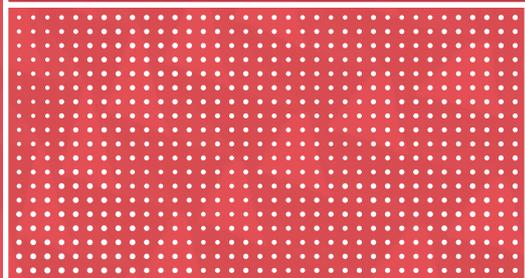


# GUIA PRÁTICO DE ESCALONAMENTO DE TECNOLOGIAS

Da bancada à planta piloto: discussões sobre como inovar com sua pesquisa e se aproximar da indústria.



Realização:



# Expediente

## **Autores:**

Arthur Gabriel da Silva

Elimar Pires Vasconcelos

Glaura Goulart Silva

Lorena Viana de Souza

Marcella Rocha Franco

Marcelo Gomes Speziali

Maria Paula Duarte de Oliveira

Priscila Maria Teixeira Gonçalves de Souza

Rochel Montero Lago

Vinicius Gomide de Castro

## **Projeto Gráfico e Capa:**

João Gabriel dos Reis Gomes Silva

## **Revisão:**

Deborah Rodrigues

## **Apoiadores:**



# Agradecimentos

Para o desenvolvimento deste livro, um guia a respeito do escalonamento de tecnologias, contamos com a contribuição de diversas pessoas e organizações importantes, dentre as quais agradecemos imensamente:

À Universidade Federal de Minas Gerais, pelo berço de conhecimento;

Ao INCT MIDAS, por nos apoiar e acreditar na relevância do assunto aqui abordado;

À Wylinka, por nos ajudar com a estruturação do livro;

À Sociedade Brasileira de Química, pelo apoio;

Às organizações Biominas Brasil, Escalab-UFMG, SENAI, BiotechTown, CTNano-UFMG e aos Institutos Senai de Inovação: CIMATEC e Biomassa, que promovem e acreditam no escalonamento de tecnologias, através de suas iniciativas que, com exemplos práticos, enriquecerão nosso livro;

Às professoras Regina Moreira e Sibeles Pergher, à Paula Sevenini, Camilla Nickel e Fabiano Ferreira por disponibilizarem tempo para realizar a leitura do livro e exporem sugestões.

# Prefácio

A presente obra, “Guia Prático de Escalonamento de Tecnologias”, busca auxiliar em um dos maiores gargalos do desenvolvimento do processo produtivo em áreas estratégicas para o país. Apesar de ser um tema de importância atual, a busca por soluções já está na pauta há um tempo e reforça a relevância deste Guia. Em 2007, foi compilado o interesse de 93 empresas dos segmentos de biotecnologia, medicamentos e cosméticos, a respeito dos produtos e tecnologias que as empresas percebiam como gargalos. Todo esse material compilado foi apresentado à comunidade na forma de relatório técnico denominado “Demandas tecnológicas das empresas de biotecnologia, fármacos, medicamentos e cosméticos para o desenvolvimento de novos produtos ou processos produtivos”. Dentre as infraestruturas e serviços que despontaram como os 15 mais relevantes para as empresas, a ampliação de escala (de projeto piloto a escala industrial) foi considerada a de maior necessidade para ser estabelecida com urgência no país.

Se passaram mais de 10 anos e ainda o Brasil sofre com esse problema, principalmente quando falamos de empresas nascentes na área de Hard Science. Nessa direção, a possibilidade de jovens empreendedores terem um auxílio da lógica de ampliação de escala, através de um Guia prático, é sem dúvida alguma uma ferramenta importante para o desenvolvimento do seu modelo negócio. Soma-se a isso o fato também deste Guia servir como material de balizamento para docentes que gostam do tema e assim poder introduzir em seus cursos de graduação algumas análises sobre o aumento de escala.

Norberto Peporine Lopes

# Apresentação do Livro

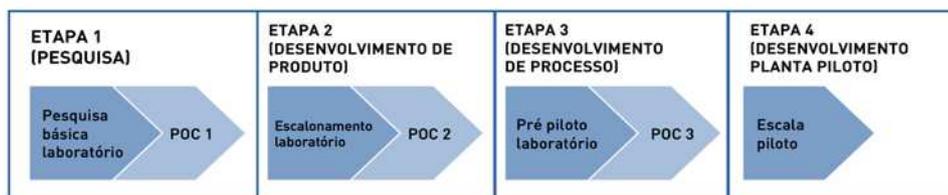
Este livro nasceu no Núcleo Praxis de Estudos Aplicados à Inovação que envolve professores, alunos de mestrado e doutorado e empreendedores ligados à inovação na Universidade Federal de Minas Gerais. Em nossas discussões sobre o processo de inovação em “Hard Science” (por exemplo: química, física, engenharias, farmácia, etc), no Brasil e no mundo, ficou aparente que um dos grandes gargalos existentes atualmente é a etapa de escalonamento, também conhecida como “scale up”, que é necessária se quisermos levar as tecnologias à sociedade, expandindo-as para além de nossos laboratórios de pesquisa. É preciso sair da escala de laboratório, onde normalmente usa-se volumes em miligramas ou gramas, e avançar para uma proporção industrial, que pode chegar a toneladas. Esse processo é normalmente complexo, tem um alto custo e demanda uma dedicação intensa, por um período que pode ser demorado. Ademais, é relevante mencionar que, a comunidade acadêmica em geral, que está sempre envolvida em pesquisas laboratoriais, normalmente não sabe como fazer o processo de escalonamento.

A presente obra foi escrita pensando em trazer uma contribuição singela para a comunidade científica, na forma de um guia prático simplificado, a fim de mostrar os primeiros passos do caminho de escalonamento de tecnologia. Ao longo de todo o livro, dois aspectos são abordados: as questões de tecnologia/engenharia e as que dizem respeito ao mercado. Entendemos que, no desenvolvimento de tecnologias, quanto mais cedo aspectos de mercado são considerados, mais chances de sucesso teremos ao levar a tecnologia à sociedade.

O Capítulo 1 apresenta uma introdução sobre a importância do escalonamento no processo de inovação.

O Capítulo 2 descreve as quatro etapas do processo de escalonamento: (i) a pesquisa em laboratório e a primeira POC (prova de conceito), (ii) o desenvolvimento do produto em laboratório, (iii) o desenvolvimento do processo em laboratório

através de uma planta pré-piloto e, finalmente, (iv) o desenvolvimento da planta piloto.



O Capítulo 3 apresenta alguns laboratórios existentes no Brasil que realizam escalonamento de tecnologias, entre eles: o ESCALAB, o CTNano, a Biominas, o Biotechtown, os Institutos Senai CIMATEC e ISI Biomassa.

Já no último capítulo, são discutidas algumas questões em relação a propriedade intelectual envolvendo universidades, suas pesquisas e processos de escalonamento.

Durante todo o texto, o leitor encontrará “Estudos de Caso” que contextualizam situações de escalonamento vividas por pesquisadores. Além disso, alguns conceitos específicos da área de inovação, um tanto incomuns para as nossas comunidades acadêmicas e industriais, são apresentados em quadros técnicos paralelos ao texto.

Esperamos de coração que este livro possa contribuir para a comunidade acadêmica da área de “hard sciences”, em sua missão de desenvolver tecnologias inovadoras que possam ser levadas à sociedade, com o propósito de resolver problemas importantes e gerar riqueza para nosso país.

Os Autores.

# Apresentação dos Autores

O Praxis é um Núcleo de Estudos em Inovação Aplicada, que tem como missão transformar as experiências práticas de inovação em conhecimento. O objetivo central do núcleo é influenciar novos pesquisadores a se conectarem com o mercado, no intuito de gerar inovação, e as principais ênfases de estudo são escalonamento e propriedade intelectual.

O núcleo foi fundado em 2017 pelo professor Rochel Lago, junto aos alunos de mestrado e doutorado em inovação tecnológica da UFMG. Atualmente possui 12 membros, entre eles alunos e professores, os quais possuem diferentes experiências fundamentais para embasar os estudos realizados.

Este livro foi produzido por 9 membros do núcleo.

## **Priscila Maria Teixeira Gonçalves de Souza**

Graduada em Química Tecnológica e Mestre em Inovação Tecnológica pela UFMG na área de Gestão da Inovação e Empreendedorismo. Trabalha na gestão estratégica do INCT Midas e já coordenou o Laboratório de Negócios Midas (LNM), o primeiro programa de pré-aceleração de um INCT. Também organizou e executou minicursos e workshops de Empreendedorismo Tecnológico com foco no desenvolvimento da cultura acadêmica empreendedora. Atualmente seu desafio no Instituto é auxiliar na estruturação da área de conexão de universidades com indústrias. Todas essas experiências a aproximam de sua missão, a de conectar pessoas e suas tecnologias às necessidades da sociedade contemporânea.

## **Lorena Viana Souza**

Graduada em Engenharia de Materiais, pelo CEFET-MG e mestranda em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual, na UFMG. É fundadora da spinoff de bio-

tecnologia Biomimetic Solutions. Na startup tem a oportunidade de vivenciar uma jornada de grandes desafios, por empreender com tecnologias desenvolvidas dentro da universidade.

### **Arthur Gabriel da Silva**

Graduado em Química Tecnológica e doutorando em Inovação Tecnológica e Biofarmacêutica na UFMG, estuda a química na economia circular. Trabalha na Coordenadoria de Transferência e Inovação Tecnológica (CTIT) da UFMG, onde atua no setor de parcerias e alianças estratégicas, além de conduzir o contato entre pesquisadores e empresas interessadas em inovar. Acredita no potencial da inovação aberta e na cooperação de autores do ecossistema de inovação, sejam eles a universidade, startups, o governo ou empresas.

### **Marcelo Gomes Speziali**

Pós-Doutorado no Massachusetts Institute of Technology – Koch Institute for Integrative Cancer Research; Doutor em Ciências pela UFRGS com período de estágio na Technische Universität München (TUM); Mestre em Química Inorgânica e Bacharel pela UFMG; Especialista em Propriedade Intelectual com formação pela TUM, Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e Japan Institute of Invention and Innovation (JIII – Japan Patent Office). Trabalha com propriedade industrial desde 2005, tendo atuado nos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) da UFMG e UFRGS. Coordenou o NIT e a Incubadora de empresas da UFOP, por pouco mais de três anos. Ao longo de aproximadamente 13 anos, ministrou cursos de empreendedorismo tecnológico e propriedade intelectual em diversas regiões do país. Seus interesses hoje se concentram em ajudar os estudantes a enxergar e trabalhar a química de forma transdisciplinar.

### **Elimar Pires Vasconcellos**

Formado em Ciências Biológicas, possui pós-graduação em Gestão de Negócios na Fundação Dom Cabral (FDC) e mestrado em Inovação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Há 15 anos atua na área de Inovação e Empreendedorismo, e sonha em ver, cada vez mais, negócios e soluções nascendo nas universidades e centros de pesquisa. Trabalha hoje na Wylinka, onde gerencia e atua em

projetos de estruturação de NITs e incubadoras, Inovação Aberta, Transferência de Tecnologias, Valoração, Políticas Públicas de Inovação, Desenvolvimento de Ecossistemas de Empreendedorismo, entre outros. Também atua como facilitador de aprendizado em treinamentos.

### **Marcella Rocha Franco**

Graduada em Ciência e Tecnologia de Alimentos, com Mestrado em Engenharia de Materiais, ambos pela UFOP. É doutoranda em Inovação Tecnológica pela UFMG, onde estuda o scale-up de tecnologias de Hard Science em colaboração com o CTNano, (Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno) da UFMG. Vivenciou uma jornada empreendedora quando fundou a As31, startup de base tecnológica, que teve como objetivo aproximar do mercado as tecnologias desenvolvidas na bancada do laboratório. Atualmente atua no Escalab e contribui com desenvolvimento do modelo de negócios e de plantas piloto para viabilizar o processo de escalonamento de tecnologias advindas de pesquisas científicas.

### **Rochel Montero Lago**

Possui graduação em Química pela UNICAMP e estudou também na Gifu University no Japão, na University of Oxford, no Instituto de Catálise e Petroquímica Madri na HEC (Heutes Etudes Commerciales) Montreal. Atua na área de Química, com ênfase em Catálise, Ambiental, Materiais, Tratamento de Efluentes e atualmente tem se dedicado ao tema Inovação e Empreendedorismo Tecnológico.

### **Vinícius Gomide de Castro**

Engenheiro Químico e mestre em Engenharia Química pela UFMG, Pós-Graduado em Gestão de Negócios pela FDC, doutorando em Inovação Tecnológica na UFMG. Realizou também um curso de empreendedorismo na Babson College. Trabalha no CTNano (Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno) da UFMG, onde atua no desenvolvimento de produtos, otimização e escalonamento de processos, validação das aplicações na indústria e propriedade intelectual. Sua principal motivação é colocar o desenvolvimento tecnológico a serviço da indústria e da sociedade.

### **Glaura Goulart Silva**

Possui graduação e mestrado em Química pela UFMG. Doutorou-se pelo Institut National Polytechnique de Grenoble - França. Realizou dois períodos sabáticos no

exterior, desenvolvendo pesquisas na Inglaterra e na Austrália. Atualmente é professora titular da UFMG. Tem experiência na área de materiais poliméricos multi-componentes, com atuação principalmente em preparação, caracterização e estudo de aplicações de compósitos com nanomateriais de carbono. Também está envolvida em diferentes pesquisas aplicadas de nanomateriais e no aumento de escala de produção, visando inovações associadas à cadeia de nanotecnologia. Coordena um grupo que desenvolve soluções tecnológicas baseadas em materiais para os setores de química, petróleo & gás, energias renováveis, mineração e siderurgia. Neste contexto, atua como vice-coordenadora do CTNano (Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno). Seus principais interesses são o desenvolvimento de materiais avançados e a formação de profissionais capacitados para atender os desafios da indústria moderna.

### **Maria Paula Duarte de Oliveira**

Graduanda em química tecnológica pela UFMG. Atualmente é CEO da startup IARA e gestora do ESCALAB. Participa e organiza iniciativas empreendedoras para estudar a viabilidade econômica de tecnologias hard science. Venceu o Biomaker Battle, ficou em segundo lugar do Startup Weekend Biotech BH e foi finalista do programa de pré-aceleração Biostartup Lab. Além disso, trabalha com o desenvolvimento de plantas piloto para realizar a transição do processo tecnológico da escala de bancada para a industrial da startup IARA e de demais tecnologias do ESCALAB. Tem como missão melhorar a qualidade de vida das pessoas através de soluções tecnológicas ambientais.

# Sumário

**Capítulo 1** – O processo de Inovação e sua importância para o escalonamento. **12**

**Capítulo 2** – Processos e conceitos sobre o escalonamento de tecnologias. **19**

2.1 – Etapa 1: Pesquisa de Laboratório. **22**

2.2 – Etapa 2: Desenvolvimento de produto em escala de laboratório. **31**

2.3 – Etapa 3: Desenvolvimento de processo em laboratório. **42**

2.4 – Etapa 4: Desenvolvimento da planta piloto. **51**

2.5 – Conclusões e aprendizados sobre o processo. **66**

**Capítulo 3** – Exemplos de alguns laboratórios de escalonamento no Brasil. **72**

3.1 – CTNano – UFMG. **73**

3.2 – Escalab – UFMG – SENAI. **80**

3.3 – Biominas Brasil. **85**

3.4 – BiotechTown. **91**

3.5 – Instituto Senai de Inovação Biomassa. **97**

3.6 – Instituto Senai de Inovação CIMATEC. **105**

3.7 – Conclusão. **111**

**Capítulo 4** – Academia, patentes e escalonamento. **113**

**Referências Bibliográficas** **125**

# Capítulo 1

## O processo de inovação e sua importância para o escalonamento

**Arthur Gabriel Silva (UFMG)**  
**Marcella Rocha Franco (UFMG)**

A inovação é um tema em pauta em diversos ambientes, por exemplo, na academia e na indústria; no entanto, ainda existe certa dificuldade em definir exatamente o que esse termo significa. O conceito de inovação, especialmente relacionado às tecnologias, tem se ressignificado nos últimos anos. De uma forma bastante simples, podemos definir a inovação como a exploração de novas ideias, com sucesso. As ideias podem ser relacionadas com o desenvolvimento de novos processos e/ou produtos, ou ainda com novas aplicações para produtos já conhecidos. O sucesso está atrelado à utilização pela indústria e introdução no mercado (Boer, H. e During W. E. 2001).

### **Inovação é a exploração de novas ideias, com sucesso!**

Hoje podemos considerar a inovação como um processo mais amplo, que implica desde uma novidade até um produto e/ou processo que necessariamente serão implementados. Nesse sentido, as ICTs (Instituições de Ciência e Tecnologia) têm um papel fundamental, pois são as principais responsáveis por realizar pesquisas e gerar o conhecimento que serão utilizados como base para o desenvolvimento de tecnologias que contribuam com o processo da inovação. Nesse contexto, segundo Veraszto, et al. (2008), iremos definir a tecnologia aqui abordada como o resultado do conhecimento teórico e científico das ciências duras (química, física e biologia) desenvolvidos em ICTs, a serem aplicadas para solucionar necessidades sociais específicas. As quais também serão abordadas como “tecnologias de Hard Science”.



A fim de reduzir a complexidade deste caminho, respondendo à pergunta central aqui proposta, este livro foi dividido em quatro capítulos que abordam assuntos importantes, levando o leitor a realizar uma reflexão dos aspectos e das variáveis críticas que envolvem o tema escalonamento. Sendo este o Capítulo 1, que objetiva introduzir e definir alguns conceitos básicos e gargalos recorrentes que envolvem o escalonamento.

No capítulo 2, o processo da bancada de laboratório até a planta piloto é trabalhado em quatro etapas distintas: (1) Pesquisa de laboratório; (2) Desenvolvimento de produto em escala de laboratório; (3) Desenvolvimento de processo em laboratório; (4) Desenvolvimento da planta piloto; onde em cada etapa serão levantados questionamentos e apontamentos de potenciais gaps que podem inviabilizar esse processo.

O capítulo 3 apresenta “estudos de casos” de seis laboratórios e centros de pesquisa brasileiros que possuem infraestrutura, know-how e mão de obra qualificada para a execução do escalonamento. Cada estudo é apresentado por colaboradores dos próprios locais, para que possam transmitir ao leitor uma visão mais clara e detalhada das atividades e infraestrutura do espaço.

Ainda que adjacente ao processo produtivo, o capítulo 4 aborda questões importantes a respeito da proteção intelectual, uma vez que muitas questões acerca da proteção das informações envolvidas nesse procedimento podem mostrar-se aos inventores. Para cada uma dessas etapas, algumas particularidades relativas a proteção intelectual foram discutidas neste livro. Assim, o capítulo se dedica exclusivamente ao esclarecimento de dúvidas a respeito da busca por informações tecnológicas, utilizando bancos de dados de patentes, como procedimento fundamental para quem pretende iniciar um projeto científico e até mesmo para quem já possui resultados de bancada ou já iniciou um escalonamento.

Embora vários aspectos sejam abordados neste livro, o foco principal é no processo de escalonamento de tecnologias, desde a bancada até a planta piloto. Para tanto, algumas considerações importantes com relação ao escalonamento de tecnologias devem ser levadas em conta.

## **Somente os experimentos de laboratório não são suficientes para levar uma tecnologia até a escala industrial/mercado?**

Ainda que os experimentos em escala laboratorial não sejam suficientes para a reprodução da tecnologia em escala industrial, não há dúvidas de sua importância na viabilização do desenvolvimento de um novo produto ou processo. Essa percepção começa a se instaurar na academia nacional, visto que o assunto “inovação” tem ganhado cada vez mais destaque na pesquisa brasileira. No entanto, dentro das universidades nem sempre há uma infraestrutura e espaço físico próprio para o escalonamento, muito menos experiência em como fazê-lo.

## **A grande maioria dos pesquisadores não está preparada para executar o escalonamento de tecnologias!**

Poucos pesquisadores de universidades estão cientes do extenso caminho que tecnologias de baixa maturidade (comumente encontradas em centros de pesquisa ligados às universidades) precisam percorrer até se transformarem em inovações estabelecidas e completamente implementáveis.

Cooley e Linn (2014) afirmam que apenas o conhecimento teórico não é suficiente para obtenção de sucesso no escalonamento, fazendo-se necessário o conhecimento prático baseado em experimentações específicas, o qual, conforme citado anteriormente, é adquirido por meio da vivência e de experiências práticas. Tal conhecimento é visto como tácito, que significa o conhecimento pessoal e individual, e compreende elementos técnicos e cognitivos de difícil tradução e comunicação. Além do conhecimento tácito, a multidisciplinaridade e o envolvimento de profissionais com diferentes formações é importante (Thorpe, M. e Ridman, T. 2016). Portanto, torna-se essencial a interação entre cientistas com elevados conhecimentos teóricos e engenheiros com conhecimento e vivência prática para se alcançar sucesso no escalonamento..

## **Não é comum existir nas universidades brasileiras uma infraestrutura adequada, um espaço físico próprio para o escalonamento, ou ainda o know-how de como fazê-lo!**

Bisio e Kabel (1985) definem o escalonamento como o trabalho necessário para a partida e operação bem-sucedidas de uma unidade de produção industrial, cujos procedimentos de operação e desenho estejam em parte baseados em experimentações e demonstrações realizadas em escalas menores e/ou de laboratório. Outros autores abordam o escalonamento como um processo utilizado na expansão, replicação e adaptação de resultados de sucesso em uma escala industrial, com base em experimentações anteriores, que deve ser enquadrado no ciclo inovação-aprendizagem-expansão (Cooley, L. e Linn, J. F. 2014).

Embora seja um conceito amplo e com diferentes denominações (aumento de escala, “Scale Up” ou “scaling up”), na engenharia química é descrito como a reprodução dos resultados técnicos obtidos em menores escalas (laboratoriais), por meio de operações químicas e/ou físicas para maiores escalas com o objetivo de se obter um novo produto comercial (Thorpe, M. e Ridman, T. 2016).

Mas o escalonamento não acontece da noite para o dia. A transposição dos resultados obtidos em laboratório para escalas industriais tem sido apontada como um grande desafio por pesquisadores, os quais iniciam o desenvolvimento da tecnologia na bancada e poucas vezes conseguem visualizar de maneira clara o longo caminho que a pesquisa deve percorrer até atingir maturidade, de modo a alcançar finalmente um processo industrial de transformação da matéria prima em um produto (Thorpe, M. e Ridman, T. 2016). Trata-se de um assunto de baixa abrangência na literatura, abordado de maneira individual de acordo com a área específica, e devido a esse fator acaba forçando os pesquisadores interessados a trabalharem com base na tentativa e no erro. Por outro lado, gera-se uma carga de experiência aos envolvidos que não deve ser desprezada, pois é construída uma ponte entre o conhecimento e a experiência prática.

