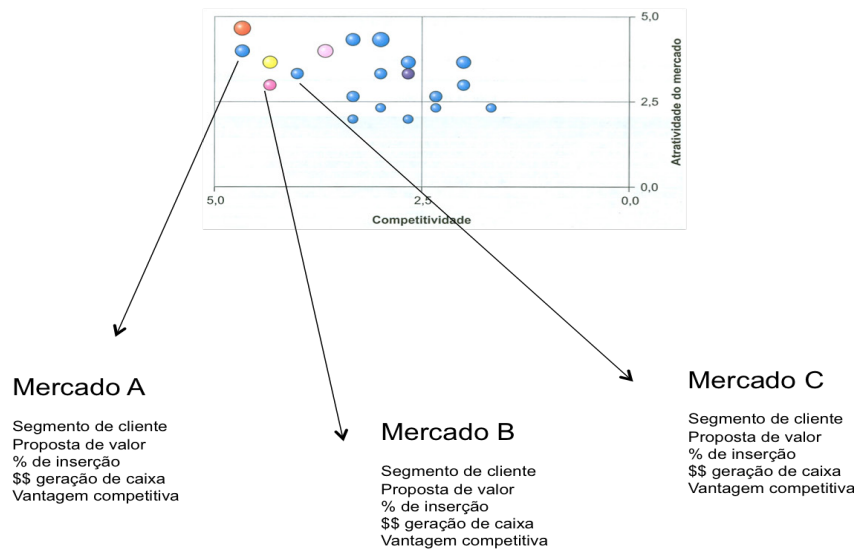


Figura 21. Posicionamento estratégico de ativos ou configurações operacionais baseado na matriz CA (competitividade x atratividade de mercado).

Esse posicionamento estratégico visa basicamente endereçar ativos ou configurações operacionais a mercados mais atrativos e com maior probabilidade de sucesso. Por meio da matriz apresentada na Figura 19, a equipe de negócios da unidade pode, em conjunto com os dados do gráfico radar (Figura 18), recomendar alterações ou ajustes na tecnologia.

Cabe ressaltar que, mesmo para tecnologias/configurações operacionais classificadas como estrelas, tal apontamento não é trivial, uma vez que a empresa deverá investir recursos substanciais para inserir tecnologias nesses mercados de alta taxa de crescimento, ao mesmo tempo em que deverá buscar se diferenciar de concorrentes para garantir a probabilidade de sucesso. Situação análoga ocorre com as tecnologias/configurações operacionais classificadas como dilemas, uma vez que a inserção destas no mercado de inovação exigirá investimentos e a empresa deve avaliar se os esforços para o desenvolvimento da tecnologia se equilibrarão, tendo por base o investimento necessário e o potencial de retorno. Dada essa complexidade, o Comitê Local de Propriedade Intelectual (CLPI) é responsável por analisar e chancelar as análises de mercados efetuadas pela equipe do SPAT e, posteriormente, dar os encaminhamentos necessários.

Uma vez avaliadas questões mercadológicas e feita a opção por uma ou mais configurações operacionais a serem desenvolvidas (a depender da disponibilidade de recursos humanos, físicos e financeiros), os grupos de pesquisa e os parceiros de codesenvolvimento da tecnologia se mobilizam para realizarem a experimentação em laboratório ou campo experimental visando ao atingimento do TRLs 5 (marco em que está posicionado o portão 4). Ao fim da etapa de experimentação, os resultados são submetidos ao CTI² para validação. O Comitê Técnico Interno (CTI) da unidade atua aqui como o *gatekeeper* do portão 4, por aferir se tecnicamente o protótipo está validado e se, como anteriormente apontado, CTA é superior CTR. Tendo o nível de maturidade 5 sido atingido e chancelado pelo CTI, o CLPI avaliará novamente se a tecnologia/ativo atende a todos os critérios de *compliance* (neste caso, restrito a questões regulatórias, como acesso a patrimônio genético, biossegurança), de PI (neste caso, dependente do resultado da análise de privilegiabilidade), se foi devidamente caracterizada (etapa do processo de qualificação), se a relação com parceiros foi contratualmente pactuada e, por fim, se a análise de mercado foi finalizada. Cabe aqui ressaltar que, embora a análise de mercado, em um contexto exploratório, tenha sido iniciada quando o ativo atingiu TRL4, esta deve ser continuada e revisada, tendo em vista o posicionamento estratégico do ativo. Isso porque, ao longo do desenvolvimento, i.e. entre os atingimento dos TRLs 4 e 5, podem ter ocorrido mudanças substanciais

no mercado, seja pela entrada de um novo concorrente, seja pela adoção de um produto. Essa análise é essencial a fim de se validar a atratividade do mercado-alvo e a competitividade da tecnologia/ativo. O CLPI atua assim como um segundo *gatekeeper* do portão 4 visando garantir que apenas tecnologias tecnicamente viáveis, e que atendam a todos os critérios de *compliance*, que estejam contratualmente conformes, que tenham sido caracterizadas/avaliadas quanto à proteção intelectual e estrategicamente posicionadas, sejam liberadas para seguir para novas etapas de prototipagem e desenvolvimento (em ambiente piloto e operacional). Este portão basicamente funciona, então, como um ponto de triagem ou escrutínio de tecnologias, visando identificar aquelas que seguem para no processo de desenvolvimento e aquelas que deverão ser descontinuadas ou submetidas a ajustes (*go/kill*).