## **Escalonamento de tecnologias: O vale da morte”.**

### **O escalonamento tem sido o “vale da morte” para muitas tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento!**

Algumas das dificuldades enfrentadas por pesquisadores na tradução dos resultados laboratoriais em maior escala podem ser descritas como os desafios associados ao elevado risco tecnológico e de engenharia (definição dos equipamentos e variáveis de processo), a escassez de recursos financeiros (escalonar uma tecnologia em produtos químicos e materiais pode custar em torno de R\$ 50 mil a R\$ 1 milhão), a disponibilidade de infraestrutura adequada (civil, elétrica, hidráulica com todos os requisitos de segurança do trabalho e ambiental) e a necessidade de políticas públicas específicas.

Esses são alguns dos pontos críticos relacionados ao escalonamento de tecnologias vivenciados pelos autores deste livro e também abordados na literatura acerca do assunto (Resende, R. G. et al. 2017; Andrade, L. P. C. et al. 2016; Nakanishi, S. C. 2015; Wang, J. 2015; Baart, et al. 2007; de Paula, I. C. e Ribeiro, J, L. D. 2001).

Como consequência, o escalonamento tem sido o “vale da morte” para muitas tecnologias que, em estágios iniciais de desenvolvimento, acabam não alcançando o mercado, o que resulta na interrupção do projeto. Assim, várias tecnologias são interrompidas ou permanecem apenas em laboratórios de pesquisa, enquanto poderiam contribuir de maneira efetiva para o progresso econômico do país (Osawa, Y. e Miyazaki, K. 2006; Andrade, L. P. C. 2016; Thorpe, M. e Ridgman, T. 2016).

## **Alguns trabalhos de literatura sobre escalonamento de tecnologias**

Na pesquisa realizada por Wang (2015) a respeito do escalonamento de células de combustível, foram apontados alguns aspectos que podem vir a ser grandes barreiras na execução do método, como: a dificuldade de reprodução dos resultados laboratoriais; o controle das condições dos sistemas em maiores escalas, rela-

cionados à falta da utilização de ferramentas de gestão para a construção de processos replicáveis; e a falta de uma equipe multidisciplinar. De acordo com o estudo, a ausência desses componentes resultou na produção de células de combustível de elevados custos e baixas durabilidade e confiabilidade.

Em outra pesquisa, realizada por Baart (et al. 2007), a ampliação de escala para produção de vacinas só foi possível com o controle das condições do processo, da qualidade da matéria-prima e da utilização de meios sintéticos, que garantiram a reprodutibilidade e o sucesso do escalonamento. Os autores ainda ressaltaram que a exploração e a qualidade dos dados e problemas apurados durante os experimentos laboratoriais e piloto foram essenciais para o êxito do processo. A procedência da matéria-prima e a utilização dos resultados como ponto de partida, também foram considerados fundamentais na ampliação de escala do processo de pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar para a obtenção de etanol de segunda geração (Nakanishi, 2016). Nakanishi ainda aponta a utilidade de trabalhar com modelos matemáticos para comprovar a viabilidade do procedimento antes de executá-lo.

Diante do exposto, a fim de contribuir com o fechamento da lacuna existente na literatura a respeito dos aspectos gerais do escalonamento, este guia tem como principal objetivo levantar pontos no processo de escalonamento, além de servir como base para o emprego de esforços iniciais no caminho entre a pesquisa na bancada e a produção em escala industrial.

O processo de escalonamento é único para cada tecnologia, mas as principais etapas e desafios se repetem. É importante que o pesquisador, mesmo não tendo um papel de protagonista no desenvolvimento do escalonamento de suas tecnologias, entenda quais são os aspectos essenciais no sucesso da transformação de uma invenção em inovação.

## **O escalonamento deve ser entendido como uma etapa fundamental e possível gargalo da inovação tecnológica.**

A jornada é sua, mas esperamos que as dicas a seguir ajudem a tonar o caminho mais acessível!

# Capítulo 2

## Processos e conceitos sobre o escalonamento de tecnologias

**Elimar Pires (Wylinka)**

**Lorena Vianna (UFMG/Biomimetic Solutions)**

**Marcella Rocha Franco (UFMG/Escalab)**

**Priscila Maria Teixeira Gonçalves de Souza (UFMG/INCT Midas)**

**Rochel Montero Lago (UFMG/ INCT Midas)**

**Vinícius Gomide (UFMG/CTNano)**

Nesta parte do livro discutiremos as principais etapas do aumento de escala, desde os testes iniciais em laboratório até a planta piloto. O objetivo não é apresentar uma rota única para o aumento de escala, e sim indicar pontos comuns observados em casos reais de escalonamento, além de recomendações em cada estágio de desenvolvimento. Embora algumas variações sejam possíveis, de acordo com as especificidades de cada tecnologia, a implementação das etapas a seguir ajuda a direcionar melhor os esforços e mitigar os riscos ao longo do processo.

A seguir, bem como em outras partes do livro, apresentaremos breves relatos reais, vivenciados por nós, chamados aqui de “Estudo de Caso”. Com eles esperamos ilustrar e contribuir para a compreensão das ideias e dos conceitos abordados.

### **Estudo de Caso: Escalonamento de tecnologia na transformação do glicerol, coproduto do biodiesel, em um supressor de poeira**

O estudo da transformação do glicerol em produtos de maior valor agregado foi iniciado durante o desenvolvimento de uma tese de doutorado, pois nos parecia uma grande oportunidade para viabilizar um negó-

cio. O glicerol é um subproduto do biodiesel, amplamente disponível no Brasil, e existem poucas alternativas para sua destinação. Durante o desenvolvimento da tese, uma indústria nos procurou com uma demanda peculiar, que consistia em produzir um supressor de poeira, usado em grande escala pela mineração para o armazenamento e transporte de minério. Relatamos aqui como a elaboração de um supressor de poeira, a partir do glicerol, foi realizada em nosso laboratório através de três etapas principais, até alcançar o momento ideal da realização de um teste em escala piloto.

**Etapa 1- Pesquisa:** esse período começou baseado em um projeto de pesquisa de doutorado. Pensamos e testamos várias rotas para a polimerização do glicerol. A partir dos testes de laboratório, conseguimos compreender a química envolvida e aperfeiçoamos o processo, percorrendo diferentes caminhos. Tínhamos em mãos diferentes produtos de reação e nesse momento queríamos saber se esses produtos poderiam funcionar como supressores de poeira. Assim, fizemos aquilo que chamamos de primeira POC Lab. (Prova de Conceito em laboratório), na própria bancada e com pouca quantidade de material, onde construímos um pequeno túnel de vento e simulamos um processo de arraste de partícula com o intuito de demonstrar a funcionalidade de nosso composto como supressor e então escolhermos a melhor reação. Os testes foram muito simples, porém, foram suficientes para mostrar resultados muito promissores. Uma vez realizada a primeira POC Lab., finalizada com sucesso, e confirmada a viabilidade técnica de nosso método, chegou o momento de pensarmos na melhor forma de protegê-la. Para tanto, por meio de um levantamento no estado da técnica, através do mapeamento de outras tecnologias, foi possível perceber que a mesma cumpriu com os três requisitos básicos- atividade inventiva, novidade e reprodução industrial - exigidos para requerer um pedido de patente. Além de proteger a tecnologia, nessa fase inicial de desenvolvimento também foi importante validar se a definição de aplicação estabelecida era de interesse e solucionava alguma dor de mercado. Como a requisição partiu de uma empresa, a demanda da tecnologia foi validada e continuamos a trabalhar no desenvolvimento tecnológico.

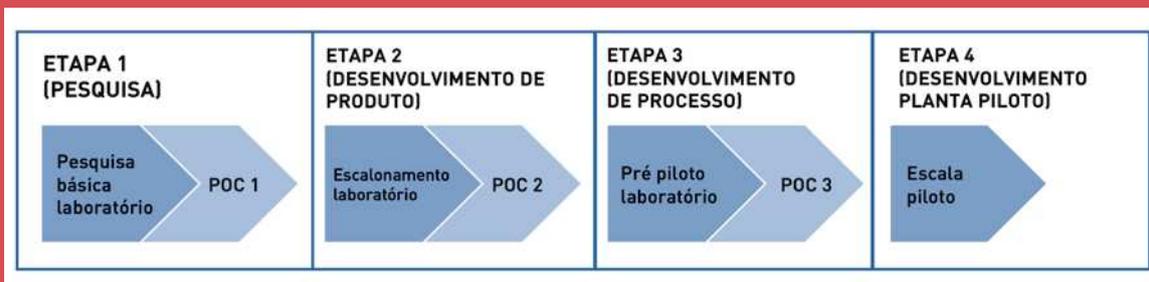
A partir dos resultados da primeira parte da pesquisa, decidimos seguir para a Etapa 2-Desenvolvimento de Produto: neste momento, ainda em testes internos, da utilização de reações com volumes na faixa de 1-5 ml, mudamos para reações com volumes na faixa de 500-1000 ml, o que chamamos de escalonamento em laboratório. Para a realização de testes mais robustos, a fim de comprovar a eficiência da supressão de poeira, utilizamos o pequeno “túnel de vento”, com o intuito de gerar uma nova prova de conceito (POC 2) em condições mais próximas à realidade. Nessa prova de conceito trouxemos para o laboratório produtos comerciais, com a intenção de fazermos algumas comparações de eficiência. Antes dessa etapa havíamos utilizado, basicamente, apenas os recursos que tínhamos em laboratório, e eram produzidos cerca de 1l do produto em um dia de trabalho. Algumas indústrias ficaram muito interessadas e pediram quantidades bem maiores, cerca de 200 l do composto, para a realização de testes.

A partir dos resultados obtidos e das necessidades apresentadas por algumas empresas, ficamos muito entusiasmados, porém, havia uma limitação em relação ao que era possível produzir em laboratório. Decidimos então executar os testes a partir de uma escala piloto de 500 l. Assim, o desafio era sair da bancada de 0,5 l para a produção com 500 l. Para isso, optamos por executar uma fase anterior ao piloto, chamada aqui de Etapa 3, relacionada ao desenvolvimento de um processo de produção.

**Etapa 3 - Desenvolvimento de Processo:** esta etapa envolveu um projeto pré-piloto de laboratório, onde trabalhamos com um béquer grande de 3 l, imerso em banho de óleo, utilizando uma adaptação da agitação mecânica (por meio de uma furadeira com hélice), onde passamos a utilizar uma glicerina comercial, proveniente de uma usina de biodiesel. Depois de algumas reações otimizadas, obtivemos diferentes produtos e realizamos mais testes (os quais foram descritos como nossa POC 3). Esse trabalho, realizado em uma escala maior, teve como objetivo simular um reator de maior proporção, além de utilizar insumos comerciais e reais. Também, foi muito importante para nos dar segurança, necessária para avançar nos testes, utilizando um reator maior, de 500 l, e avançar para a

## Etapa 4 - Desenvolvimento de Planta Piloto:

As etapas exibidas na figura abaixo dão uma ideia geral do processo de escalonamento, e serão utilizadas ao longo deste livro para fins de discussão.



## 2.1 - Etapa 1: Pesquisa de laboratório

Esta fase envolve a pesquisa básica de laboratório e como é direcionada para aproximar o produto ou processo da indústria/mercado.

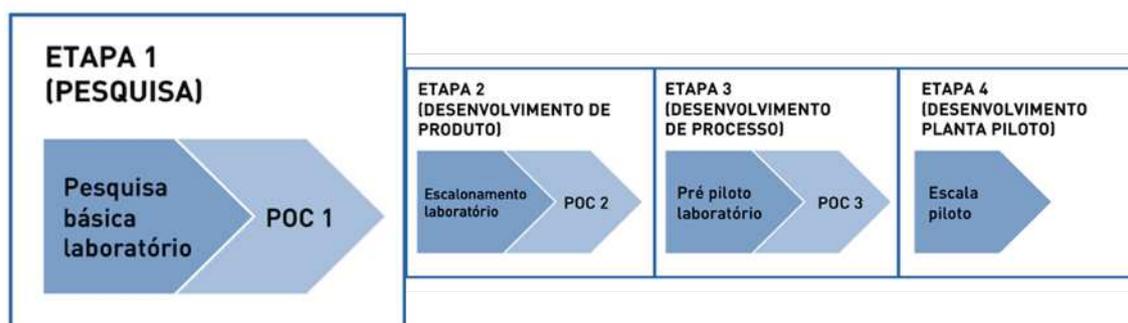


Figura 1: Fases do processo de escalonamento de tecnologias

**A pesquisa básica de laboratório é fundamental para o desenvolvimento de um novo produto ou processo, mas é apenas o primeiro passo!**

A tabela abaixo reúne os principais tópicos que serão abordados aqui:

<b>Etapa 1 (Pesquisa)</b>	
<b>Objetivo</b>	Definir as bases científicas e conceito e/ou formular sua aplicação, além de realizar experimentos a fim de se comprovar a factibilidade técnica da tecnologia.
<b>Infraestrutura necessária</b>	Laboratórios de pesquisa.
<b>Produtos Esperados</b>	Relatórios e artigos científicos; dissertações e teses de doutorado; possível proteção intelectual; um Pré EVTE (Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica); validação da viabilidade técnica do projeto, por meio de uma prova de conceito realizada em escala de laboratório.
<b>Quantidade/Escala</b>	Gramas, mililitros ou litros

A fase inicial de um processo de **inovação** tecnológica nas áreas da química, da engenharia e correlatas ocorre no laboratório e pode ser descrita como a primeira fase do desenvolvimento de um produto.

### **Inovação x Invenção, qual a diferença?**

**-Invenção:** resultado de uma atividade criativa/tecnológica que tem por objetivo resolver um problema. Porém, nem toda invenção chega ao mercado e/ou será explorada comercialmente. Uma invenção que se apresente como uma oportunidade de negócio e que realmente vai para o mercado, resolvendo efetivamente um problema, é considerada uma inovação.

**-Inovação:** sempre começa com uma invenção, que se inicia com base na criatividade, que é originada através de uma ideia. O objetivo de uma inovação é explorar de maneira comercial uma nova tecnologia, produto, processo ou serviço, obtendo impactos financeiros, comerciais ou sociais como resultado (Lei nº 9279, Brasil, 1996).

Esse é um estágio de exploração e, segundo Shane (2004), é um processo iniciado naturalmente por uma pesquisa acadêmica, na qual os esforços iniciais são dedicados a uma profunda revisão do estado da técnica, objetivando definir conceitos iniciais, como características básicas e algumas das potenciais aplicações da tecnologia. Trata-se de uma fase composta por muitas incertezas e riscos, pois o conhecimento a respeito dos possíveis produtos que irão incorporar a tecnologia e os mercados potenciais ainda é incipiente. Este caráter preliminar implica no elevado risco, associado ao desenvolvimento tecnológico e baixo valor comercial (Frishammar, J. et al. 2015). Contudo, à medida que o desenvolvimento tecnológico avança ao longo do tempo, esse risco é reduzido e o valor comercial identificado pelo mercado aumenta, conforme pode ser observado na Figura 2.

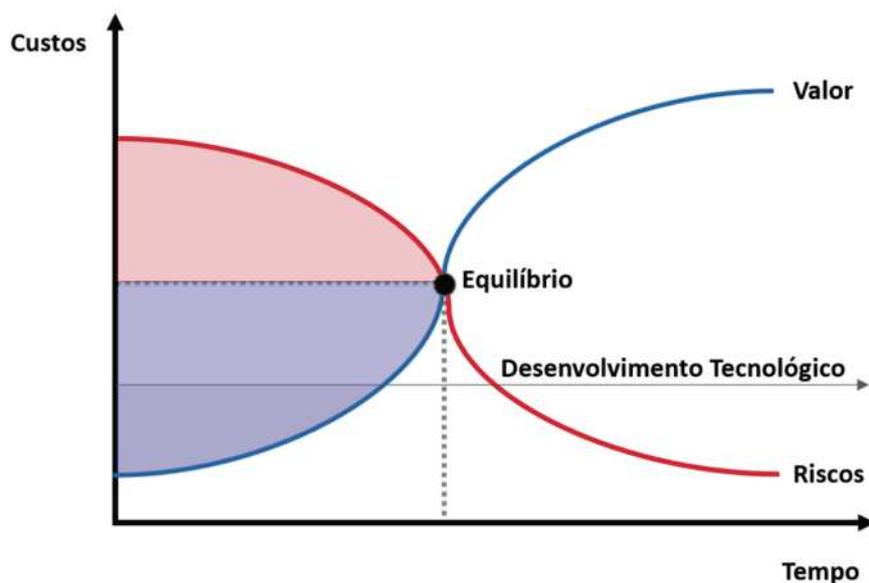


Figura 2: A relação dos riscos associados ao desenvolvimento tecnológico, o tempo e o valor de mercado da tecnologia.

## **Mas quais são os recursos necessários nessa fase de desenvolvimento?**

Quando a pesquisa é feita em uma ICT, grande parte do custo não é explícito, como por exemplo: o salário de pesquisadores especialistas, bolsas de alunos ou a infraestrutura sofisticada dos equipamentos utilizados. Outro gasto importante e intangível é o relacionado ao capital intelectual dos pesquisadores da instituição envolvidos na pesquisa. É importante ressaltar que diante do cenário atual, os recursos financeiros necessários para esta etapa geralmente são custeados por órgãos governamentais e instituições de fomento, uma vez que o objetivo principal desta fase da pesquisa consiste em desenvolver um trabalho criativo que sistematicamente é feito para aumentar o banco de dados de conhecimento (Andrade, L. P. da S. et al. 2016).

## **Quais os principais desafios a serem enfrentados na fase da pesquisa de laboratório?**

Dentro da primeira etapa, talvez possam ser percebidos alguns desafios; o primeiro é realizar uma pesquisa altamente aplicada, mas que ao mesmo tempo tenha relevância acadêmica, com base em uma ciência de ponta. É de extrema importância perceber que a pesquisa aplicada e a pesquisa básica não são conflitantes, mas complementares! O segundo desafio é realizar esse estudo, desde o início, conectado a aspectos do mercado, pois é importante entender a aplicação de sua tecnologia, além de levantar e considerar aspectos de interesse dos clientes potenciais. Esses aspectos podem ter grande impacto nos próximos passos do trabalho.

## **Prova de Conceito (POC 1) na ETAPA 1 - Pesquisa básica de laboratório**

Mas o que realmente é uma POC (Prova de Conceito ou “Proof of Concept”)?

Ao se tratar de tecnologias, uma prova de conceito pode ser descrita como a tentativa de demonstrar que uma ideia de produto ou processo funciona.

**Prova de Conceito (POC):** modelo prático utilizado para comprovar/validar se um conceito (teórico) estabelecido por uma pesquisa ou artigo técnico é suscetível de ser explorado de maneira útil (Maia, C. and Claro, J. 2013).

O objetivo principal da (POC) é verificar se uma ideia funciona, investigando a viabilidade da mesma, não a partir do ponto de vista comercial, mas a partir do ponto de vista científico e tecnológico (é possível? /pode ser fabricado?). Uma POC é normalmente feita em laboratório ou em um ambiente controlado.

### **Estudo de Caso: POC feita com argila hidrofobizada para absorver óleo em acidentes de derramamento**

Desenvolvemos em laboratório uma argila hidrofóbica, baseada em vermiculita, para a captura de óleo derramado em acidentes ocorridos no mar. Para demonstrar que a tecnologia funcionava utilizamos vários tipos de óleos, como óleo diesel, gasolina, óleo vegetal e petróleo. Os experimentos foram conduzidos em escala de laboratório, com o auxílio de um Becker de 500 ml contendo água e óleo em sua superfície. Adicionamos a argila e medimos o quanto de óleo ela conseguia remover. Além disso, achamos importante fazer esse mesmo experimento utilizando materiais disponíveis comercialmente para essa aplicação. Dessa forma, esses experimentos foram suficientes para demonstrar que a tecnologia funcionava, além de medir de forma preliminar a eficiência dos materiais quando comparados a outros produtos existentes no mercado.

No entanto, é importante ressaltar que depois da realização de uma POC em laboratório ainda não temos um produto, mas uma validação da funcionalidade da tecnologia.

Uma vez definida a aplicação da tecnologia, após a validação de tecnologia, realizada através da prova de conceito, ao final da fase de laboratório, é importante começar a pensar na estratégia de proteção intelectual e iniciar o mapeamento das tecnologias subjacentes, com base no estado da técnica.

**Validação de tecnologia:** Comprovação de que a tecnologia atende aos seguintes aspectos: funcionamento, aplicabilidade, finalidade (“para que serve”), e uma análise de valor, que pode ser financeira e (ou) de benefícios gerais. DERETI, Rogério Morcelles. Transferência e validação de tecnologias agropecuárias Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 19, p. 29-40, jan./jun. 2009. Editora UFPR

**Estado da técnica:** Constituído por tudo aquilo que se torna acessível ao público, em base de dados de patentes ou por descrição tecnológica, no Brasil ou no exterior. Manual para o depositante de patentes, DIRPA, INPI, 2015. Estado da arte: Tudo aquilo que compõe a produção acadêmica em suas diversas áreas de conhecimento. Conhecido também como “estado do conhecimento” possui caráter bibliográfico. Ferreira, Norma. Pesquisas denominadas “Estado da arte”. Educação & Sociedade, ano XXIII, no 79, Agosto/2002.

## Pré Estudo de Viabilidade técnica e econômica

É importante perceber que à medida que o tempo avança, as incertezas associadas à tecnologia e as dúvidas referentes às suas possíveis aplicações mercadológicas devem ser reduzidas. O pesquisador, ao aprofundar em seus estudos, descobre novas funções, características, vantagens e até mesmo possíveis limitações em sua tecnologia. Nesta fase, conforme citado anteriormente, o conceito e a aplicação da tecnologia são formulados, e, assim, temos que começar a desenvolver uma

ideia sobre a aplicação da tecnologia e de possíveis consumidores da mesma.

Para tanto, é de suma importância a construção de um pré-EVTE (Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica), com o objetivo de verificar as possibilidades de sucesso ou fracasso de um novo negócio ou produto.

O que é Viabilidade Tecnológica/Técnica? É a capacidade de determinado projeto ser exequível; onde se verifica a existência dos recursos técnicos e/ou as tecnologias que viabilizem as entregas (produto, processo ou serviço) atendendo as especificações. Deve-se demonstrar que determinado produto pode ser produzido e funciona

O pré-EVTE deve ser construído com base no mercado, levando em consideração aspectos técnicos, comerciais, operacionais e econômicos. Um estudo de viabilidade mais completo pode ser realizado na etapa de desenvolvimento seguinte.

Se na pesquisa tem-se a intenção de desenvolver um processo que leve a um novo produto, fazer considerações iniciais relacionadas à viabilidade técnica e econômica do mesmo é essencial. Por exemplo, se o preparo do produto necessita de um insumo extremamente complexo que não está disponível no mercado, ou um equipamento especial sofisticado, isso pode inviabilizar tecnicamente sua produção e, portanto, sua rota de preparo deve ser repensada

Outro fator importante é verificar a viabilidade econômica do produto a ser desenvolvido, sendo essencial mensurar os custos relacionados à fabricação do mesmo e compará-los com o valor de outros produtos existentes no mercado. Se o valor gasto na produção é superior ao valor de venda, há algo errado! Nesse caso,

**Nessa fase da pesquisa é muito importante avaliar o mercado; existem consumidores em número suficiente que se interessam pelo produto que se quer produzir?**

## Aspecto críticos a serem analisados para avançar para a próxima etapa

1. Baseado nos trabalhos de laboratório, o processo funciona bem? O produto atende as expectativas? Se o processo e produto têm bom resultado, é possível avançar para a próxima etapa.

2. Mapear o Estado da técnica: alguém já fez o que você está fazendo? Alguém já patenteou o seu processo/produto? De preferência, esse levantamento deve ser feito antes do início da pesquisa. É importante fazer uma verificação e uma análise das tecnologias presentes no estado da técnica (principalmente em uma base de dados de patente).

Tais observações podem contribuir diretamente na construção do requisito de aplicação industrial, na estratégia adotada para a proteção intelectual (PI), e, ainda, na identificação de potenciais colaboradores e/ou concorrentes.

### **Mas o que é Propriedade Intelectual?**

Propriedade Intelectual é a área do Direito que, por meio de leis, garante a inventores ou responsáveis por qualquer produção do intelecto - seja nos domínios industrial, científico, literário ou artístico - o direito de obter, por um determinado período de tempo, recompensa pela própria criação. (ASPI )

<http://www.aspi.org.br/propriedade-intelectual/>

Estratégia de P.I.: identificar a forma mais adequada e estratégica para realizar a proteção intelectual da sua tecnologia, frente ao contexto onde ela encontra-se inserida;

**Estratégia de PI:** uma tecnologia pode ser protegida por diversos meios, sendo eles: patente, direitos autorais, know-how, segredo industrial, dentre outros, que podem variar de acordo com o cenário onde ela encontra-se inserida. A estratégia de proteção adotada é de suma importância para a definição do futuro da tecnologia, uma vez que, é fator limitante para posterior negociação, via licenciamento, transferência, ou acordo de cooperação. Ainda, pode atrair recursos e representar forte incentivo ao desenvolvimento de ativos intangíveis e processos inovadores. Além disso, como devemos levar em conta o fator temporal da P.I., é muito importante definir quando e como será feita esta proteção.

3. Análise do EVTE: é de suma importância obter informações preliminares e bem simples sobre os custos do processo e dos insumos, além do provável preço de venda. Começar a entender o mercado potencial, parceiros, dores e problemas que demandem resolução também é relevante ;
4. Se a sua tecnologia tem algum aspecto crítico do ponto de vista ambiental, para as próximas fases é interessante começar a considerar se o seu processo ou produto está sujeito a alguma regulamentação que pode influenciar, facilitar e/ou inviabilizar o desenvolvimento e aplicação da mesma;
5. Baseado nessas informações, responder de forma sincera a seguinte pergunta:

## **O desenvolvimento da tecnologia ainda continua atrativo?**

Os principais resultados que se espera obter nesta fase são: relatórios e artigos científicos, dissertações e teses de doutorado; estratégia de proteção intelectual (revisão de bancos de patentes; texto preliminar de patente); um pré-EVTE e a factibilidade técnica do produto, por meio de uma prova de conceito.

## 2.2 - Etapa 2: Desenvolvimento de produto

Nessa parte do livro discutiremos aspectos relacionados ao desenvolvimento de produto, ainda em escala de laboratório, e sua prova de conceito (POC2).



A tabela abaixo reúne os principais tópicos abordados nessa fase:

<b>Etapa 2 - Desenvolvimento de produto em escala de laboratório</b>	
<b>Obejtivo</b>	Preparar quantidades maiores e testar o produto de forma mais robusta, ainda em laboratório. Busca-se realizar experimentos preferencialmente com insumos disponíveis comercialmente. Além de testes laboratoriais, nesta fase o produto também pode ser verificado com potenciais parceiros e/ou clientes.
<b>Infraestrutura Necessária</b>	Laboratório de pesquisa com vidrarias e equipamentos um pouco maiores.
<b>Resultados Esperados</b>	Produto em quantidades maiores, feito a partir de insumos comerciais; testes explorando aspectos

	importantes de seu desempenho; primeira conexão com clientes e/ou parceiros para o desenvolvimento do produto.
<b>Quantidade/ Escala</b>	Variável: desde gramas/mililitros, até quilogramas/litros.

## **Estudo de Caso: escalonamento em laboratório de um material para adsorção de fosfato presente na urina**

Trabalhamos durante aproximadamente dois anos no desenvolvimento de uma pesquisa em laboratório, sobre um material capaz de adsorver fosfato. Foram mais de oito tipos diferentes de materiais, combinados de diversas maneiras e tratados a quatro temperaturas diferentes. O resultado disso foi um número enorme de experimentos, que permitiram decidir qual seria a melhor composição e as melhores condições de preparo. A partir daí, decidimos fazer um teste real do material, em banheiros de uma organização parceira que demonstrou enorme interesse pela tecnologia. Para isso, tivemos que preparar uma quantidade maior (perto de 500 g) de material. Os problemas iniciais que identificamos foram as dificuldades relacionadas à mistura/trituração e ao tratamento térmico. Foi necessário encontrar um moinho para triturar/misturar os diferentes componentes e um forno mufla para calcinar maiores quantidades do material. Depois disso, tivemos que improvisar recipientes plásticos com o material adsorvente, que fosse fixado no mictório, pois ainda não havíamos pensado no design do produto. A partir desse trabalho e das dificuldades encontradas, tivemos muitos aprendizados que foram extremamente importantes para as próximas fases do desenvolvimento

## Escalonamento em laboratório

Após a pesquisa exploratória de laboratório ter dado certo, o objetivo é selecionar um material e estudar diferentes aspectos a serem considerados para a produção final. É hora de validar o produto!

O que é Viabilidade Tecnológica/Técnica? É a capacidade de determinado projeto ser exequível; onde se verifica a existência dos recursos técnicos e/ou as tecnologias que viabilizem as entregas (produto, processo ou serviço) atendendo as especificações. Deve-se demonstrar que determinado produto pode ser produzido e funciona

Basicamente, devem ser preparadas quantidades maiores a fim de testar o produto, usando preferencialmente os insumos disponíveis comercialmente (utilizados caso o produto seja feito industrialmente). Ele pode ser testado no laboratório ou até mesmo com potenciais clientes.

### **Mas quais são os recursos necessários nesta fase de desenvolvimento?**

Para chegar nessa escala de produção, um pouco maior que a da fase de pesquisa, normalmente são utilizadas vidrarias e outros equipamentos de volume maior, os quais podem ser encontrados no próprio laboratório de pesquisa. Para a fase do escalonamento em laboratório, têm-se como principais fontes de financiamento investimentos de agências de fomento, tais como: FAPES, CAPES, CNPQ, além de empresas com linhas de financiamento à longo prazo, a exemplo de algumas empresas âncoras de setores da área de energia elétrica, bem como de óleo e gás. Além disso, também existe a possibilidade de receber aporte financeiro de investidores anjos, que acreditem no potencial do produto e desejam acelerar os resultados de sua primeira validação.

### **Quais os principais desafios a serem enfrentados na fase de desenvolvimento de produto em escala laboratorial?**

Nessa fase espera-se alcançar um aumento na escala, possivelmente chegando até 1kg em alguns casos. Os principais obstáculos normalmente estão relacionados a encontrar equipamentos com maior capacidade/volume; agitação e aquecimento, e atmosfera inerte. Ainda, é necessário um grande esforço na caracterização de qualidade, reprodutibilidade e desempenho de produção em escala crescente. Pode ocorrer uma demanda intensa de determinados testes, sobrecarregando a infraestrutura de análise. Com o material preparado em laboratório, o próximo desafio nessa fase é a validação e aproximação do mercado.

Nesse momento, um dos desafios relevantes é reconhecer a dor do mercado, ou melhor, qual problema é resolvido por sua tecnologia. Uma vez definido, é importante estabelecer uma conexão inicial com o mercado alvo, a fim de construir parcerias para a realização de testes e obter os primeiros resultados de validação técnica do produto e da real dor de mercado.

### **Dor de Mercado**

Expressão que configura as necessidades do mercado, ou seja, o problema o qual um produto pode resolver. A dor é o problema que alguém está fortemente disposto a pagar para resolver. Por exemplo: Qual a dor do mercado de táxi? Alto preço e poucos carros; assim, uma solução completamente inovadora nessa área foi o uso dos aplicativos de transporte.

Nessa fase, investidores, pessoas físicas, empresas ou fundos de investimento, podem investir dinheiro para que um produto/serviço alcance o mercado. Outro aspecto importante sobre os investidores é que, além do dinheiro, eles também podem contribuir com networking (rede de relações), conhecimento em gestão, dentre outros aspectos importantes que envolvam suas habilidades profissionais.

O investidor anjo é uma pessoa física que realiza o investimento, com o seu próprio capital, em empresas nascentes, onde algumas encontram-se ainda no campo das ideias. Geralmente investem entre R\$ 50 a 500 mil. Já o investimento via capital semente, corresponde a investidores que se

reúnem em um fundo de investimento, com foco em aportar dinheiro em empresas que já possuem o modelo de negócios estruturado, um protótipo funcional e precisa de recurso para finalizar a tecnologia ou até mesmo iniciar o processo de escalonamento.

O venture capital corresponde a investidores que se reúnem em um fundo de investimento, com foco em aportar dinheiro em empresas que estão em fase de estruturação e crescimento. Geralmente, no Brasil, para que as empresas recebam este investimento, é necessário que estejam vendendo o produto e faturando.

## **Prova de Conceito 2 (POC 2) na fase de desenvolvimento de produto e estudos iniciais de mercado**

Na POC 2, espera-se realizar um teste do produto mais detalhado e robusto, diferente dos estudos mais acadêmicos e fundamentais, e visa entender melhor o produto e avaliar seu desempenho, ou seja, propriedades em uso efetivo. Ainda, entender o mercado, mapear e conhecer seus concorrentes é muito importante. Também nessa fase, podemos comparar o desempenho de nosso produto com outros comerciais.

Mercado é uma palavra que pode ter vários significados. Neste texto, o mercado relaciona-se com os clientes que pagarão pelo seu produto. Portanto, saber quem são, quantos são, onde estão e do que gostam é de extrema importância nessa fase.

### **Mercado**

São empresas, organizações ou pessoas para as quais seu produto/serviço pode ser comercializado. Os concorrentes também ocupam papel importante no mercado. Além deles,

também deve-se ter mapeado os órgãos regulatórios e as outras organizações que atuam nessa rede na qual seu produto será consumido. Compreender o mercado significa identificar quem e quantos são os seus clientes, quais os concorrentes e as alternativas ofertadas de seu produto, e quais agências do governo fiscalizam e regulam a operação da sua empresa. Algumas expressões importantes que devem ser levadas em conta são: Tamanho do mercado – consiste em quantificar (em número de empresas, quantidade do produto etc.) em unidades ou em valor, todas as compras e vendas de tal produto ou serviço em determinada região, ainda que potencial (antes do produto chegar de fato às prateleiras). Participação de mercado (Market share) – é a fatia do mercado, expressa em percentual, onde determinada empresa consegue efetivamente vender seus produtos. Nicho de mercado – para vários novos produtos, pode ser uma boa estratégia identificar um segmento específico do mercado para o qual seja especialmente valiosa a tecnologia, como uma determinada classe social ou porte de empresas; esse grupo específico é chamado de nicho de mercado. Go to Market (ou ida ao mercado), é o momento específico de lançamento de um novo produto ou serviço no mercado; antes desse evento, consideramos que o produto ou serviço está numa fase pré-market, e a empresa, em fase pré

## **Encontre e converse com os potenciais clientes de seu produto!**

Um teste de produto junto a um cliente real é uma prova de conceito robusta, que pode ser denominada como MVP (Mínimo produto viável). Ele é essencial para levantar as informações a respeito da opinião de um cliente real e entender suas exigências, além de conhecer sua percepção a respeito do funcionamento do produto em desenvolvimento.

## Teste seu produto com potenciais clientes!

Com alguma frequência, após a realização do primeiro MVP, uma nova fase de desenvolvimento é iniciada, com o intuito de realizar as modificações necessárias, a fim de melhor atender o cliente. Ou seja, o processo é iterativo.

**MVP:** Sigla para “mínimo produto viável”, ou seja, é uma prática que consiste em lançar um novo produto com o menor investimento possível, o qual deve ser validado por um cliente real, a fim de testar a funcionalidade do produto antes de realizar grandes aportes no escalonamento da tecnologia.

Dentro do mercado, temos também os concorrentes: empresas que fazem produtos que irão competir com o seu.

## Compare seu produto com os produtos existentes no mercado!

Essa comparação pode ser muito importante, pois é capaz de trazer informações a respeito do desempenho e das funcionalidades essenciais para um melhor desenvolvimento de seu produto.

### Estudo de Caso: MVP de um biomaterial para cultura de célula

Em uma empresa recém fundada na área de biomateriais, foi realizada a primeira conexão entre a universidade e a indústria, com o objetivo de realizar os testes iniciais com um potencial cliente. A primeira etapa desses testes foi assinar um acordo de confidencialidade (NDA), no intuito de ter uma proteção entre ambas as partes e permitir a troca de informações de maneira segura e assertiva.

Entendemos bem todas as características do produto que a indústria desejava e, então, com o menor investimento possível, fizemos o primeiro protótipo, MVP, que consistia numa peça feita de um biomaterial para cultura e crescimento de célula, para a produção de pele artificial, a ser testado pela indústria de cosmético. A partir desse MVP, entendemos mais profundamente outras características que eram importantes para nosso produto e avançamos no desenvolvimento de um resultado com maior qualidade.

Nessa fase do MVP, pode ocorrer uma forte interação entre os pesquisadores e um parceiro de mercado. Assim, outros dois aspectos podem se tornar importantes, a saber a possibilidade de Co desenvolvimento e a definição do modelo de negócio.

**Modelo de Negócios:** É a forma pelo qual uma empresa gera valor para os seus clientes. Uma empresa pode gerar valor vendendo produtos de qualidade inquestionável (Toyota), prestando um serviço por um baixo custo (companhias aéreas low cost) ou mesmo conectando uma rede de motoristas a uma rede de pessoas que querem ser transportadas (Uber). Cada um desses exemplos é um modelo de negócios completamente distinto, e é essencial no processo de desenvolvimento de uma inovação criar hipóteses de modelos de negócio que sejam adequados para o produto ou serviço que está sendo desenvolvido.

**Co desenvolvimento** corresponde à prática de cooperação entre partes interessadas na criação de uma invenção. Por exemplo, a conexão entre pesquisadores da universidade e uma empresa para desenvolvimento de produto.

É importante ressaltar que no mercado também estão os fornecedores, responsáveis pelas matérias primas para a fabricação do produto. Durante os testes de MVP, é importante que eles sejam mapeados, que se estabeleça contato, e de preferência utilize suas matérias primas para a fabricação dos produtos e realização de testes.

**Encontre seus fornecedores e nessa fase utilize matérias primas comerciais!**

## **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica mais aprofundado**

Aqui, é importante completar o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), cujos elementos iniciais foram estudados na etapa anterior. Sugerimos que esse estudo seja dividido em quatro principais etapas:

### **1. Caracterização da Tecnologia**

Um dos principais objetivos da caracterização é evidenciar o que é a tecnologia, como ela funciona e porque agrega vantagens e diferenciais para o mercado em que pretende se inserir. Para facilitar a elaboração e a comunicação dos dados, recomendamos trabalhar esta fase do EVTE em tópicos:

- Função da Tecnologia;
- Aplicações
- Requisitos para o funcionamento da tecnologia;
- Tecnologias similares;
- Análise da Propriedade Intelectual

## 2. Prova de Conceito

A fase da prova de conceito tem por objetivo situar o grau de desenvolvimento da tecnologia no caminho da inovação. Para isso, testes já realizados são avaliados, bem como os principais resultados atingidos. Ainda, ela deve auxiliar na definição dos próximos passos necessários para a geração de uma inovação de fato.

Estágio de desenvolvimento;  
Desafios Tecnológicos/Próximos passos;  
Equipe de desenvolvimento.

## 3. Estudo de Mercado

Após uma melhor compreensão da aplicação e do estágio de desenvolvimento da tecnologia, o mercado passa a ser ponto chave a ser analisado. Como mercado, entende-se o contexto comercial, social, econômico e ambiental na qual a tecnologia irá se inserir – podendo ser um setor industrial, por exemplo, ou um contexto governamental específico. Deve-se identificar áreas de aplicação, mercados potenciais, barreiras de entrada e principais concorrentes. Em paralelo realiza-se também análises regulatórias, encaminhamento de parcerias e negócios e proposição do modelo de aceleração da tecnologia assim como opções de inserção no mercado. Neste estudo os tópicos importantes a serem abordados são:

- Análise da cadeia produtiva;
- Características do setor;
- Público-alvo;
- Análise de concorrentes;
- Barreiras de entrada;
- Modelo de Negócio;
- Legislação/Regulamentação;
- Parcerias.

#### 4. Análise de Viabilidade Econômica

Diferente das etapas anteriores, esta nem sempre é contemplada no processo de análise. Isso acontece porque quando há questões-chaves essenciais não respondidas, não é recomendado fazer estimativas econômico-financeiras irreais. Se não há clareza de um problema de mercado que está sendo resolvido, por exemplo, não faz sentido construir e projetar a viabilidade econômica desse projeto com base em premissas não fundamentadas. Quando há informações básicas suficientes para a realização das análises de viabilidade econômica, pode-se optar pelas análises tradicionais de Fluxo de Caixa Descontado ou por alternativas com Análises de Sensibilidade ou mesmo simples estimativas do tamanho total de mercado. Para isso, é necessário delimitar parâmetros e projeção de valores com o objetivo de dimensionar o mercado. Para facilitar o entendimento, algumas questões devem ser abordadas: próximos passos necessários para a geração de uma inovação de fato.

- Quais investimentos serão necessários (infraestrutura, equipamento)?
- Qual o tamanho dos mercados-alvo no Brasil e no exterior?
- Qual a participação de mercado que a aplicação em questão poderia capturar ao longo dos anos?
  - Qual o preço a ser praticado pelo produto/serviço derivado da tecnologia?
  - Há viabilidade técnico-econômica para a fabricação do produto?
  - Quais serão os custos operacionais (pessoal, matéria-prima, comissões de venda, despesas de marketing, despesas de TI)?

Aspectos críticos a serem analisados para avançar à próxima etapa:

1. O produto foi testado em laboratório e apresentou bons resultados?
2. Ele foi comparado com outros produtos concorrentes, presentes no mercado, e apresentou bom desempenho?

3. Você já tem uma ideia de quem são os clientes, quantos são, onde estão e do que precisam?
4. Produto foi testado com clientes (MVP) e apresentou bons resultados?
5. Você já tem uma ideia de quem são seus concorrentes e suas vantagens competitivas?
6. Você já tem uma ideia de quem são seus potenciais fornecedores de matérias primas? De preferência, já realizou testes com essas matérias primas?
7. Já patenteou ou fez opção por outra metodologia de proteção do conhecimento? Como um termo de sigilo, por exemplo?

Se a maioria desses aspectos foi confirmada por você, podemos começar a pensar na próxima etapa!

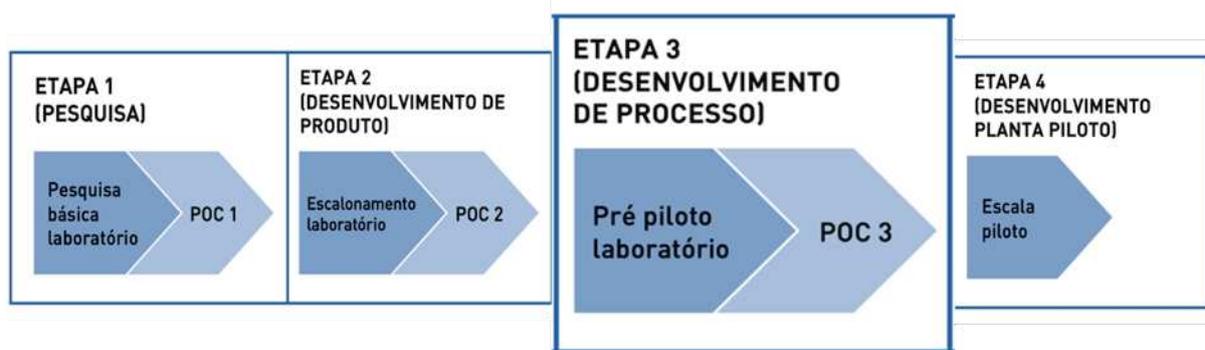
## **2.3 - Etapa 3: Desenvolvimento de processo: pensar industrialmente e executar em bancada!**

Nesta parte do texto, discutiremos alguns aspectos a respeito do desenvolvimento de um processo em laboratório. Não estamos falando mais do produto. Agora olharemos para o processo de produção. Ainda em laboratórios das universidades, ou em algumas empresas parceiras, temos como objetivo pensar no procedimento em termos industriais e não mais de bancada.

A tabela abaixo mostra os tópicos chave a serem abordados aqui:

<b>Etapa 3 - Desenvolvimento de processo em laboratório</b>	
<b>Objetivo</b>	Desenvolvimento, ainda em laboratório, de processo em escala aumentada (pré-piloto), que seja compatível e simule operações típicas da indústria.