É importante salientar aqui que, se a recomendação dos *gatekeepers* for pela não continuidade de desenvolvimento da tecnologia/ativo, que a mesma pode retornar a níveis de maturidade anteriores (4 ou 5), ser reconfigurada e reinserida no macroprocesso de inovação da Embrapa Agroenergia.

Stage/Gate 5 – Go to business

O quinto e último estágio do sistema de *Stage-gates* da Embrapa Agroenergia é aquele em que ocorre a experimentação visando obter protótipos validados em escala piloto e pré-operacional com CTA superior ao CTR. Os grupos de pesquisa e os parceiros de codesenvolvimento da tecnologia são os principais atores desse estágio, uma vez que são eles que realizam a experimentação em escala piloto e pré-operacional, visando ao atingimento de TRLs 6 e 7 (marco em que está posicionado o portão 5). Já durante a fase de experimentação para atingimento do TRL 6, duas ações são realizadas concomitantemente à experimentação: a modelagem técnico-econômica e a análise de viabilidade técnico-econômica. A primeira visa garantir que a modelagem de componentes técnicos do protótipo ocorra de forma integrada à minimização de custos e maximização de retorno. A segunda visa uma análise quantitativa da viabilidade econômica dos produtos, processos e/ou serviços derivados da tecnologia/ativo da Embrapa Agroenergia. As duas ações são realizadas conjuntamente por profissionais da área de pesquisa (modelagem do processo/engenharia) e por profissionais da área de negócios (modelagem econômica). Tendo em vista a impossibilidade de a Embrapa Agroenergia de continuar o desenvolvimento da tecnologia/ativo para além do TRL7, dado ao seu modelo de negócios, ao se iniciar esse estágio, as equipes de prospecção e negócios deverão intensificar, em sua estratégia de relacionamento com clientes, a busca por clientes potenciais para negociação das tecnologias/ativos. Estratégias de marketing tecnológico, marketing de conteúdo e marketing digital devem então ser iniciadas. O SIPT é assim outro ator importante desse estágio do modelo de *stage-gates*.

Uma vez finalizada a experimentação, a modelagem e as análises econômicas realizadas em paralelo, os resultados são submetidos ao CTI² para validação no momento em que cada nível é atingido. O Comitê Técnico Interno (CTI) da unidade atua aqui como o *gatekeeper* do portão 5, por aferir se tecnicamente o protótipo está validado e se, como anteriormente apontado, CTA é superior CTR. Tendo o nível de maturidade 7 sido atingido e chancelado pelo CTI, o Comitê Local de Propriedade Intelectual (CLPI) avaliará novamente se a tecnologia/ativo atende a todos os critérios de *compliance* (neste caso, restrito a questões regulatórias como acesso a patrimônio genético, biossegurança), de PI (neste caso, dependente do resultado da análise de privilegiabilidade), se foi devidamente caracterizada (etapa do processo de qualificação), se a relação com parceiros foi contratualmente pactuada, se a análise de mercado foi finalizada e, por fim, a viabilidade econômica dos produtos, processos ou serviços derivados das tecnologias da Embrapa Agroenergia. O CLPI atua assim como um segundo *gatekeeper* do portão 5, visando garantir que apenas tecnologias tecnicamente viáveis, e que atendam a todos os critérios de *compliance*, que estejam contratualmente conformes, que tenham sido caracterizadas/avaliadas quanto à proteção intelectual, estrategicamente posicionadas e viáveis do ponto de vista econômico, sejam liberadas para seguir para negócios (licenciamento, cessão ou fornecimento de tecnologia). Este portão basicamente funciona então como um ponto de triagem ou escrutínio de tecnologias, visando identificar aquelas que seguem para negócios e aquelas que deverão ser descontinuadas ou submetidas a ajustes (*go to business*).

É importante salientar aqui que, se a recomendação dos *gatekeepers* for pela não negociação, que a mesma pode retornar a níveis de maturidade anteriores (4 ou 5), ser reconfigurada e reinserida no macroprocesso de inovação da Embrapa Agroenergia.

Conclusões e Perspectivas

Tendo sido apresentado o modelo de *stage-gates* adotado a fim de operacionalizar o funil de inovação da Embrapa Agroenergia, o modelo de inovação completo pode ser sumarizado conforme apresentado na Figura 22.