<p><b>Infraestrutura Necessária</b></p>	<p>Laboratórios de pesquisa ou de desenvolvimento e equipamentos típicos a esses laboratórios para avaliação de operações unitárias específicas.</p>
<p><b>Produtos Esperados</b></p>	<p>Prova de Conceito de que o processo é adequado a princípios da indústria, sem restrições aparentes (de insumos, eficiência ou etapas de processo) que impossibilitem investimentos em maiores escalas.</p>
<p><b>Quantidade/Escala</b></p>	<p>Pode variar consideravelmente, a partir de 1 kg ou litro.</p>



## Estudo de Caso: Estudos em Escala Pré-piloto

No contexto de uma dissertação de mestrado, estudamos um processo de transformação de um rejeito orgânico em um novo produto em escala de laboratório. Uma das etapas que fazíamos na bancada era uma filtração a vácuo em um funil de Büchner. Essa etapa era crítica e fazia com que o processo fosse extremamente demorado. Sabíamos que para aumentar a escala teríamos que fazer esse processo de separação usando algum outro equipamento/operação unitária industrial. Pensamos em algumas possibilidades industriais: inicialmente centrífuga e filtro prensa, porém, não tínhamos esses equipamentos no laboratório. Para testar se a separação desse produto do meio aquoso funcionaria via centrifugação

ou filtro prensa, preparamos 1 litro de amostra e enviamos para empresas que vendem esse tipo de equipamento. Depois de algumas semanas, obtivemos várias respostas de eficiências que foram extremamente importantes para decidir como o processo poderia acontecer em escala industrial.

## Pré-piloto laboratório

Enquanto a etapa anterior estava vinculada com a validação do produto em escala laboratorial aumentada, esta encontra-se relacionada com o desenvolvimento do processo em escala um pouco mais ampliada, que chamaremos aqui de escala pré-piloto. A ideia dessa escala pré-piloto é tentar realizar o preparo de seu produto ainda dentro do laboratório, usando processos mais compatíveis com as operações da indústria.

**Vamos começar a pensar agora em uma escala industrial, mesmo ainda estando dentro do laboratório!**

Essa etapa pré-piloto é extremamente importante para o aumento da segurança e para facilitar a entrada na etapa piloto!

Insumos, variáveis de processo e operações unitárias devem ser estudados, para o estabelecimento de um processo apropriado para posterior investimento em uma planta piloto. O desenvolvimento da escala pré-piloto deve ocorrer sem o comprometimento das características do produto.

### Insumos

Se você já trabalhou com reagentes comerciais nas etapas anteriores, ótimo! Caso não tenha trabalhado, nesta fase o seu estudo é fundamental, a fim de garantir a

adequação às condições de operação industrial e a viabilidade econômica do processo.

## **Use insumos comerciais no desenvolvimento de seu processo!**

O uso de reagentes de laboratório pode ser justificado apenas para um conjunto de processos de alta sensibilidade, consumo reduzido de insumos e produtos de alto valor agregado (como em química fina). No entanto, dificilmente há viabilidade econômica para estes materiais dentro do contexto de produção industrial, portanto a sua substituição é fator essencial na continuidade do aumento de escala.

Os testes com reagentes comerciais são inicialmente conduzidos em escala laboratorial e devem ser realizados ajustes no caso de alterações na qualidade do produto. Esses testes em menor quantidade contribuem para um estudo inicial mais rápido e simplificado, mas precisam ser posteriormente expandidos para a escala pré-piloto.

### **Operações unitárias**

O aumento da escala depende de conseguirmos alcançar as condições adequadas para todas as etapas produtivas, portanto é necessário avaliar a compatibilidade de cada operação unitária \*envolvida no processo.

**Operações unitárias:** etapas básicas de um processo, como filtração, destilação, adsorção, moagem, secagem, etc.

\* FOUST, A. S. Princípios das operações unitárias. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

TERRON, L. R. Operações unitárias para químicos, farmacêuticos e engenheiros: fundamentos e operações unitárias do escoamento de fluidos. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

COULSON, J. M.; RICHARDSON, J.F. Particle Technology and Separation Processes. 5. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 2 v.

MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. Unit operations of chemical engineering. 7. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2004.

A diferenciação entre etapas de maior influência na qualidade do produto (como as que envolvem reações químicas) e de menor influência (como etapas físicas de centrifugação, filtração, etc.) são relevantes na identificação dos pontos mais sensíveis do processo. Esta diferenciação é dependente não apenas da natureza das operações unitárias, mas também das particularidades dos produtos. Por exemplo, uma operação de secagem pode apresentar pouca relevância para a qualidade estrutural de produtos minerais, mas representa alto impacto nas características de alguns produtos alimentícios.

As operações unitárias sem impacto significativo nas características dos produtos não requerem um desenvolvimento com o mesmo nível de detalhamento das demais, mas também não podem representar gargalos expressivos de eficiência operacional. Por exemplo, o uso de uma centrífuga laboratorial de tubos geralmente é inviável para o aumento de escala, o que exige a execução de testes em centrífuga de operação contínua ou semicontínua. A inserção de novas operações unitárias também pode ser necessária, como a inclusão de agitação para garantir uma correta homogeneização de sistemas em escala aumentada.

### **Variáveis de processo**

A otimização dos parâmetros operacionais constitui uma relevante contribuição para um aumento de escala de maior eficiência. Por exemplo, a redução do consumo de insumos líquidos propicia uma infraestrutura mais enxuta de processo, além de menores custos variáveis e, possivelmente, menor impacto ambiental pela minimização da geração de resíduos. A redução do volume requerido para o processo representa uma grande vantagem de eficiência operacional e maior facilidade no aumento da escala, pois possibilita expandir a capacidade produtiva em menores unidades de produção. O aumento de rendimento e a redução do tempo gasto no processo também contribuem para uma maior eficiência operacional e uma menor necessidade de expansão da infraestrutura física para o aumento da escala.

As variáveis com maior impacto na qualidade do produto e o seu grau de influência constituem pontos críticos de controle, portanto, sua identificação favorece o desenvolvimento do aumento da escala de forma mais embasada. Alterações nas características do produto são comuns durante o escalonamento, o que

pode requerer ajustes no processo, bem como um maior nível de controle para as variáveis mais determinantes. Além disso, é necessária a correção de algumas variáveis, como a potência de agitação para propiciar o mesmo nível de homogeneização em diferentes volumes

Em vista disso, o objetivo destes estudos é investigar a possibilidade de processos mais eficientes, favorecer o aumento da escala e garantir a manutenção da qualidade do produto. No entanto, é importante ressaltar que não é necessário um ajuste fino das variáveis de processo nesta etapa, apenas o estudo de faixas mais amplas de valores para as principais variáveis. A realização de testes muito prolongados e o estabelecimento preciso das condições ótimas para cada variável não são recomendáveis neste momento, pois este trabalho exige um maior tempo de desenvolvimento e os valores definidos podem ser alterados durante a continuidade do aumento de escala.

### **Abordagens de aumento de escala**

No caso de processos de alta complexidade, o aumento da produção não precisa ser necessariamente realizado pela transição direta para a escala pré-piloto projetada.

**Em reações mais complexas, é indicado que o aumento de escala seja feito gradualmente!**

Aumentos graduais da quantidade de massa processada podem contribuir para um aprendizado mais estruturado dos principais fatores de escalabilidade, e, ainda, propiciar uma economia de insumos e de outros materiais nos testes de desenvolvimento. Esta abordagem de aumento da escala gradual é especialmente relevante para o estudo das variáveis ou operações unitárias com maior influência nas características do produto, pois é mais provável a necessidade de ajustes no processo.

### **Mercado**

A validação dos benefícios do produto deve ser novamente realizada para justificar a transição à escala piloto e captação dos investimentos necessários.

As características do produto devem ser mantidas durante o aumento de escala ou serem alteradas dentro de uma margem de aceitação pré-estabelecida por possíveis usuários ou clientes. Com relação ao processo, nessa fase devemos começar a levantar quais seriam os equipamentos importantes para o processo industrial, bem como buscar quem vende esses equipamentos e seus custos.

## **Controle de qualidade e infraestrutura**

O controle de qualidade pode exigir maiores cuidados durante o escalonamento e a validação das aplicações. Possíveis desvios dos resultados em relação ao processo em menor escala devem ser avaliados de forma bem embasada para garantir a adequação do produto. Além disso, a produção em escala aumentada pode requerer novos tipos de testes e caracterizações, como avaliações específicas para protótipos e peças de maior dimensão. A caracterização deve ser estruturada para avaliar da melhor forma possível os benefícios esperados pelo cliente. É importante que os testes também englobem a simulação de aplicação do produto, não apenas a caracterização das suas propriedades físico-químicas. Esses dados são muito importantes para a validação do processo em escala pré-piloto, em conjunto com as informações de adequação das operações com os princípios de produção industrial. Além disso, o controle de qualidade sistemático e com enfoque nos benefícios para os usuários deve ser observado ao longo de todas as etapas do aumento de escala.

Também é relevante avaliar quais caracterizações são necessárias para um controle de qualidade mais rotineiro dos diferentes lotes de produção e quais caracterizações podem ser realizadas de forma complementar para lotes mais representativos. Essa definição pode envolver informações da importância das técnicas de caracterização para avaliação do produto, facilidade de acesso (disponibilidade nas instalações próprias ou necessidade de infraestrutura externa) e custos envolvidos.

O uso de equipamentos externos também pode ser necessário para viabilizar o desenvolvimento dos testes de produção em escala pré-piloto. Portanto, é importante identificar quais etapas de processo podem ser implementadas pela infraestrutura disponível e quais requerem a identificação de unidades de produção em outros locais. Deve-se ressaltar que os equipamentos não precisam apre-

sentar as configurações exatas do processamento industrial, mas devem possibilitar a validação das operações unitárias e as condições de processo em maior escala.

## Competências

Competências relacionadas a processos (como em operações unitárias e otimização de variáveis) são relevantes para o desenvolvimento do aumento de escala. Conhecimento de engenharia química\* nessa fase costuma ser altamente relevante. A identificação de parceiros que englobem tanto a disponibilidade de equipamentos quanto o conhecimento técnico nas respectivas operações unitárias é particularmente útil. A experiência natural dos pesquisadores no planejamento de experimentos e nas particularidades dos processos também apresenta alta relevância para uma programação adequada dos testes de desenvolvimento, os quais devem apresentar um enfoque nos itens mais determinantes para evitar um longo tempo de execução.

\* PERRY, R. H.; GREEN, D. W. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2007.

## Prova de Conceito 3 (POC 3): vamos testar o processo!

Nessa etapa você deve testar se o seu produto pode ser preparado por meio de um processo que seja viável industrialmente.

**Não adianta conseguir fazer um  
produto maravilhoso no laboratório,  
se na hora de industrializar,  
o processo será inviável!**

Essa fase é importante porque, a seguinte, a da planta piloto, que está relacionada com uma pequena escala de base industrial, envolve uma mudança expressiva no nível de complexidade. O desenvolvimento de uma planta piloto requer consideráveis investimentos financeiros, infraestrutura física ampliada, projetos de engenharia, aumento no tempo de dedicação e maiores cuidados com a segurança. Portanto, o estabelecimento bem estruturado da escala pré-piloto é de

alta importância para evitar erros expressivos em sua posterior instalação, e ainda favorecer a captação de investimentos. A POC de processo nesta etapa deve comprovar a escala pré-piloto, por meio de um processo eficiente e compatível com operações típicas da indústria. E ainda, sua execução precisa garantir a manutenção das características do produto observadas anteriormente, preferencialmente levando em conta os aspectos levantados junto a validação feita com os clientes ou usuários visados para o produto.

Portanto, a POC de processo é baseada na comprovação técnica de escala ampliada, compatibilidade com princípios de processamento industrial e a manutenção das características do produto. Estes são os principais resultados que se espera alcançar na etapa pré-piloto para viabilização da posterior planta piloto.

A avaliação da POC de processo pode ser realizada por algumas perguntas principais, as quais são essenciais para avançar à próxima fase:

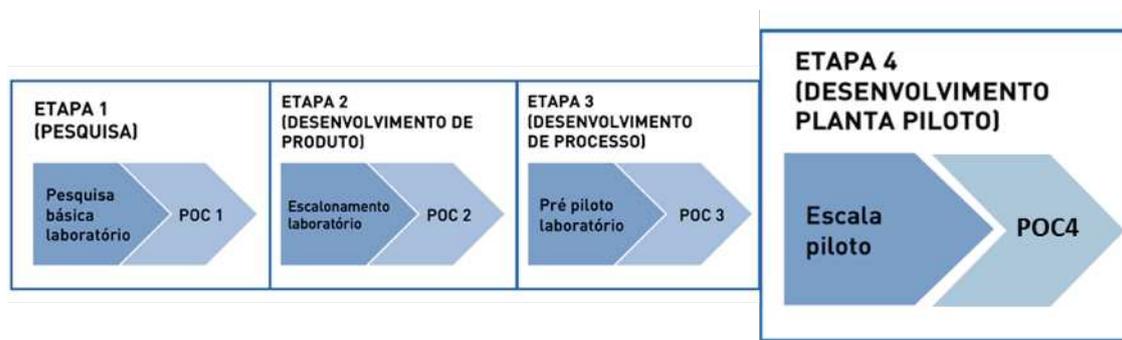
1. O produto pode ser obtido a partir de insumos comerciais?
2. Todas as etapas de processo são compatíveis com operações típicas da indústria?
3. O processo apresenta eficiência adequada para uma posterior inserção industrial?
4. Nenhuma restrição crítica foi identificada para maiores aumentos de escala do processo?
5. As características do produto são mantidas com o aumento de escala para condição pré-piloto?
6. Os resultados são reprodutíveis para esta escala de produção?
7. Há confirmação de interesse dos possíveis clientes ou usuários em relação aos benefícios gerados pelo produto?

**Se as respostas forem sim,  
vamos para a planta piloto!**

## 2.4 - Etapa 4: Desenvolvimento da Planta Piloto

Aqui abordaremos a etapa que se refere ao trabalho em planta piloto, seguida de uma prova de conceito (POC4).

A tabela abaixo mostra os tópicos chave a serem abordados aqui:



<b>Etapa 4 - Planta piloto</b>	
<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>(i) Executar o processo em escala que pode ir de dezenas até milhares de kg ou litros;</li><li>(ii) entender o processo em escala industrial;</li><li>(iii) definir todos os parâmetros importantes de cada operação unitária;</li><li>(iv) definir equipamentos e custos operacionais com mais precisão;</li><li>(v) entender a logística do processo;</li><li>(vi) entender os pontos críticos do processo (etapas limitantes, questões ambientais, questões de segurança, etc);</li><li>(vii) teste do produto com clientes (MVP);</li><li>(viii) primeiras vendas que possibilitem parâmetros de investimentos mais precisos;</li></ul>

<p><b>Infraestrutura Necessária</b></p>	<p>Normalmente, nessa etapa é necessário um galpão com toda a parte elétrica e hidráulica adequada, além de equipamentos de porte com maiores dimensões, que dependem do projeto específico. Como lidaremos com grandes quantidades de matérias prima e produtos, é importante considerar uma área de estocagem. Também, questões de segurança devem ser consideradas, pois podem haver sérias consequências nessa etapa. Além disso, deve-se avaliar o rejeito liberado por este processo e sua destinação. Outro ponto importante a ser considerado é a necessidade de licença ambiental para operar essa atividade.</p>
<p><b>Produtos esperados</b></p>	<p>Definição das operações unitárias a serem utilizadas industrialmente, definição dos equipamentos e seus custos para um processo em escala industrial (mitigação do risco de engenharia), definição de clientes/primeiras vendas (mitigação do risco comercial).</p>
<p><b>Quantidade/ Escala</b></p>	<p>Pode variar muito, mas diversos casos envolvem desde alguns quilogramas/litros até algumas centenas de kg/litros.</p>

**Se quiser levar uma tecnologia até o mercado/indústria, a etapa de estudo em escala piloto é fundamental!**

A fase de planta piloto é fundamental para levar a tecnologia ao mercado. Podemos considerar três grandes riscos no processo de inovação: Risco Tecnológico, Risco de Engenharia e Risco Comercial. O Risco Tecnológico é minimizado nos laboratórios de pesquisa. É neles que começamos a investigar os aspectos de engenharia através da Etapa 3 de desenvolvimento de processo. No entanto, a Etapa 4 é a mais importante para se trabalhar os aspectos de engenharia do processo (Risco de Engenharia).

- **Risco Tecnológico:** possibilidade da rota tecnológica não funcionar de forma efetiva, o que resulta em um produto com características indesejadas.

- **Risco de Engenharia:** risco do processo não ser implementado em maior escala por restrições de engenharia, como problemas de transferência de massa ou de calor.

- **Risco Comercial:** risco da produção não ser convertida em vendas e em participação considerável no mercado.

Quando saímos da bancada e vamos para a escala envolvendo centenas de quilogramas ou litros, vários aspectos de engenharia relacionados as variáveis de processos ficam óbvios, tais como transferências de massa e de energia\*. Nesse momento, os gargalos de engenharia mais importantes do processo ficam evidentes. Além disso, nessa etapa de planta piloto devemos também começar a trabalhar o risco comercial. Seremos capazes de produzir centenas de quilos ou litros do produto e, portanto, teremos a oportunidade de ir até o mercado e fazer uma oferta inicial do produto. Nessa fase podemos fazer os primeiros testes de produto em grandes quantidades e, inclusive, fazer as primeiras vendas, que são fundamentais para minimizar o risco comercial, bem como as declarações de intenção de compra do produto.

\* DEWITT, D. P.; INCROPERA, F. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. Fundamentos de transferência de calor e de massa. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

FIGUEIREDO, K. C. S. Transferência de massa para engenharia química. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018.

WELTY, J. R.; RORRER, G. L.; FOSTER, D. G. Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

Treybal, R. E. Mass-Transfer Operations. 3. ed., Nova Iorque: MacGraw-Hill, 1980 .

## Estudo de Caso: importância dos trabalhos em escala piloto

Desenvolvemos durante quase 3 anos, em laboratório, uma pesquisa para o processamento de um rejeito industrial. Definimos muito bem a rota tecnológica em escala de bancada. Em uma das etapas, fazíamos uma separação por filtração a vácuo, onde o material resultante era o produto principal do processo. Na bancada, essa filtração acontecia em poucos minutos e era muito simples. Quando avançamos para a escala piloto, essa separação do sólido se mostrou a etapa mais difícil do processo, pois dela dependia a produtividade final. E, de acordo com a escala planejada, essa separação tinha que ser eficiente e rápida. Levamos quase 1 ano para solucionar esse problema em escala piloto. Inicialmente tentamos todos os tipos de filtração, com e sem vácuo, além de diferentes meios filtrantes, mas o material entupia todos os filtros utilizados. Inclusive um deles, de prensa, usado no início, não se mostrou eficiente. Testamos centrífugas que, apesar de apresentarem bons resultados, resultava em um processo de batelada e relativamente lento. Por fim, encontramos a solução em um equipamento que é tipicamente utilizado na indústria alimentícia, chamado “decanter centrífugo”. Nessa ocasião, alugamos esse equipamento de uma empresa do Paraná e trouxemos para Minas Gerais. Ao realizarmos os testes em escala piloto, os resultados obtidos foram excelentes! Levamos quase um ano buscando essa solução.

A planta piloto é um conjunto de sistemas para executar o processo em condições suficientemente próximas às encontradas em uma planta industrial. A escala ainda é reduzida em comparação a um processo fabril, mas deve apresentar correspondência com as características industriais.

**Escalonamento não é só aumentar escala!**

Fazer estudos em escala piloto não é fácil! A planta piloto deve simular um processo que será executado em escala industrial, para entender todos os conceitos de processo, engenharia e logística.

**Idealmente, uma planta piloto deve ser a menor possível, que permita simular o processo industrial e fornecer todas as informações necessárias para a engenharia!**

Para montar a planta piloto, você terá que buscar equipamentos que se encontram disponíveis comercialmente, ou mesmo ter que construir um equipamento novo usando peças compradas e serviços de oficinas mecânicas. Esse caminho em si, já contribui para construir uma visão do processo industrial, especialmente sobre os fornecedores dos equipamentos necessários.

A operação da planta piloto irá te ajudar a enxergar os pontos críticos do processo! Processos de transferência de calor e de massa tendem a se complicar muito quando são realizados em grandes quantidades.

## **Estudos de Caso para ilustração: casos que mostraram pontos críticos de processo.**

### **Caso 1 - Produção de glicerol a partir do biodiesel**

Iniciamos uma operação em escala piloto com um volume de aproximadamente 250 litros de glicerol originado do processo de produção de biodiesel. Tínhamos que fazer a reação a aproximadamente 200 °C em um reator com volume total de 500 litros. Durante esse primeiro aquecimento, que foi feito de forma rápida, algo que não conseguimos prever aconteceu. Um grande volume de espuma foi formado e fez a mistura reacional transbordar do reator e se espalhar por todo o galpão.

## Caso 2 - Planta de pirólise de borracha

Montamos uma planta de pirólise de borracha que iria operar de forma contínua. Porém, o primeiro experimento em escala piloto foi um desastre. O alimentador da borracha triturada não funcionou, mostrando que a granulometria da borracha era um parâmetro crítico. Quando o alimentador funcionou, o coletor do produto sólido entupiu e tivemos que abortar o processo. Isso demandou uma modificação importante no equipamento. Em seguida, também tivemos problemas com o sistema de coletor de gases, o qual também teve de ser modificado. Toda essa experiência foi fundamental para pensarmos no processo industrial, frente aos requisitos da matéria prima.

Do trabalho realizado na planta piloto podemos concluir:

- (i) Definição de parâmetros importantes de cada operação unitária. Na planta piloto entendemos cada operação do processo e quais são os pontos críticos de cada etapa;
- (ii) Entendimento da logística do processo (grandes volumes de matéria prima e produto pedem uma área especial de estocagem, sequência de etapas do processo devem ter uma organização no espaço, etc.);
- (iii) Definição de etapas limitantes, questões ambientais, questões de segurança, etc.;
- (iv) Definição de equipamentos e custos operacionais com mais precisão;
- (v) Definição dos fornecedores de insumos/matérias primas e seus custos (inclusive transporte).

A planta piloto fornece informações para sermos mais assertivos ao definir o custo do processo/produto e estimar melhor os investimentos necessários para a construção de uma unidade industrial. O investimento de tempo e recursos neste momento é fundamental para evitar uma reestruturação da planta industrial no futuro, o que teria custos muito maiores!

No processo de montar e operar uma planta piloto conseguimos ter uma melhor definição dos equipamentos que serão necessários, seus fornecedores e custos.

Em algum momento, alguém (um investidor ou um parceiro estratégico) irá te perguntar qual o custo para montar uma unidade industrial (CAPEX) e quanto custa para operá-la (OPEX)!

**CAPEX:** sigla em inglês que significa capital expenditure, referente às despesas de capital. Valor referente a todos os custos de aquisição de equipamentos e instalações.

**OPEX:** sigla em inglês para operational expenditure, referente às despesas operacionais. Valor referente às despesas cotidianas, como gastos com água, energia, mão de obra e serviços terceirizados.

Por exemplo: a aquisição de um reator entra no CAPEX, mas os gastos para sua manutenção entram no OPEX.

Na operação de uma planta piloto, conseguimos dimensionar melhor a necessidade de mão de obra, os custos com eletricidade, água, espaço físico, etc. O resultado disso é uma estimativa mais precisa dos custos envolvidos na montagem de uma unidade industrial.

Outro aspecto importante é o gasto com o produto; ele é definido a partir do custo dos insumos, incluindo eletricidade, água, mão de obra, etc., que podem ser estimados melhor a partir dos dados obtidos em escala piloto.

A planta piloto também serve para produzir uma quantidade grande de produto para teste com clientes reais, o que chamamos de uma prova de conceito

robusta (POC4). O ideal é que esse teste se aproxime o máximo possível de uma venda para um cliente. Para tanto, o produto deve incorporar todas as exigências dos clientes.

**Nessa fase de produção em escala piloto é muito importante que haja uma proximidade grande com potenciais clientes!**

Mas como fazer uma planta piloto?

Se você já passou pelas fases: Etapa 1 – Pesquisa, Etapa 2- Desenvolvimento de produto e Etapa 3-Desenvolvimento de processo, você certamente está pronto para a Etapa 4-Desenvolvimento de planta piloto.

Nesta etapa, a fim de facilitar o desenvolvimento da planta piloto e reduzir os riscos que envolvem sua construção, recomenda-se que seja feita em duas fases: a fase de preparo e a fase de construção e operação. Onde, dentro de cada uma delas, aspectos que podem ser determinantes para o aumento da escala serão abordados, conforme apresentado a Figura 3.

**Desenvolvimento da Planta Piloto**

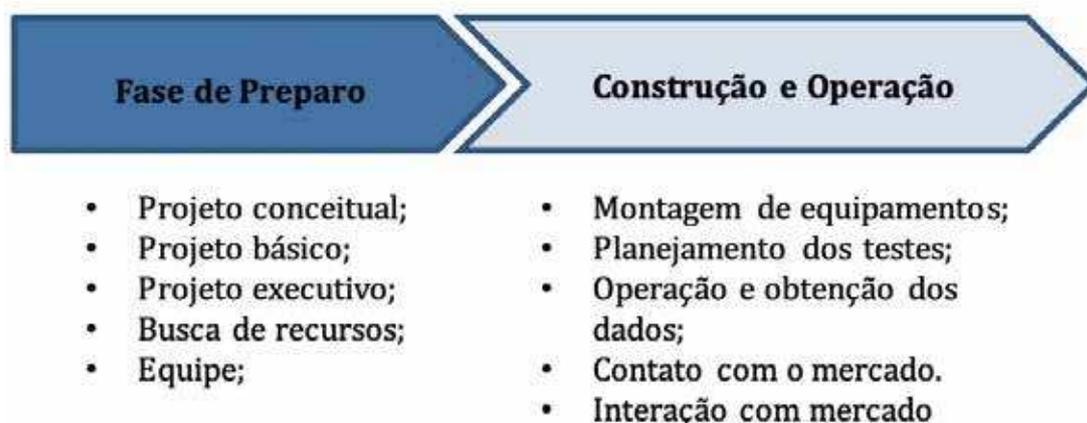


Figura 3. Divisão das fases para a construção de uma planta piloto e aspectos que devem ser abordados.

## 1- FASE DE PREPARO

Aqui devemos trabalhar nos projetos conceitual, básico e executivo da planta piloto. Mas o que são exatamente tais projetos? A figura 4 nos fornece uma ideia geral.

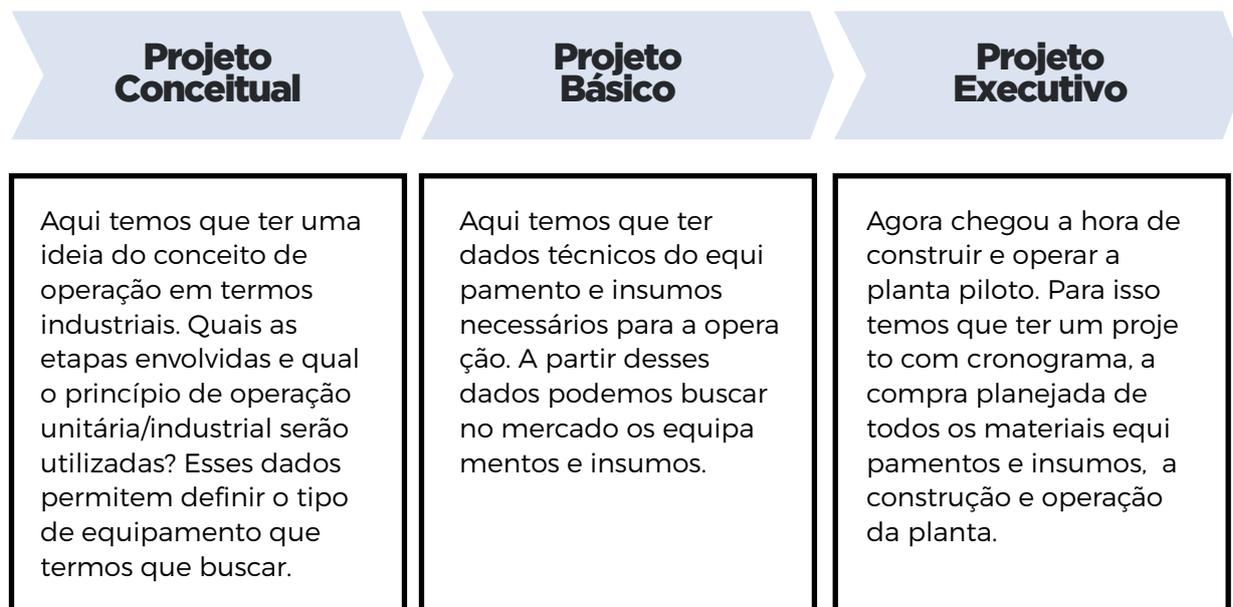


Figura 4. Visão geral dos projetos conceitual, básico e executivo.

### Projeto Conceitual

No projeto conceitual, temos que definir a solução que será utilizada em termos de processo. Para que o primeiro passo possa ser dado, precisamos fazer a seguinte pergunta: Será que a rota que desenvolvi em laboratório para preparar esse produto é a melhor, quando penso em termos industriais e com os insumos que tenho disponíveis comercialmente? A rota desenvolvida em laboratório pode usar alguma operação que poderia ser complicada em nível industrial (por exemplo uma separação por filtração à vácuo), ou utiliza algum insumo químico especial para laboratório que não existe em grandes quantidades no mercado. Nesse caso, pode ser necessário repensar a rota de laboratório de maneira a ter o mesmo produto utilizando operações mais simples e insumos disponíveis. Nesse momento é importante considerar:

- Avaliação de todos os processos e operações envolvidos;
- Definir e criar rotas tecnológicas passíveis de serem aplicadas;
- Realizar uma análise crítica e comparativa das rotas propostas (vantagens x desvantagens). Por exemplo:

- Análise do número e da complexidade das operações unitárias envolvidas;
- Rendimento x custo de produção;
- Geração de resíduos;
- Toxicidade do processo e do produto final;
- Disponibilidade das aquisições tais como quantidade de fornecedores de matéria prima, equipamentos, e qualquer outra aquisição necessária a essa alternativa de solução;
- Restrições do processo: regulamentações, restrições de ambiente de operação da planta, toxicidade dos materiais, controle rígido das grandezas físicas;
- Custos e prazos;
- Espaço físico necessário;
- Fabricação e montagem da planta;
- Equipamentos necessários.

A Figura 5, de uma maneira esquemática ilustra os 5 aspectos que devem ser abordados durante a construção do projeto conceitual: clarificação, concepção, análise, validação e definição.

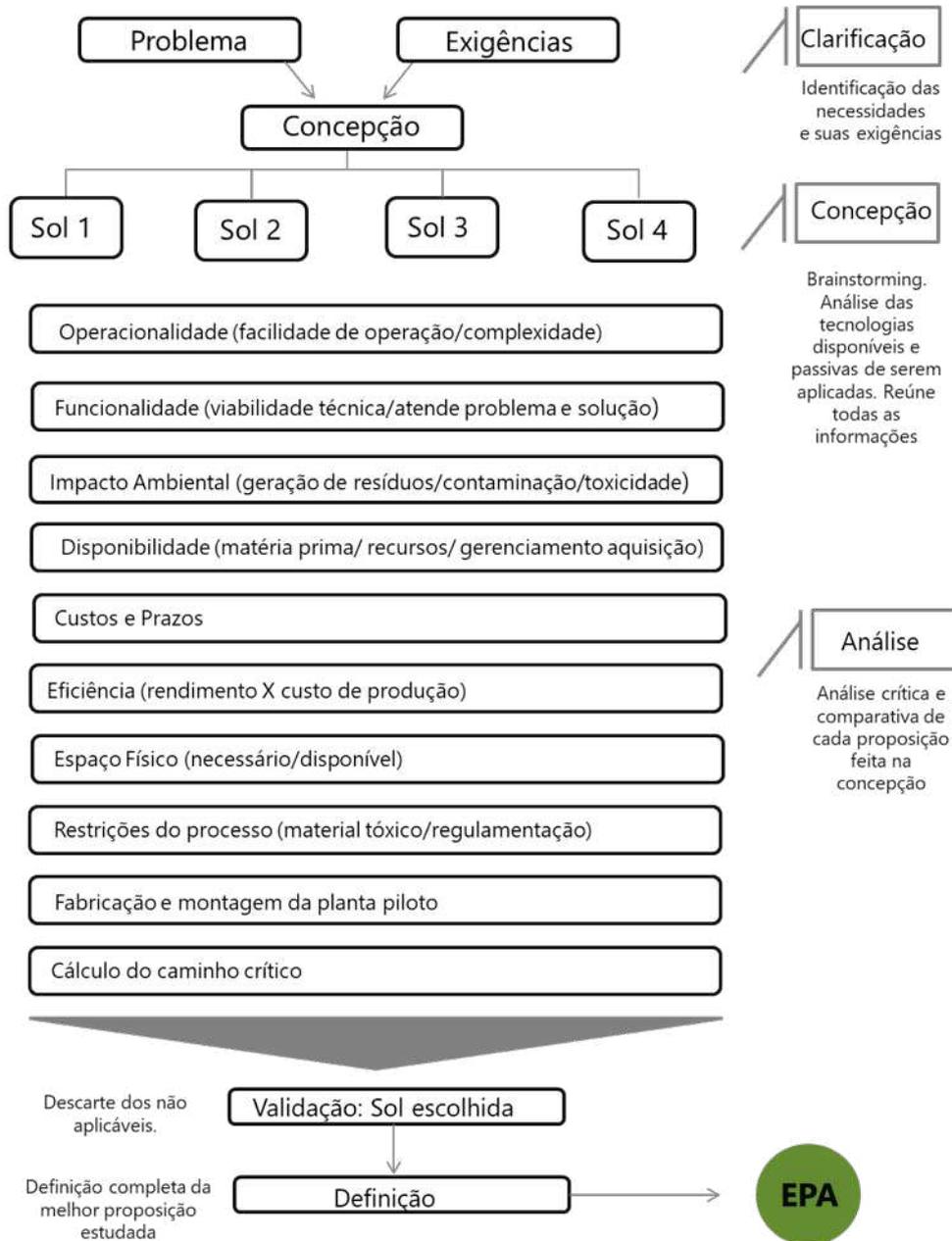


Figura 5, esquema utilizado para a construção de um projeto conceitual.

## Projeto Básico

O projeto básico consiste no detalhamento dos equipamentos e das atividades que serão desenvolvidas, a partir da solução definida no Projeto Conceitual. Essa etapa existe como base para se fazer o projeto executivo. Neste projeto, cada etapa do Projeto Conceitual deve ser descrita, mas agora com os equipamentos necessários detalhados. Precisamos definir todas as características técnicas de cada equipamento, que permitam conversar com os fornecedores. Um exemplo simples das características de cada etapa/equipamento é dado abaixo na Figura 6:

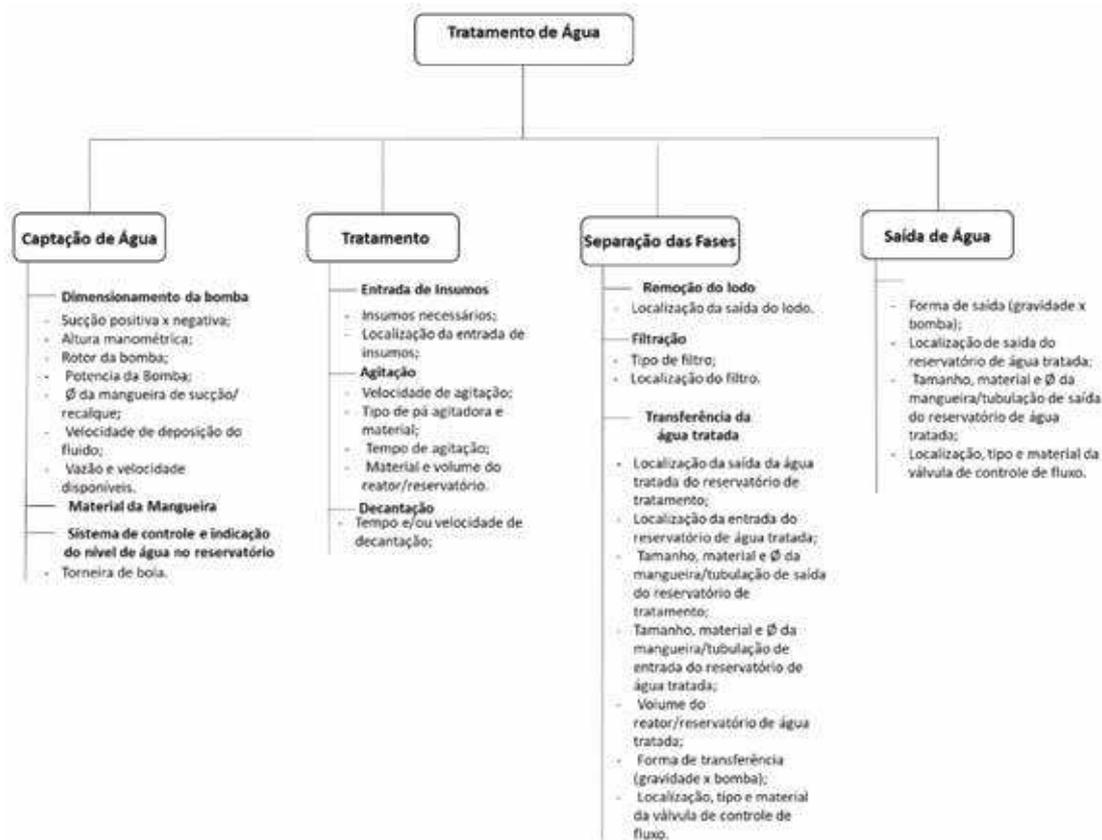


Figura 6. Exemplo da utilização da EAP em um projeto de tratamento de água.

Nesse momento, normalmente são realizados testes com esses equipamentos, com auxílio dos fornecedores.

## Projeto Executivo

A partir do Projeto Básico, temos condições agora de especificar tudo que será necessário para construir e operar a planta. Idealmente, o projeto executivo especifica cada parafuso que será usado na planta piloto. Todos os materiais de consumo devem ser definidos também. Além disso, nesse projeto é preciso definir um cronograma detalhado de cada etapa, responsável e entregáveis. O preparo dos projetos conceitual, básico e executivo pode ter uma complexidade considerável. O que foi exposto aqui é bastante simplificado para dar apenas uma ideia dessas etapas.

## Equipe

Uma equipe dedicada ao projeto é de extrema importância para uma boa execução do trabalho de escalonamento. Uma equipe feita somente de pesquisadores sem experiência na área de engenharia e sem experiência na área de gestão

de projeto pode ser uma considerável limitação na execução. Então fique atento: se for executar um projeto de planta piloto, pode ser necessário buscar outras competências para a sua equipe.

## **2- CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO**

### **Montagem de Equipamentos**

O colaborador responsável pela área técnica e de tecnologia é o responsável pelas etapas seguintes. Uma de suas atividades é compilar os componentes necessários para a montagem da planta piloto. Após o dimensionamento (Projeto executivo), as peças da planta piloto precisam ser orçadas, compradas e checadas para que a montagem ocorra de forma eficiente e sem atrasos no cronograma. Esse será o primeiro contato com possíveis fornecedores. É muito importante que, antes de realizar alguma compra, pesquise sobre o fornecedor, seu cumprimento dos prazos de entrega, qualidade do produto e processo de fidelização. Um outro ponto que deve ser considerado nesse momento é a necessidade de insumos químicos para que as etapas do processo se concretizem. Eles também devem passar pelo mesmo processo dos componentes dos equipamentos. Tudo que é feito aqui deve ser arquivado. Após os primeiros testes serão identificados vários erros no produto final e a origem deles pode estar nessa etapa.

### **Planejamento dos testes com potenciais clientes**

Nesse estágio, primeiro é necessário identificar qual o melhor cliente para se realizar os testes iniciais em campo. Esse “cliente” deve ser tratado como parceiro no desenvolvimento do produto e não como um comprador. Os produtos provenientes de tecnologias Hard Science, em sua maioria, demandam resultados que comprovem a qualidade, custo x benefício, impactos e processos antes de se realizar uma venda final. É importante que os primeiros testes sejam validados junto a empresas/parceiros/usuários para que eles possam comprovar a viabilidade técnica da tecnologia e de seu processo produtivo, antes de investir na produção industrial. Por isso, é muito importante que a relação com esse cliente parceiro esteja alinhada com o objetivo de testar uma tecnologia que ainda passará por fases de correções e adequações. Alguns aspectos precisam ser pensados estrategicamente antes da parceria ser formalizada:

- Local de aplicação dos testes;
- Parcerias necessárias;
- Materiais necessários;
- Análises químicas, mecânicas, termodinâmicas a serem feitas no produto final;
- Atividades a serem realizadas e seus objetivos;
- Data e recursos humanos necessários;
- Recursos demandados;
- Metas, métricas e indicadores dos testes.

### **Contato com o mercado**

Após os testes realizados, as devidas correções identificadas e adequações feitas, a startup possui um CASE de entrada no mercado muito importante. Os testes com os potenciais clientes são essenciais para o início no mercado. É por meio desses testes e das parcerias que será possível identificar o que precisa ser alterado no processo; como o produto deve ser melhorado para atingir as expectativas de quem irá recebê-lo; quais etapas do processo podem ser retiradas a fim de diminuir custos; ou até mesmo quais estágios precisam ser adicionados para garantir maior qualidade do produto final. Todos os resultados devem passar por análises detalhadas com o objetivo de definir novas metas e métricas. A partir dessas análises, as adequações devem ser projetadas para que novos testes sejam realizados. Desse momento em diante começam a ser realizadas vendas diretas do produto, uma vez que ele já foi validado por outro cliente. Assim, é necessário levantar todas as informações obtidas durante os testes com o cliente parceiro, que farão com que os futuros compradores tenham confiança na qualidade do produto que será entregue.

Ao final dos testes em planta piloto, os seguintes aspectos devem estar estabelecidos:

- Capacidade produtiva: taxa de produção comprovada de acordo com a meta estabelecida, que pode ser de dezenas até milhares de quilogramas ou litros;
- Infraestrutura: definição dos equipamentos adequados para a operação na indústria; definição de aspectos de infraestrutura civil, hidráulica, elétrica, de gases e exaustão de acordo com as necessidades do processo;

- Parâmetros de processo: definição de todos os parâmetros importantes para cada operação unitária;
- Logística de processo: montagem do fluxograma de processo e definição de todos os aspectos envolvidos de logística, entrada de insumos e saída de produtos, transferência dos materiais entre as etapas produtivas e controle de estoque;
- Layout e área requerida: elaboração de layout que beneficie a organização e os fluxos de processo, definição da área requerida por capacidade produtiva;
- Requisitos ambientais e de segurança: definição dos aspectos ambientais envolvidos, como gestão de resíduos e necessidade de licença ambiental; garantia de um ambiente de trabalho seguro, controle de processos e definição/manutenção dos equipamentos para evitar acidentes, levantamento de riscos e definição de ações preventivas e corretivas para a ocorrência de fatos indesejados;
- Custos: definição dos custos para montar uma unidade industrial (CAPEX), como equipamentos e instalação da fábrica; e para operá-la (OPEX), tanto os custos fixos quanto os custos variáveis para obtenção de cada unidade de produto;
- Comercial: teste do produto com clientes (MVP); primeiras vendas do produto ou declarações de intenção de compra.

Com esses dados em mãos, parabéns! Você conseguiu implementar com sucesso uma planta piloto! Com isso, também simulou em menor escala os conceitos de uma planta industrial!

Agora você tem todos os requisitos para o estabelecimento industrial do processo e para levar uma nova tecnologia ao mercado! É possível comprovar que os riscos tecnológico, de engenharia e comercial foram avaliados e são muito reduzidos.

O próximo passo é captar investimentos para o estabelecimento da indústria, em conjunto a profissionais com experiência na área, ou licenciar a tecnologia para alguma empresa ou grupo interessado. Quer saber mais sobre propriedade intelectual, patentes e licenciamento de tecnologia? O capítulo final apresenta esses

conceitos e como eles podem ser relacionados com o processo de aumento de escala.

## Conclusões e Aprendizados sobre o Processo

Neste capítulo, trabalhamos o escalonamento de tecnologias dividido em quatro etapas principais (Figura 7). Cada fase descrita destaca os objetivos, infraestrutura adequada e os gates a serem transpostos para avançar de uma etapa a outra. Sabemos que muitas dessas etapas podem ser novidade para muitos pesquisadores, por isso compilamos casos reais para tornar o processo de escalonamento de tecnologias químicas mais claro e acessível a todos que buscam chegar à escala piloto e/ou até mesmo levar a tecnologia desenvolvida para o mercado.

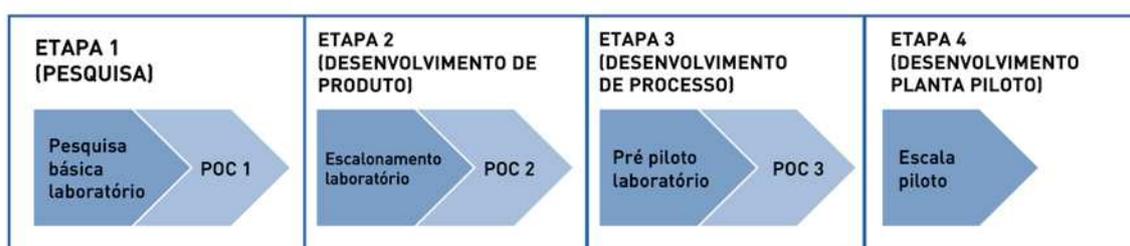


Figura 7. Etapas do processo de escalonamento.