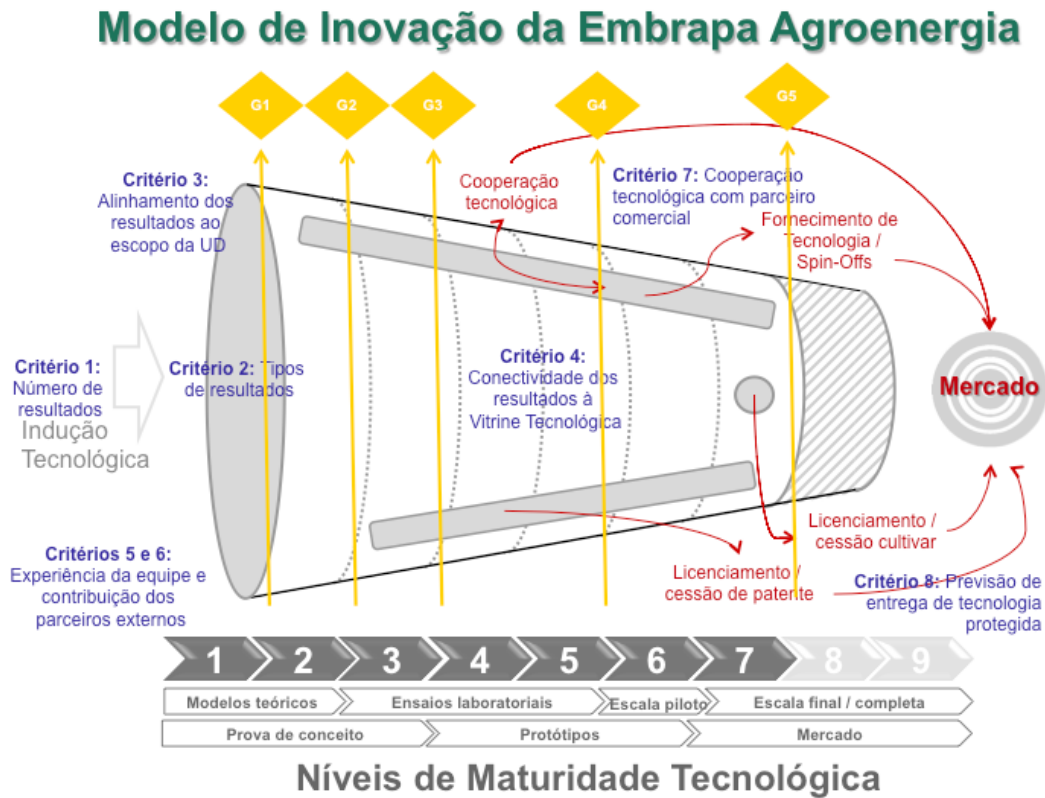


Figura 22. Modelo de inovação da Embrapa Agroenergia, ilustrado por meio da analogia ao funil de inovação, indicando os estágios e portões do modelo de *stage-gates*, os critérios de avaliação estratégica de projetos e os formatos de negócios tecnológicos praticados pela unidade. As fases dos processos são determinadas por meio de TRLs (*Technology Readiness Level*).

Referências

- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API PR 17N**. Disponível em: <<http://www.ogic.co.uk/trl-scale/>>. Acesso em: out. 2017.
- ENA, O.; MIKOVA, N.; SARITAS, O.; SOKOLOVA, A. A methodology for technology trend monitoring: the case of semantic technologies. **Scientometrics**, Dordrecht, v. 108, n. 3, p. 1013–1041, 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Department of Defense Instruction 5000.02: Operation of the Defense Acquisition System**. [Washington, DC], 2008.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance**. [Washington, DC], 2011a. Disponível em: <www.acq.osd.mil/chieftechnologist/publications/docs/TRA2011.pdf>. Acesso em: out. 2017.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook**. [Washington, DC], ASD, 2011b. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA524200&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>>. Acesso em: out. 2017.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook**. [Washington, DC]: 2009. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA524200&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>>. Acesso em: out. 2017.
- GREENHALGH, A. A. M. S.; CONTE, A. C.; FIDELIS, A. C.; ROSINHA, R. O. **Gestão de negócio para projetos de P&D**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 58 p. (Embrapa. Secretaria de Negócios. Documentos, 2)
- ISO. **Space systems: definition of the technology readiness levels (TRLs) and their criteria of assessment: ISO/FDIS 16290:2013**. Geneva: International Organization for Standardization, 2013. 12 p.
- JONG, E. de; HIGSON, A.; WALSH, P.; WELLISHCH, M. **Bio-based Chemicals: value added products from biorefineries**. [S. l.]: IEA Bioenergy, 2012.
- MANKINS, J. C. **Technology readiness levels: advanced concepts office - a white paper: April 6, 1995**. [Washington, DC]: NASA, 1995.

Embrapa

Agroenergia

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