Descrevemos também alguns conceitos comuns do ambiente de inovação, mas que nem sempre são corretamente compreendidos e podem levar a planejamentos equivocados no processo de desenvolvimento de tecnologias. Ao analisarmos as etapas da figura acima, dentro de um contexto de inovação, percebemos que as mesmas são fundamentais no processo de desenvolvimento de produtos e processos que podem chegar ao mercado e à sociedade. Esse caminho que a tecnologia geralmente percorre é chamado de “caminho para o mercado”, que não é simples e em determinado estágio, é comumente reconhecido como o “vale da morte”. Os desafios são de tal dimensão que fazem com que a maioria das tecnologias fiquem engavetadas na universidade e/ou outras instituições de pesquisa por meio de artigos e/ou patentes, sem que efetivamente se tornem um novo produto/processo que gere impacto para a sociedade.

O vale da morte (Figura 8) é um estágio crítico, no qual a captação de recursos é extremamente desafiadora. Nessa figura percebemos que no início do desenvolvimento tecnológico, a maior parte dos recursos financeiros são públicos, visto que

muitas vezes as agências de fomento governamentais estão organizadas para investir em pesquisa em escala de laboratório nas ICTs. Essa fonte de recursos vai se tornando cada vez mais escassa ao longo do desenvolvimento tecnológico, de modo que, em um determinado momento, os investimentos devem passar a ser primordialmente oriundos do setor privado. Entretanto, o setor privado avalia o risco com enorme cautela e busca investir em tecnologias mais estruturadas e em estágios mais avançados, mais próximas de se tornarem produtos ou processos que possam ser utilizados e vendidos.



Figura 8: Vale da morte, adaptado de SOARES, 2018.

A região do gráfico destacada como “Vale da Morte” é assim chamada pois vários projetos que poderiam gerar grandes inovações, desenvolvimentos econômicos e sociais, literalmente “morrem” nessa etapa do desenvolvimento. Por um lado, os editais públicos já não oferecem montantes de recursos para fomentar os experimentos necessários – afinal, já não se trata mais de uma pesquisa científica tradicional, são necessários equipamentos semi-industriais, que produzirão volumes maiores e já se emulam processos industriais – acreditando que o setor privado deveria assumir os próximos investimentos. Por outro lado, as empresas e investidores também não costumam tomar a decisão de investir seus escassos recursos nessas etapas de desenvolvimento, devido a presença de grandes riscos de todas as naturezas – técnicos, de mercado, financeiros e, em alguns casos, até político/regulatórios – esperando que outros agentes vinculados ao governo financiem um pouco mais a fase de desenvolvimento inicial para redução dos riscos que possam viabilizar o investimento.

Além desse dilema sobre as fontes de financiamento, é na passagem pelo “vale da morte” que é esperada uma interação entre os pesquisadores acadêmicos,

a indústria instalada e consumidores finais. Ambientes que possuem linguagens, prioridades, ciclos de tempo e indicadores de sucesso muito distintos uns dos outros. Se estruturar o financiamento do desenvolvimento de uma tecnologia já é complexo devido à escassez de recursos, a compreensão sobre as grandes diferenças entre o mundo da ciência e os modos de consumo das sociedades não deixam dúvidas sobre o porquê dessa etapa ter esse fúnebre apelido.

As quatro fases de escalonamento inseridas, discutidas no capítulo 2 desse texto, encontram-se exatamente dentro desse “vale da morte” (Figura 9), momento no qual a grande maioria dos pesquisadores brasileiros encontram dificuldades e desconhecimento em como avançar com a tecnologia para que esta se torne um novo produto e/ou processo, visto que os investidores e empresários raramente arriscam investir seus recursos.

Dessa forma, percebemos a importância em destacar e abordar nesse texto, de forma simples e exemplificada, as etapas cruciais do processo de escalonamento das tecnologias das áreas químicas e físico-químicas, de modo a difundir no meio acadêmico conhecimentos a respeito desta etapa crítica e limitante vivenciada por muitos autores e pesquisadores do Brasil, na busca por promover o impacto e a inovação.

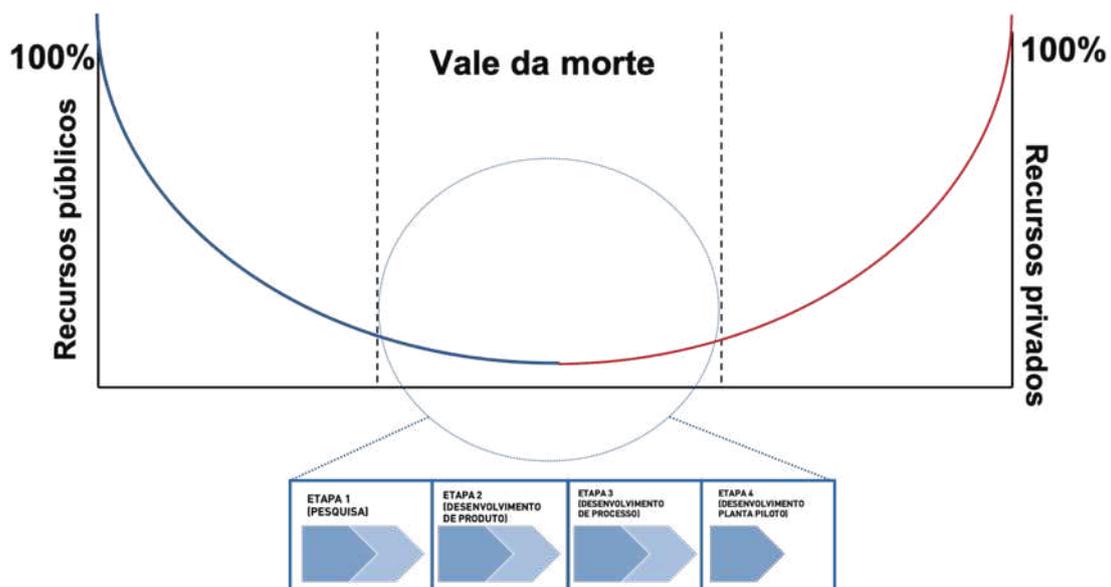


Figura 9: Vale da morte, adaptado de SOARES, 2018.

No quadro 1 apresentamos uma comparação entre as fases de escalonamento descritas nesse texto, a partir da qual é possível analisar o processo como um todo, bem como compreender a gradação dos eventos, atores e objetivos ao longo desse processo. Vale ressaltar que esta divisão é didática, para discussão das etapas, mas por vezes o processo pode ter sobreposições de atividades e não ser tão bem segmentado.

Quadro 1: Resumo das 4 fases do escalonamento de tecnologias.

	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Fase 4</b>
<b>Objetivos</b>	Realizar experimentos para comprovar que a tecnologia funciona em escala de bancada.	Realizar experimentos preferencialmente com insumos comerciais/industriais em escala aumentada, ainda em laboratório.	Desenvolvimento de processos (ainda em laboratório) em escala aumentada que seja compatível com operações típicas da indústria.	Validar o processo e a tecnologia em escala próxima à industrial, levando em consideração os parâmetros como operações unitárias, custos operacionais e principais pontos críticos, de modo a simular o processo industrial.
<b>Produtos essenciais para conclusão da fase</b>	Proteção da Propriedade intelectual; Validação técnica da tecnologia; Pré EVTE.	Validação técnica do produto em escala aumentada; Primeira conexão com clientes e parceiros; EVTE.	Validação de processos em escala aumentada; Formalização de parcerias estratégicas.	Definição das operações unitárias a serem utilizadas industrialmente, Definição dos equipamentos e seus custos para um processo em escala industrial; Definição de clientes/primeiras vendas;
<b>Fontes de Recursos</b>	Editais não reembolsáveis voltados a pesquisas financiadas por órgãos governamentais e instituições de fomento	Editais não reembolsáveis voltados a pesquisas financiadas por órgãos governamentais e instituições de fomento; projetos de pesquisa em parceria com empresas.	Editais não reembolsáveis voltados a pesquisas financiadas por órgãos governamentais e instituições de fomento; projetos de pesquisa em parceria com empresas; investidores anjos.	Editais não reembolsáveis voltados ao escalonamento de tecnologias financiados por órgãos governamentais e instituições de fomento; parcerias com empresas privadas; fundos de capital semente; bancos de desenvolvimento.

	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>	<b>Fase 3</b>	<b>Fase 4</b>
<b>Principais Atores Envolvidos</b>	Instituições de Ensino e Pesquisa; Governo; Empresas privadas.	Instituições de Ensino e Pesquisa; Governo; Empresas privadas; Aceleradoras.	Instituições de Ensino e Pesquisa; Governo; Empresas privadas; Aceleradoras; Investidores; Centros de Escalonamento.	Instituições de Ensino e Pesquisa; Governo; Empresas privadas; Aceleradoras; Investidores; Centros de Escalonamento.
<b>Infraestrutura Necessária</b>	Laboratórios de pesquisa	Laboratório de pesquisa com vidrarias ou equipamentos um pouco maiores	Laboratórios de pesquisa e equipamentos externos necessários para avaliação de operações unitárias específicas.	Galpão (adequado com normas de segurança e licença ambiental) com toda a parte elétrica e hidráulica adequada e equipamentos de maior porte; Área de estocagem;
<b>Ordem de grandeza de trabalho</b>	0-100 (g ou mL)	1000 (g ou mL)	1-10 (kg ou L)	10-1000 (kg ou L)
<b>Principais competências e habilidades necessárias</b>	Desenvolvimento científico tecnológico, propriedade intelectual e conceitos básicos de avaliação de tecnologia.	Experiência em desenvolver parcerias estratégicas e aumento de escala e conhecimento em estudo de mercado.	Processos e conhecimento técnico das operações unitárias. Conhecimento em aumento de escala para ajustes e adequações do processo.	Conhecimento em engenharia de química. Conhecimento em vendas e finanças.

Podemos destacar algumas análises com respeito ao quadro 1. Avaliando o objetivo de cada uma das fases do processo de escalonamento, há um claro destaque em relação à palavra “validação”. Escalonar, nesse ponto de vista, é o processo de comprovar e validar gradativamente, tanto para os pesquisadores quanto para o mercado, que estamos lidando com uma tecnologia inovadora e confiável e pode valer a pena ser transformada em um negócio.

Em relação às fontes de recursos, tema abordado também no gráfico do Vale da Morte, fica claro o surgimento de cada vez mais fontes de recursos privados para as últimas etapas de desenvolvimento. Contudo, os recursos públicos, mesmo com menor disponibilidade, são importantes em todas as etapas do desenvolvimento. É importante conhecer os editais e fontes de financiamento específicos para essa etapa do desenvolvimento, pois em geral não são os mesmos editais que os pesquisadores usualmente acessam.

No mesmo sentido dos recursos, os atores privados como empresas e investidores devem ser gradativamente acessados para a formação de parcerias e alianças estratégicas cada vez mais robustas, inclusive envolvendo financiamentos mais elevados.

Finalmente, a análise das massas e volumes usualmente manipulados em cada uma das etapas, da infraestrutura e das competências necessárias, também nos elucidam outros dos desafios relevantes do processo de escalonamento – em raríssimos casos um centro de ensino e pesquisa, berço da ciência de ponta que temos no Brasil, tem acesso a equipamentos, espaço físico e expertise para passar por um processo completo de escalonamento. Os laboratórios, que podem ser o habitat das primeiras fases do escalonamento em dado momento, são pequenos e inadequados para os próximos passos de desenvolvimento – e esses novos espaços e competências ainda são escassos e geograficamente dispersos em nosso país. Portanto, compreender a importância de estabelecer parcerias estratégicas e se planejar para a adequação da infraestrutura, pode ser uma forma de garantir que o desenvolvimento de uma tecnologia não seja interrompido.

O objetivo dessas conclusões é trazer ao leitor um resumo das principais dicas e práticas que poderão ser levadas para o dia a dia de pesquisadores, empresários, investidores e demais agentes de inovação. O sucesso desse guia prático reside em contribuir para que cada vez mais processos de escalonamento sejam conduzidos de forma eficiente, ampliando as chances de sucesso do desenvolvimento tecnológico e, em última instância, gerar mais inovação.

# Capítulo 3

## Exemplos de alguns laboratórios de escalonamento no Brasil

**Carolina Andrade (ISI Biomassa)**

**Ewerton E. da Silva Calixto (SENAI CIMATEC)**

**Fernando Luiz Pellegrini Pessoa (SENAI CIMATEC)**

**Francisco Cezar Freire (SENAI CIMATEC)**

**Elimar Vasconcellos (Wylinka)**

**Glaura Goulart Silva (UFMG/CTNano)**

**Liliane Carvalho (Biominas Brasil)**

**María Duarte de Oliveira (UFMG/Escalab)**

**Marcella Rocha Franco (UFMG/Escalab)**

**Paulo Borges (Biotech Town)**

**Priscila Maria Teixeira Gonçalves de Souza (UFMG/INCT Midas)**

**Vinícius Gomide (UFMG/CTNano)**

O processo de escalonamento, como discutido no capítulo anterior, pode ser um processo longo e desafiador, no qual são necessárias competências multidisciplinares e estruturas específicas, elementos muitas vezes escassos. Para apoiar o processo de desenvolvimento das tecnologias, existem em todo o mundo instituições especializadas em conectar e disponibilizar diferentes competências e estruturas para empresas e pesquisadores – e podemos chamá-los de centros de escalonamento.

Nesse contexto, esse capítulo irá descrever brevemente seis casos de centros de escalonamento brasileiros, instituições que podem ser acessadas para tornar mais rápida e menos penosa a passagem pelas diferentes etapas da prova de conceito. As informações disponibilizadas a seguir foram fornecidas por colaboradores das próprias instituições, destacando suas principais expertises, infraestrutura e formas de interação possíveis. Não foram feitas análises sobre os desafios e potencialidades das mesmas, tema que poderá ser alvo de trabalhos futuros.

Em seguida serão apresentados os seguintes centros:

- CT Nano – UFMG
- Escalab UFMG-SENAI
- Biominas Brasil
- BiotechTown
- Instituto Senai de Inovação em BIOMASSA
- Instituto Senais de Inovação CIMATEC

### 3.1 - CTNano/UFMG



**Centro de Tecnologia para Desenvolvimento de Nanomateriais**

Localização: Rua Professor José Vieira de Mendonça, nº 520 - Engenho Nogueira, Belo Horizonte - MG.

Site: <https://www.ctnano.org/>

Autor: Vinicius Gomide de Castro e Glaura Goulart Silva

O CTNano/UFMG é um centro de tecnologia com foco no desenvolvimento de produtos, processos e serviços por meio da nanotecnologia. A principal motivação é o fomento da competitividade de múltiplas indústrias a partir do desenvolvimento tecnológico de ponta baseado em nanomateriais. O objetivo da organização é ser uma plataforma para a contínua transferência de tecnologia para pequenas, médias, grandes e novas empresas de base tecnológica. Dessa forma, as empresas podem comercializar, em larga escala, os produtos estabelecidos em escala piloto pelo CTNano/UFMG.

## Histórico

O CTNano/UFMG está localizado no Parque Tecnológico de Belo Horizonte (BH-TEC) e foi criado por meio de uma parceria entre o Governo do Estado de Minas Gerais (SEDCTES e Fapemig), o Fundo Tecnológico (FUNTEC) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e as Empresas Petrobras e InterCement. O centro captou mais de R\$ 40 milhões ao longo do seu desenvolvimento e estabeleceu projetos de desenvolvimento com empresas de diferentes segmentos industriais.

Ele foi iniciado em 2010 e sua estruturação foi formalizada em 2013 (Figura 10). No entanto, as iniciativas que serviram de base para sua fundação datam de 1998 com a parceria internacional entre o Massachusetts Institute of Technology (MIT) e o Prof. Marcos Pimenta, além do início da pesquisa do Prof. Luiz Orlando Ladeira, em síntese de nanotubos de carbono em 1999. No ano seguinte, iniciou-se a produção de nanotubos de carbono no Laboratório de Nanomateriais (LN), que serviu de insumo para que ocorresse, em 2006, o fornecimento contínuo desse material para pesquisadores brasileiros associados ao Laboratório. A equipe de profissionais da área de física, química, biologia e engenharia do CTNano/UFMG trabalha junto desde o início da década de 2000, e em 2008 obtiveram a conquista de alcançar projetos com empresas.



Figura 10: Sede do CTNano/UFMG.

Neste contexto, o CTNano/UFMG apresenta-se como uma referência nacional em nanotecnologia, com mais de 20 anos de experiência em nanotubos de carbono e mais de 10 anos em grafeno. O grupo de 9 professores idealizadores é responsável pela formação de mais de 200 pesquisadores na área, que contribuem para a força de trabalho que atua em PD&I no Brasil. A equipe que trabalha no centro é responsável pelo depósito de mais de 30 patentes relacionadas com nanomateriais e suas aplicações.

## **Área de Atuação**

O CTNano/UFMG foi inicialmente formatado com 5 linhas de desenvolvimento distintas: Síntese de Nanomateriais; Compósitos Poliméricos; Compósitos Cimentício; Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SMS) e Caracterização & Metrologia.

A frente de Síntese é responsável pelo desenvolvimento de nanomateriais com características adequadas para sua aplicação e por seu aumento de escala para produção piloto. Já a de Compósitos Polímeros atua no estabelecimento de rotas tecnológicas de incorporação de nanomateriais em polímeros (plásticos e borrachas), para a fabricação de peças de maior desempenho, bem como no escalonamento de produção. A linha de Compósitos Cimentícios é responsável pela tecnologia de crescimento de nanotubos de carbono no clínquer para obtenção de cimento de melhor desempenho, dentre outros desenvolvimentos, e aumento de escala desses processos.

Todas as linhas de atuação possuem suporte das frentes de SMS e de Caracterização & Metrologia para avaliação dos processos e produtos em desenvolvimento. A frente de SMS atua no desenvolvimento de protocolos e métodos de monitoramento que garantam a salubridade da síntese, manufatura, uso, reciclagem e descarte dos nanoprodutos para o trabalhador, o consumidor e para o meio ambiente. A frente de Caracterização & Metrologia atua de modo a proporcionar a análise de propriedades físicas, químicas e estruturais de nanomateriais e produtos de forma rápida e efetiva, bem como por desenvolver protocolos de caracterização. Essas duas linhas também atendem demandas externas da Academia ou da Indústria.

Além disso, o CTNano/UFMG recebe novos projetos sob demanda e atual-

mente possui desenvolvimentos em conjunto com diferentes empresas, que atuam nos setores de Petróleo e Gás, Construção Civil, Indústria Química, Mineração, Siderurgia, Energia, Têxtil, Eletrônica, Agronegócio, Papel & Celulose e Meio Ambiente. Um dos pavimentos do CTNano/UFMG é um espaço disponível para expansão e pode receber novas instalações (Figura 11).

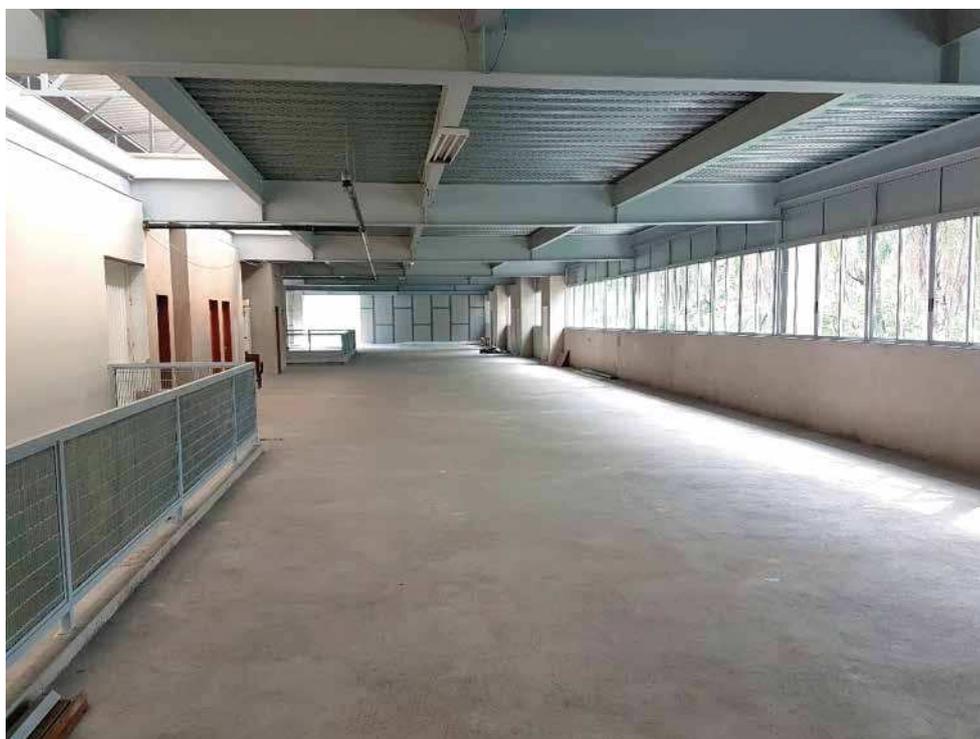


Figura 11: Quarto pavimento do CTNano/UFMG, disponível para novas demandas.

## Infraestrutura

A sede do CTNano/UFMG está localizada no Parque Tecnológico de Belo Horizonte (BHTec), com 3.050 m<sup>2</sup> de área construída. O espaço conta com diversas unidades laboratoriais, como: Laboratório de Síntese, Laboratório de Química (Figura 12), Laboratório de Polímeros, Laboratório de Cimento, Laboratório de SMS, Laboratório de Caracterização Mecânica, Laboratório de Caracterização Térmica & Reológica e Laboratório de Caracterização Espectroscópica (Figura 14). O prédio também possui oficina eletrônica, salas de pessoal, salas de reunião e auditório.

A infraestrutura engloba fornos de síntese (Figura 13); unidades de mistura, processamento, separação e secagem; equipamentos de caracterização por análises térmicas, mecânicas, espectroscópicas, elétricas, morfológicas e reológicas. A infraestrutura de caracterização também é utilizada para a prestação de análises externas em nanomateriais e produtos diversos. O conjunto de equipamentos e o

espaço físico podem ser utilizados em novas demandas de desenvolvimento.



Figura 12: Laboratório de Química do CTNano/UFMG.



Figura 13: Fornos do Laboratório de Síntese do CTNano/UFMG.



Figura 14: Laboratório de Caracterização Mecânica do CTNano/UFMG.

## Modelo de Funcionamento

A equipe do CTNano/UFMG possui 9 professores e mais de 60 colaboradores, dentre profissionais celetistas e bolsistas de diferentes níveis de formação. Uma equipe técnica é alocada para cada projeto captado a partir de demandas da indústria. Os entregues são definidos em conjunto com as empresas parceiras, bem como o cronograma de execução e outros itens de planejamento do projeto. As etapas de P&D geralmente envolvem a avaliação das rotas de processo mais adequadas, ajuste das características dos produtos, realização de prova de conceito e análise dos aspectos referentes à escala para posterior desenvolvimento de escala piloto. Este modelo foi aplicado para diversos materiais que atualmente estão em escala piloto no CTNano/UFMG, como nanotubos de carbono, nanotubos de carbono modificados quimicamente, óxido de grafeno e compósitos aditivados com nanomateriais.

O aumento de escala realizado no centro é fortemente vinculado com a busca de melhorias em eficiência operacional e com o controle estatístico dos processos. A maioria dos processos com nanomateriais relatados na literatura científica apresentam limitações críticas de escala. A simples aquisição de equipamentos maiores para métodos discutidos em artigos científicos e patentes resultaria em unidades de dimensões muito elevadas, altos custos, limitações operacionais, gasto

excessivo de insumos e produção de grande quantidade de resíduos em diversos casos. Portanto, tecnologias que aliem uma alta qualidade dos produtos gerados com processos de elevada eficiência técnico-econômica são visadas para garantir a introdução dos nanomateriais na indústria.

O CTNano/UFMG possui uma Coordenação de Operações que atua nas áreas de Gestão de Projetos, Administrativo-Financeira, Comunicação e Comercial. Um Sistema de Desenvolvimento de Produtos (SDP) foi criado, adaptado às particularidades dos projetos de desenvolvimento, e com definição de etapas alinhadas à metodologia do Technology Readiness Level – TRL. Os gates adotados abordam questões tanto de qualidade do produto quanto de aspectos de escala, mercadológicos e de SMS. Nesse sentido, a Gestão de Projetos do Centro tem como objetivo permitir uma melhor alocação de recursos, oferecer o suporte necessário às tomadas de decisão e definições estratégicas, além de permitir uma visão geral das atividades desenvolvidas.

### **Benefícios e Entregáveis**

O desempenho dos mais diversos produtos utilizados na indústria podem ser acentuadamente melhorados pela adição de uma pequena porcentagem de nanomateriais. Novas aplicações nas áreas energética, ambiental e em outros segmentos industriais também são possíveis pela exploração das características únicas dos nanomateriais.

Portanto, o CTNano/UFMG busca beneficiar múltiplos segmentos industriais por meio da nanotecnologia. Os principais entregáveis são o desenvolvimento de novos produtos com alta tecnologia agregada, estabelecimento de produção piloto, transferência de tecnologia, geração de spin-offs, prestação de serviços especializados e treinamento de mão de obra qualificada.

## 3.2 - Escalab UFMG-SENAI



**Centro de Escalonamento e de negócios de tecnologias químicas**

Localização: R. Sete 2000 - Horto Florestal, Belo Horizonte - MG.

Site: <http://inctmidas.com.br/>

Autores: Maria Duarte de Oliveira e Marcella Rocha Franco

O ESCALAB é um centro de escalonamento de tecnologias do setor de química e engenharia, que nasceu dentro do INCT Midas, com o objetivo de prover infraestrutura e metodologia personalizada para transferir tecnologias das universidades para o mercado. O centro realiza uma etapa importante nesse trajeto que é o escalonamento da tecnologia e a modelagem de negócios. Antes de gastar tempo e recursos para se construir uma planta piloto e/ou abrir uma empresa é necessário definir o estágio de maturidade da tecnologia, sua viabilidade técnica e paralelamente sua viabilidade econômica. A missão do ESCALAB está diretamente ligada a esses conceitos, a qual guia todo o planejamento estratégico do centro.

“Missão: Transformar a sociedade promovendo o ramp-up de tecnologias por meio do escalonamento e aceleração de negócios.”

### **Histórico**

O ESCALAB se localiza em Belo Horizonte, Minas Gerais, dentro do Centro de Inovação Tecnológica do SENAI-FIEMG. Essa parceria surgiu da necessidade das empresas filiadas à FIEMG terem um espaço para escalonar as tecnologias desenvolvidas no setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das empresas, e do SENAI em apoiar programas de empreendedorismo em parceria com as pesquisas desenvolvidas nas universidades. O centro nasceu dentro do INCT MIDAS, que é um

instituto nacional de ciência e tecnologia, que tem como objetivo levar tecnologias desenvolvidas em universidades brasileiras para o mercado. Dessa forma, o ESCALAB surge como uma peça importante frente startups de Hard Science junto ao ecossistema empreendedor, para que esse processo se concretize.

Muitas pesquisas são desenvolvidas no Brasil, contudo, poucas de fato são aplicadas na resolução de problemas da sociedade, visto que o caminho percorrido para que a tecnologia saia do estágio de bancada é de alta complexidade. O primeiro programa de escalonamento realizado pelo ESCALAB reuniu pesquisas desenvolvidas pelos mais de 20 pesquisadores do INCT Midas. Foram mais de 30 inscrições e dentre elas 5 foram selecionadas para serem trabalhadas durante 5 meses em seus modelos de negócio e desenvolvimento tecnológico, a fim de validar o potencial de mercado delas e sua viabilidade técnica e econômica.

O segundo programa executado consiste em uma parceria realizada com a Samarco. A empresa conta com 6 pesquisas para tratamento de resíduos em estágio avançado de desenvolvimento tecnológico e com colaboradores dispostos a trabalhar para colocar as tecnologias no mercado. O investimento da Samarco no programa do ESCALAB consiste em fomentar o ecossistema empreendedor e gerar novas empresas, que criem produtos de valor agregado a partir dos rejeitos da mineração, a fim de diminuir os impactos negativos que eles podem causar.

### **Área de Atuação**

O ESCALAB propõe gerar tecnologias de alto impacto sócio ambiental nas áreas de tratamento de efluentes e reuso de água, novos processos para a transformação de resíduos industriais e da mineração em materiais de valor agregado, biodiesel e bio-óleo: produção, subprodutos e resíduos, novos insumos e materiais a partir de fontes renováveis e resíduos.

Em cada área citada acima, os pilares da sustentabilidade e o impacto social são trabalhados paralelamente ao desenvolvimento da tecnologia. No setor de tratamento de água, por exemplo, são analisados adsorventes ativos de baixo custo no tratamento de efluentes industriais do setor têxtil, alimentício e farmacêutico, através de processos avançados, visando o reuso da água. Analogamente, no setor de mineração chegam tecnologias que propõem diminuir os impactos sócio am-

bientais causados pelas mineradoras como, por exemplo, desenvolver utilizações dos resíduos arenoso e argiloso em outras cadeias produtivas, com o envolvimento de mineradoras e empresas que possam utilizar os resíduos e recuperar Pd, Pt, Au e Ag de rejeitos e efluentes da indústria do cluster de joias, utilizando materiais alternativos de resíduos.

Além dos setores citados, o ESCALAB no futuro pretende agregar novas áreas de desenvolvimento a partir de parcerias realizadas com o setor privado e o governo.

### **Infraestrutura**

Uma importante etapa para o sucesso do escalonamento é a construção da planta piloto da tecnologia. Assim, um espaço físico com equipamentos para os testes é essencial para que a equipe dedicada àquela tecnologia encontre respostas e aprimore o seu produto antes de entrar no mercado.

O Centro de Escalonamento levou a infraestrutura como uma das suas propostas de valor e atualmente o espaço conta com coworkings para desenvolvimento de negócios, laboratórios para testes e adequações em escala de bancada, sala de reuniões para clientes e potenciais investidores e espaço para construção de plantas piloto. Esse último é dividido em “Baías”, como podem ser observadas nas Figuras 14 e 15.

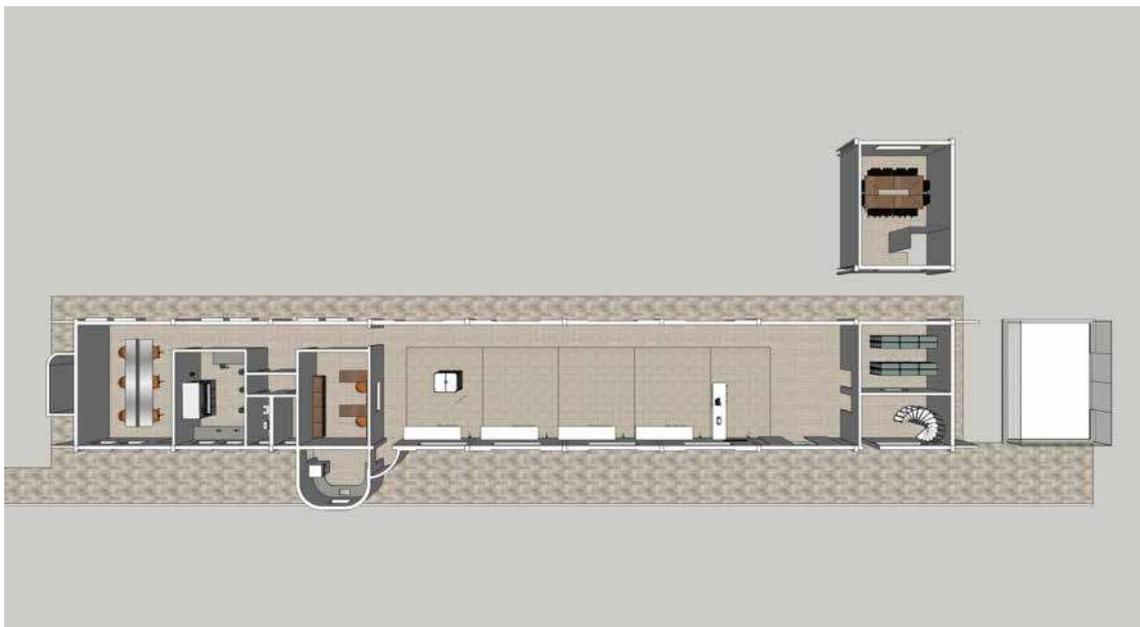


Figura 14: Vista superior ESCALAB.



Figura 15: Vista das "Baías" ESCALAB.

A divisão foi realizada em áreas de desenvolvimento como: efluentes industriais, novos materiais, rejeitos industriais e da mineração e biocombustíveis. Em cada "Baia" há equipamentos compartilhados e essenciais para que a prova de conceito seja realizada de forma eficiente, bancadas individuais, saídas de água e energia elétrica. O espaço conta com uma quinta "Baia", com equipamentos gerais como máquinas de corte.

O objetivo principal é criar um ambiente colaborativo onde a criatividade possui papel protagonista no desenvolvimento de novos processos, modelos de negócios e escalonamento de tecnologias.

### **Modo de Funcionamento**

Os serviços oferecidos pelo ESCALAB podem ser contratados de forma individual, de acordo com a demanda de cada cliente. O primeiro serviço está relacionado com a infraestrutura. O centro coloca a disposição todo o espaço físico para o ramp-up da tecnologia e do negócio. O segundo serviço ofertado é a metodologia para o desenvolvimento de negócios. Ele inclui mentorias especializadas, networking, treinamentos e suporte para validações. Por último, o serviço principal é o acompanhamento do escalonamento da tecnologia; esse pode ser dividido em três partes:

- Acompanhamento mínimo: os próprios clientes realizam o projeto, a construção e os testes da planta piloto. A equipe do ESCALAB apenas monitora as atividades.
- Acompanhamento intermediário: A equipe ESCALAB disponibiliza sua metodologia para os contratantes e o escalonamento é realizado em conjunto.
- Acompanhamento avançado: Nesse formato a equipe ESCALAB realiza quase por completo o escalonamento da tecnologia. Os clientes apresentam a demanda e acompanham os resultados.

## **Benefícios e Entregáveis**

Além da infraestrutura, o ESCALAB possui o know how em escalonamento como uma das suas propostas de valor. A equipe responsável pelo centro possui engenheiros e químicos com experiência em escalonar tecnologias. Os colaboradores desenvolveram uma metodologia específica que aborda questões chave e levanta questionamentos sobre o direcionamento do projeto. Essa metodologia foi, em partes, baseada no TRL “Technology readiness level” para definição do estágio de maturidade, e analisa em cada tecnologia, por exemplo:

- Estrutura analítica do projeto
- Gerenciamento da qualidade
- Gerenciamento das aquisições
- Gerenciamento dos custos
- Gerenciamento do tempo
- Gerenciamento dos riscos

Esses valores em conjunto formam a visão do ESCALAB, e, juntamente com a missão, rege as metas e os colaboradores do espaço.

“Visão: Ser referência nacional até 2021 em infraestrutura e serviços para escalonamento de tecnologias hard science.”

Através desses pontos chave, o ESCALAB busca aproximar o mercado das universidades desenvolvendo em conjunto novos processos, produtos e tecnologias de alto valor agregado para que ocorra melhora na qualidade de vida da sociedade. Isso será possível através do desenvolvimento de plantas piloto, spin offs, transferência de tecnologias e prestação de serviços para empresas, acadêmicos e startups.

### 3.3 - Biominas Brasil



**Fundação de desenvolvimento de tecnologias na área de ciências da vida**

Localização: Av. José Cândido da Silveira, 2100 - Cidade Nova, Belo Horizonte - MG.

Site: <https://biominas.org.br/>

Autora: Liliane Carvalho

Após quase 29 anos de mercado, agora com atuação nacional e internacional, a Biominas possui grandes diferenciais. Com a expertise técnica e de gestão, ampla rede de conexões e estruturas necessárias para acelerar a criação e o desenvolvimento de negócios de sucesso no setor de Ciências da Vida. É pioneira no estabelecimento de programas e serviços especializados, desde a construção de uma das primeiras incubadoras do país, sendo a principal referência nacional em negócios em Ciências da Vida, e contribuiu de forma expressiva para o desenvolvimento deste setor no Brasil. Seu maior diferencial é o seu foco exclusivo em bionegócios.

#### **Histórico**

A Fundação Biominas (Figura 16) é uma instituição privada, sem fins lucrativos, instituída em 1990 com o objetivo de promover a criação e crescimento de empresas de ciências da vida no estado de Minas Gerais, que por consequência impulsiona o desenvolvimento e consolidação do setor. Dentre as finalidades, descritas em seu Estatuto Social, destacam-se ações de promoção à difusão de avanços tecnológicos; incentivo à cooperação com institutos de pesquisa, universidades e instituições de ensino; e desenvolvimento de projetos, ações e iniciativas que contribuam direta ou indiretamente para a competitividade das empresas do setor de ciências da vida em um âmbito macro.



Figura 16: Frente da Biomina Brasil em Belo Horizonte, MG.

## Área de Atuação

A partir do desenvolvimento de projetos, desde a ideação até à expansão dos negócios, atualmente a Biomina está estruturada em 4 eixos temáticos:

- Academy: Serviços e iniciativas com foco em desenvolver educação empreendedora, corporativa e pensamento estratégico para inovação.
- Corporate: Serviços destinados a organizações, privadas e públicas, com o foco no desenvolvimento de estratégias de inovação corporativa e relacionamento com startups.
- Think Thank: Serviços e iniciativas com foco na geração de conhecimento, inteligência de mercado e conteúdo estratégico sobre os setores de atuação da Biomina.
- Innovation Builder: serviço de pesquisa, prospecção e desenvolvimento de novos negócios com alto potencial de impacto em ciências da vida, utilizando capital próprio e de terceiros, para ter participação nos mesmos.

O eixo Innovation Builder, que representa o core business da instituição, tem foco na criação de novos negócios, onde a Biomina tem uma atuação direta na avaliação e evolução do nível de maturidade das tecnologias e empresas selecionadas para fazer parte do portfólio da instituição. Neste contexto, muito além de desenhar o perfil em que se encontra a tecnologia, são utilizadas metodologias que permitem monitorar e traçar todo o passo-a-passo necessário para a concepção de novos produtos e serviços inovadores.

Uma das ferramentas base adotada atualmente pela Biominas para medir e evoluir na escala de prontidão tecnológica é o Technology Readiness Level - TRL. Esta é uma ferramenta desenvolvida originalmente pela NASA, com o intuito de prover uma medida relativa a maturidade de uma nova tecnologia em relação ao seu uso para futuros sistemas espaciais. Consolidou-se como uma métrica de uso mundialmente importante não apenas para avaliar a prontidão tecnológica, mas como método para analisar e gerenciar os riscos inerentes ao processo de desenvolvimento tecnológico e fornecer bases para alocação de recursos e coordenação de projetos

A Biominas conta também com o BioCanvas, uma ferramenta de desenvolvimento do modelo de negócios voltada especialmente para negócios em ciências da vida. Criado pela Biominas, o BioCanvas aborda conceitos de administração de empresas, levando em consideração as particularidades do campo de hard sciences (como questões de propriedade intelectual e regulamentação), de forma a atender melhor os empreendedores que o utilizam.

## **Infraestrutura**

Atualmente, possui infraestrutura mista, com áreas de trabalho e laboratórios em Minas Gerais, que são utilizadas pelas empresas incubadas e residentes. Em São Paulo, possui uma parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, onde iniciou em dezembro de 2018 um projeto, ainda em andamento, para a criação de um espaço para o desenvolvimento de negócios em Ciências da Vida, com coworking (Figura 17) e acesso à uma ampla infraestrutura laboratorial, o BIOHub, que poderá atuar de maneira integrada em Minas Gerais e São Paulo.



Figura 17: Coworking da Biominas Brasil, em Belo Horizonte -MG

Além do novo conceito do BIOhub, em implementação em Minas Gerais e em São Paulo, dentre os projetos já desenvolvidos no eixo Innovation Builder, vale destacar as startups e empresas vinculadas às iniciativas de pré-aceleração, incubação, aceleração. Nestas iniciativas estão presentes projetos e empresas em diferentes estágios de desenvolvimento e níveis de prontidão tecnológica, conforme detalhado no esquema a seguir:

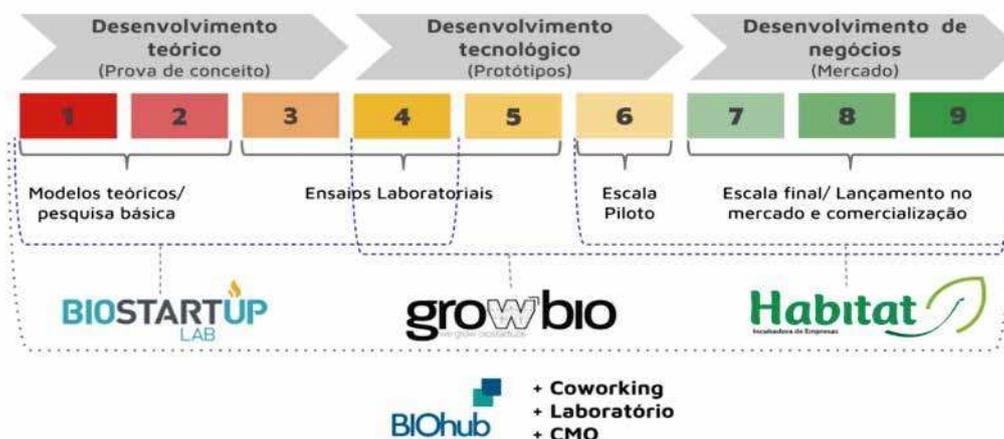


Figura 18: Esquema dos estágios e níveis de desenvolvimento de projetos na Biominas Brasil.

Neste contexto, o espaço conta com uma área total construída de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup>, disposta em dois andares. No 1º andar possui salas de uso privativo de aproximadamente 10 a 15 m<sup>2</sup>, com pontos de eletricidade e ramal telefônico, e no 2º andar laboratórios de uso compartilhado (Figuras 19 e 20) com pontos de eletricidade, ramal telefônico, água da rede pública e saída para o esgoto, assim como equipamentos laboratoriais. O espaço disponibiliza, também, laboratório e central de lavagem e esterilização, equipamentos, almoxarifado e duas câmaras frias, todos de uso compartilhado, além de apoio administrativo e logístico que inclui uma recepção, um auditório, quatro salas de reunião, uma copa, área de convivência e estacionamento.



Figura 19: Laboratório compartilhado disponível na Biominas

Ainda em Minas Gerais, a Biominas dispõe de uma infraestrutura laboratorial de um CMO - Contract Manufacturing Organization para fabricação de lotes piloto de produtos biotecnológicos, que funciona sob demanda por contrato. Visa o primeiro passo de escalabilidade de startups que produzam kits diagnósticos moleculares. É importante ressaltar que se trata de um laboratório com boas práticas de fabricação, essencial para avançar no nível de maturidade tecnológica, que hoje é considerado um gargalo no Brasil.



Figura 20: Laboratório de química disponível na Biominas

Em São Paulo, o projeto do BIOhub prevê a construção de um espaço de coworking de 620 m<sup>2</sup>, com acesso à laboratórios, com área superior a 2.500 m<sup>2</sup>, especializados em técnicas de biotecnologia, materiais de alto desempenho, nanotecnologia, micro manufatura e metrologia de ultra precisão. Todos os laboratórios possuem boas práticas laboratoriais, que também assegura a correta execução das etapas de evolução no TRL, para chegada do produto ao mercado.

### **Modelo de Funcionamento**

A Biominas é uma instituição privada sem fins lucrativos, viabilizada por meio das seguintes atividades:

- Comercialização dos seus produtos e projetos de atendimento à instituições públicas e privadas;
- Editais e parcerias com outras instituições que possuem objetivos similares de promoção do empreendedorismo, inovação e geração de novos negócios em Ciências da Vida;
- Aluguel do espaço físico para startups e empresas em coworking e no projeto da incubadora;

- Participação acionária em startups que participem do processo de aceleração da instituição.

Atualmente, a Biominas consegue apoiar o desenvolvimento de projetos em todos os estágios de desenvolvimento, incluindo a etapa de escalonamento, via suas iniciativas já apresentadas.

## **Benefícios e Entregáveis**

Historicamente, o setor de ciências da vida no Brasil encontra grandes desafios para a inovação tecnológica e geração de negócios baseados em ciência de alta qualidade. O setor normalmente vivencia severas restrições regulatórias, muitas barreiras culturais, éticas, financeiras e burocráticas, que atuam como obstáculos, dificultando a inovação e geração de negócios. Os empreendedores deste setor, ao longo do tempo, enfrentam dificuldades para inovar de maneira cíclica neste panorama.

A Biominas exerce então um importante papel no ecossistema, colaborando para a superação dos principais gargalos no processo de inovação, geração de negócios e contribuindo diretamente na formação de uma nova geração de empreendedores que possa inserir suas soluções tecnológicas no mercado com mais chances de sucesso, com os seguintes benefícios e entregáveis:

- Formação empreendedora de pesquisadores;
- Promoção de projetos, pesquisas e startups inovadoras;
- Aproximação da universidade com grandes empresas;
- Desenvolvimento do ambiente de investimento para o setor;
- Acesso à infraestrutura laboratorial própria e de parceiros que permite acelerar a evolução no nível de maturidade tecnológica;
- Articulação com importantes stakeholders para estruturação de discussões, ações e projetos para desenvolvimento do setor.

## 3.4 - BiotechTown



**Centro privado e integrado de desenvolvimento de empresas  
na área de biotecnologia e ciências da vida**

Localização: Av. Princesa Diana, 115, Nova Lima - MG.

Site: <http://www.biotechtown.com/pt>

Autor: Paulo Borges

Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento de bionegócios no mercado nacional e internacional, o BiotechTown é o único centro privado e integrado do Brasil a fornecer ambiente e recursos necessários ao desenvolvimento de empresas, produtos e negócios nas áreas de Biotecnologia e Ciências da Vida. Dando suporte desde o registro, produção inicial até a inserção dos produtos no mercado nacional e internacional, todo o modelo foi pensado para o desenvolvimento de ponta a ponta em um mesmo local, de forma completamente integrada.

### **Histórico**

O BiotechTown é fruto da parceria entre a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep) e sua agência de inovação, a Fundep, Participações (Fundepar), e a Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge). Também são apoiadores, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Associação Nacional de Empresas de Biotecnologia (Anbiotec), e o projeto CSul—Desenvolvimento Urbano.

Essa iniciativa tem como objetivo a realização de pesquisas, estruturação de

negócios, criação de produtos e serviços, produção comercial, promoção de parcerias e lançamento de inovações para o mercado. O centro visa, também, ser a porta de entrada para empresas internacionais para o mercado latino-americano.

### **Área de Atuação**

O BiotechTown (Figura 21) inicia sua atuação com o Business Developer, que utiliza metodologia customizada de desenvolvimento de empresas nascentes e realiza investimentos financeiros visando expandir e escalar os negócios, com o apoio de uma equipe experiente, com histórias de sucesso. O centro oferece, ainda, suporte em diversas áreas que incluem assuntos regulatórios, inteligência de mercado, prospecção tecnológica, entre outras soluções, contando com acesso a extensa rede de mentores e parceiros globais. Sua primeira expansão inclui a implantação do Open Lab e do Contract Manufacturing Organization (CMO), modelos que oferecem infraestrutura laboratorial, equipamentos e profissionais para atender demandas empresariais que visam o desenvolvimento rápido de produtos e sua produção, minimizando os custos e investimentos das empresas.



Figura 21: Vista lateral do BiotechTown

A proposta do BiotechTown se diferencia pelo alto grau de integração entre as suas estruturas, visão ponta a ponta no desenvolvimento de produtos, além de realizar investimento financeiro nestas empresas nascentes.

### **Infraestrutura**

Localizado em um dos principais polos de inovação de Minas Gerais, o espaço foi construído em uma área de 2.100 m<sup>2</sup>, com arquitetura moderna e instalações totalmente equipadas, no condomínio Alphaville Lagoa dos Ingleses, em Nova

Lima—a região é, também, o segundo cluster brasileiro de Biotecnologia e Ciências da Vida.



Figura 22: Espaço de Coworking disponível no BiotechTown

A unidade de Business Developer (Figura 22) tem como foco fazer sua empresa crescer, dispondo de uma equipe conectada e experiente, com histórias de sucesso. Utiliza metodologia customizada de desenvolvimento de empresas nascentes e realiza investimentos financeiros visando expandir e escalar os negócios. Oferece, ainda, suporte em diversas áreas que incluem assuntos regulatórios, inteligência de mercado e prospecção tecnológica. Tudo isso em um ambiente adequado, com acesso a extensa rede de mentores e parceiros globais.

Além disso, acesso a estrutura laboratorial e estrutura projetada para produção de alta performance são oferecidas pelas unidades Open Lab e CMO (lançamento em julho de 2019).

No Open Bio Lab (Figura 23), equipamentos são oferecidos e existem profissionais disponíveis para atender demandas empresariais que visam o desenvolvimento rápido dos produtos, com custos previsíveis e sem imobilização de capital. Além disso, é disponibilizado um ambiente flexível e uma operação customizada para as necessidades e possibilidades das empresas de biotecnologia e ciências da vida.



Figura 23: Local onde está sendo instalado o Open Lab e a unidade produtiva

### LABORATÓRIO DE BIOMOL

Processamento e análise do DNA/RNA com eletroforese, northern blot, hidrólise enzimática, PCR endpoint, hibridização de lâminas e outras técnicas relacionadas.

### SALA DE EXTRAÇÃO

Processamento de amostras para extração do DNA ou RNA.

Utilização de cabine de segurança para execução das fases mais críticas ou com amostras potencialmente contaminantes.

### SALA DE QPCR E NGS

Execução dos tratamentos mais sensíveis como PCR em tempo real e sequenciamento de DNA e RNA.

### LABORATÓRIO DE PROTEÍNAS

Escalonamento e produção de proteínas, obtidas tanto por expressão em procariotas, realizadas no próprio laboratório (fermentador), quanto através de cultura de células eucariotas (garrafas redondas), realizadas no laboratório de cultura celular.

### MICROBIOLOGIA (Biossegurança)

Esse laboratório tem o banco de trabalho de bactérias e a infraestrutura para transformação das mesmas, geração de plasmídeos, amplificação de colônias para expressão de proteínas heterólogas.

Já o CMO oferece serviços customizados para o desenvolvimento e validação de lotes pilotos e produção de lotes comerciais, minimizando os custos do processo produtivo e dos investimentos envolvidos. Além disso, oferece serviços oferecidos de forma exclusiva e customizada, com padrões estabelecidos de segurança da informação e de propriedade intelectual

O BiotechTown recebeu, em 2019, a primeira turma de startups para seu Programa de Desenvolvimento de Negócios. Empreendedores de diferentes regiões do país integram as 13 startups que apresentam soluções inovadoras em diversas áreas, como tecnologias para saúde humana e animal, alimentos, bioingredientes, bioinformática, aplicativos e plataformas, entre outras.



Figura 24: Equipe do BiotechTown.

Os projetos foram selecionados por meio de um edital público. O programa é dividido em três etapas e tem uma metodologia especializada, com expertise técnica, que considera as peculiaridades e necessidades das startups do setor. A primeira etapa é o BioSprint, com duração de quatro semanas, em que serão elaborados o diagnóstico e o plano individual de cada startup. Em seguida, serão selecionadas aquelas que seguirão para a segunda etapa – BioRun -, que consiste em 11 meses de intensa capacitação, desenvolvimento do produto, network e conexão com o mercado, investidores e rede de parceiros do BiotechTown, orientação à internacionalização com o apoio de uma estrutura do BiotechTown em Boston

(EUA), e um atendimento customizado para cada empresa. Nessa fase, cada startup poderá receber um investimento até R\$ 150 mil.

Todas as startups que passarem pela segunda etapa, ao seu final, continuarão recebendo apoio e suporte do BiotechTown. Esse período, após a etapa de aceleração, foi chamado de BioFellow e é considerada a fase final de participação do BiotechTown junto aos negócios acelerados.



Figura 25: Auditório disponível no BiotechTown.

A proposta de valor do BiotechTown está fundamentada em seu conhecimento 'de ponta a ponta' dos negócios das empresas de Biotecnologia e Ciências da Vida. Isso permite a identificação de soluções com foco na sustentabilidade do negócio, indo além da resolução de problemas.

### **Benefícios e Entregáveis**

No BiotechTown, os riscos inerentes ao processo de desenvolvimento das empresas - relacionadas a gestão, tecnologia ou produção - são minimizados, gerando um maior potencial de retorno sobre o investimento realizado. O BiotechTown soluciona gaps existentes no setor, através do incentivo e desenvolvimento de bionegócios (desenvolvimento de produtos, assuntos regulatórios, lançamento de produto e go-to-market).

No BiotechTown, os riscos inerentes ao processo de desenvolvimento das empresas - relacionadas a gestão, tecnologia ou produção - são minimizados, gerando um maior potencial de retorno sobre o investimento realizado. O BiotechTown soluciona gaps existentes no setor, através do incentivo e desenvolvimento de bionegócios (desenvolvimento de produtos, assuntos regulatórios, lançamento de produto e go-to-market).

Os clientes do BiotechTown podem ser consumidores de diferentes serviços, em geral oferecidos pelo centro de inovação:

- Programa de Desenvolvimento de Negócios: Metodologia personalizada para o desenvolvimento de startups de acordo com a necessidade de cada uma delas.
- Soft Landing: Suporte a empresas para acessar os mercados brasileiro e latino americano.
- Programa In Site: Fornecimento de salas privativas mobiliadas, incluindo salas de reunião e back office.
- Open Lab: Laboratórios próprios e acesso a laboratórios de parceiros (universidades, centros de pesquisa e empresas).
- CMO (Contract Manufacturing Organization): Serviços customizados para o desenvolvimento e validação de lotes pilotos e produção de lotes comerciais.

### 3.5 - Instituto Senai de Inovação em BIOMASSA



**Instituto de desenvolvimento de projetos inovadores na área de Biomassa**

Localização: R. Angelina Tebet, 777 - Santa Luzia, Três Lagoas - MS

Site: <http://institutos.senai.br/institutos/instituto-de-biomassa/>

Autora: Carolina Andrade

## Histórico

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, criado em 1942 por iniciativa do empresariado do setor, é hoje um dos mais importantes polos nacionais de geração e difusão de conhecimento aplicado ao desenvolvimento industrial. Trata-se do maior complexo de educação profissional da América Latina.

Apoia 28 áreas industriais, por meio da formação de recursos humanos e da prestação de serviços, como assistência ao setor produtivo, serviços de laboratório, pesquisa aplicada e informação tecnológica, com cerca de 35.000 funcionários.

A Rede SENAI é formada por mais de 1000 Unidades Operacionais distribuídas por todo o País em Unidades Fixas (580) e Unidades Móveis (449), mantidas pelos Departamentos Regionais e Nacional do SENAI, onde são ministrados cursos/programas em diferentes modalidades e/ou desenvolvidos serviços técnicos e tecnológicos. Outras informações relevantes sobre a Rede:

- 208 Laboratórios, sendo vários acreditados pelo Inmetro, MAPA e Ministério do Trabalho e Emprego;
- 57 Institutos SENAI de Tecnologia, que possuem estrutura física e corpo técnico orientados à prestação de serviços de tecnologia como Metrologia (ensaios, testes, calibrações, processos), Serviços técnicos especializados (ex. Prototipagem) e Consultoria em processos produtivos de especialização setorial do instituto. Estes institutos possuem especialização em setores industriais relevantes, localização em regiões de alta densidade industrial e escopo de atuação regional;
- 26 Institutos SENAI de Inovação, que se caracterizam por estrutura física e corpo técnico orientados a serviços de PD&I, como: Pesquisa aplicada e projetos de inovação tecnológica; suporte laboratorial para desenvolvimento de protótipos e plantas-piloto; serviços tecnológicos de alta complexidade e alto valor agregado; transferência de tecnologia; especialização em áreas de conhecimentos transversais; ambientes abertos de suporte à inovação tecnológica com foco na etapa pré-competitiva, com escopo de atuação nacional e internacional.

Estão ligados ao SENAI Departamento Nacional, situado em Brasília/DF, seus 27 Departamentos Regionais, que levam seus programas, projetos e atividades a todo o território nacional, oferecendo atendimento adequado às diferentes necessidades locais e contribuindo para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do país.

Dentro do Planejamento de Estratégias do SENAI (2015-2022), destacam-se as seguintes diretrizes para a área de tecnologia e inovação:

- Prover soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação para aumentar a competitividade da indústria (Diretriz Estratégia 09), buscando realizar 300 projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de produto/processo para a indústria, por meio dos Institutos de Inovação;
- Prover soluções de Serviços de Tecnologia e Inovação adequados às demandas e desafios da indústria de forma sustentável (Diretriz estratégica 10), visando garantir 70% de sustentabilidade na prestação de Serviços de Tecnologia e Inovação.

Com atuação em prestação de serviços tecnológicos desde 1999, o SENAI-DR/MS tem apresentado um crescimento nos últimos anos e ampliado a oferta de serviços com maior valor agregado.

Neste sentido, o Instituto SENAI de Inovação em Biomassa, no Estado de Mato Grosso do Sul (MS), busca expandir o escopo do SENAI e segue o objetivo de garantir o alto desempenho das indústrias brasileiras, por meio de linhas de pesquisas direcionadas para transformação de biomassa, relacionada aos setores sucroenergético, setor de biocombustíveis, setor de celulose e papel, setor químico, setor cosmético e outros.

A promoção da inovação para os setores industriais em escopo regional, estadual e nacional, tendo em vista que esta constitui instrumento essencial para a competitividade, se dá por meio da oferta de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico de alta qualidade, com reforço especial após o credenciamento do ISI como unidade EMBRAPII.

O instituto iniciou suas atividades em 2013, com projetos de inovação em duas áreas estratégicas inter-relacionadas: biotecnologia integrada/microbiologia técnica e energia/sustentabilidade. O instituto desenvolve projetos de inovação junto a empresas de setores industriais, que tipicamente transformam a biomassa para agregação de valor, tais como papel e celulose, sucroenergético, cosmético e químico.

Dentre os clientes/parceiros do instituto destacam-se empresas como Gran-Bio, Braskem, Natura, Nitroquímica, além de empresas de médio, pequeno porte e startups. O instituto possui projetos concluídos e em andamento nas linhas de pesquisa pertencentes tanto à área de Biotecnologia Integrada e Microbiologia Técnica, quanto à área de Energia e Sustentabilidade.

Em relação à captação de recursos pelo instituto em projetos de inovação no ano de 2015, a receita alcançada foi de R\$517.850,00, considerando a parte efetivamente paga no ano fiscal para projetos de inovação em processo e em produto. Estes mesmos serviços apresentaram uma receita em 2016 de R\$1.586.740,00, ou seja, um aumento de cerca de 306%. Estes números refletem a demanda existente por projetos de transformação de biomassa, área de atuação do instituto, com crescimento de demanda industrial no ano 2019, apontando para um reaquecimento dos setores industriais interessados em inovação nas áreas de biotecnologia e energia a partir de biomassa.

## **Área de Atuação**

### ESCALONAMENTO EM BIOTECNOLOGIA

Um dos grandes desafios das indústrias que atuam no setor da biotecnologia é a produção de combustíveis e compostos de interesse petroquímico, que possam ser originados a partir de fontes renováveis, de forma econômica e sustentavelmente viável. Dentre estes compostos destaca-se o butanol, um importante precursor químico industrial e com potencial para ser utilizado como combustível. O butanol pode ser produzido a partir de derivados de petróleo ou naturalmente, por fermentação de espécies de *Clostridium solventogênicas*.

Este processo fermentativo apresenta como principais produtos a acetona, o butanol e o etanol (ABE), sendo, por isso, conhecido como fermentação ABE. O instituto tem investido em projetos com o objetivo de utilizar ferramentas biotecnológicas (melhoramento genético de bactérias) para otimização da produção de Butanol a partir de fontes renováveis de carbono, a fim de atender os setores da agroindústria, em especial o setor sucroenergético.

O desenvolvimento de microrganismos geneticamente modificados, capazes de produzir solventes sob condições otimizadas, possibilitou o avanço de tecnologia aplicada às bactérias do gênero *Clostridium* para condução dos processos fermentativos. Os desafios de escalonamento para linhagens anaeróbicas envolvem desde o aumento do rendimento de produção de massa microbiana, passando pela aclimação dos organismos geneticamente modificados, até a fase final do processo de recuperação do produto. Atualmente, o instituto trabalha com processos fermentativos de 500 ml até a escala de 120 l, com diferentes estratégias de recuperação de produto, tais como precipitação, filtração tangencial, centrifugação, entre outras.

## ESCALONAMENTO EM TERMOQUÍMICA

A principal característica dos processos termoquímicos de conversão de biomassa é o fato de usarem altas temperaturas para que ocorram as reações químicas. A faixa de temperatura é ampla e depende do tipo de processo a ser realizado, podendo variar de 200 a 1.200 °C. Sob a denominação de processos termoquímicos de conversão de biomassa, encontram-se várias tecnologias que conduzem a produtos primários (como carvão, bio-óleo, gás de síntese) e secundários (como amônia, metanol, etanol), que podem ser bem diversificados. O processo de pirólise de biomassa possui uma vasta possibilidade de entrada (input) de matéria-prima, tais como: resíduos oleosos de madeira, resíduos da agroindústria, glicerina bruta, resíduos florestais, biomassa não destinada a alimentação e licor negro. O rendimento e as propriedades do bio-óleo e do carvão gerados no processo de conversão termoquímica dependem da matéria prima empregada, do tipo de reator, das condições utilizadas e da eficiência de coleta dos produtos (mais especificamente do trocador de calor)

As características dos produtos da pirólise em termos de quantidade e qualidade dependem das condições de operação do processo. Neste sentido, a temperatura, a granulometria do material, a velocidade ou taxa de aquecimento, o tempo de residência, o fluxo do fluido de trabalho (geralmente nitrogênio) e as características próprias da biomassa são variáveis importantes no desempenho do processo. Atualmente, o instituto trabalha em uma planta de pirólise de leito fluidizado, com capacidade de processamento de até 10kg/hora de biomassa. Desta forma, o ISI Biomassa tem avaliado diferentes condições para biomassas residuais, estabelecendo condições ótimas para produção de bio-óleo e carvão com as melhores características a serem empregadas como combustível (alto poder calorífico e baixo grau de emissão de poluentes).

### **Infraestrutura**

O Instituto SENAI de Inovação em Biomassa (Figura 26) conta com uma infraestrutura de cerca de 4.900 m<sup>2</sup>, contendo áreas de plantas piloto, tanto para escalonamento dos processos biotecnológicos, quanto para escalonamento de processos químicos e termoquímicos. As etapas de planta piloto têm sido consideradas vitais e fundamentais para as indústrias que desejam inovar, especialmente por envolverem processos cuja matéria-prima é renovável, o que traz inúmeros desafios para implantação em escala industrial antes de passar por fase piloto confiável.



Figura 26: Frente do ISI Biomassa.

Os laboratórios de processos químicos, bioquímicos (que incluem microbiologia e bioquímica), e os de análises químicas e instrumentais funcionam como áreas de apoio aos processos desenvolvidos em escala piloto. Além disto, devem ser destacadas as áreas reservadas à preparação de matérias-primas, uma vez que o pré-tratamento da biomassa é etapa fundamental em qualquer processo industrial focado no uso de matérias-primas renováveis. Neste aspecto, o instituto apresenta também a possibilidade de realização de downstream dos processos escalonados, executando projetos, portanto, desde a fase de preparo e transformação até a recuperação do produto final (Figura 27).

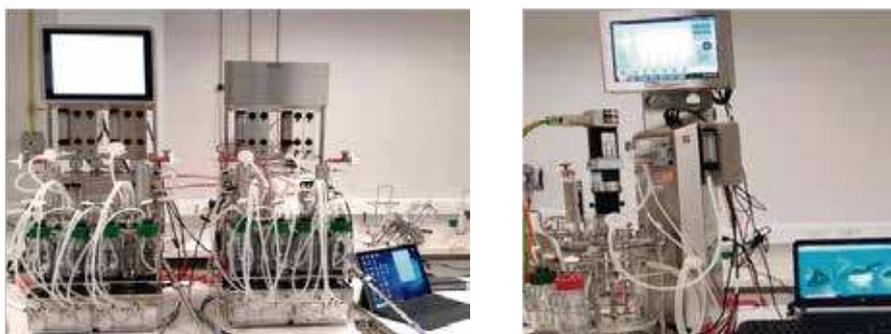


Figura 27: Biorreatores do ISI Biomassa. Biorreator de 0,5 L (a) biorreator 3,5 L (b)

Os itens básicos, que em conjunto fazem o diferencial para o atendimento às indústrias, constantes nas instalações do ISI Biomassa, estão divididos da seguinte forma:

- Área interna (Figura 28): representando as áreas de atendimento, recepção, almoxarifado, áreas de estocagem e conservação de amostras. Neste espaço também estão as salas de pesquisadores e técnicos, uma sala de reunião para recebimento e discussão de projetos com clientes e um auditório multiuso para eventos e treinamentos.



Figura 28: Entrada ISI Biomassa

- No mesmo pavimento estão as áreas de instalação das plantas piloto biotecnológicas, laboratório de processos químicos, laboratório de processos bioquímicos (microbiologia e bioquímica), laboratório de análises químicas e instrumental e áreas de preparação de matéria-prima.
- A definição das áreas laboratoriais foi feita de acordo com o uso específico, considerando a possibilidade de se ter laboratórios reservados ou exclusivos, por empresa, em função do sigilo demandado no projeto, havendo ainda espaço previsto para expansão dos laboratórios e aquisição futura de equipamentos.
- Área externa: inclui o galpão de plantas piloto termoquímicas (Figuras 29 e 30) e uma área de incubadora para recebimento de até quatro empresas incubadas. Este espaço é fundamental para acelerar alguns processos de transferência de tecnologia.



Figura 29: Planta de pirólise gaseificada (a) pirólise rápida



Figura 30: Reatores de alta pressão.



Figura 31: Biorreator de 120L



Figura 31: Biorreator de 120L

### 3.6 - Instituto Senai de Inovação CIMATEC



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

Centro Integrado de desenvolvimento de projetos inovadores  
e de escalonamento de tecnologias na área de Biomassa

Localização: Av. Orlando Gomes, 1845 - Piatã, Salvador - BA

Site: <http://www.senaicimatec.com.br/>

Autor: XXXX

## **Histórico**

O Campus Integrado de Manufatura e Tecnologias – SENAI CIMATEC, inaugurado em março de 2002, é um dos mais avançados centros de educação, tecnologia e inovação do país.

A instituição integra um Centro Tecnológico, um Centro Universitário e uma Escola Técnica, que operam de forma sinérgica em um campus com área construída superior a 35.000 m<sup>2</sup>, mais de 800 funcionários, 56 laboratórios, 42 áreas de competência alinhadas às demandas da indústria, incubadora e aceleradora de base tecnológica (40 startups por ano) e uma carteira com mais de 80 projetos de projetos de PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação) com empresas nacionais e internacionais.

Reconhecido no Brasil e no mundo como um dos grandes Centros de Tecnologia e Inovação, o SENAI CIMATEC vem ultrapassando sempre a fronteira do conhecimento, com projetos tecnológicos que impulsionam a competitividade das empresas.

## **Área de Atuação**

O centro tecnológico tem sido bem-sucedido no âmbito do escalonamento de plantas industriais, principalmente àqueles que vão desde a bancada laboratorial ao desenvolvimento de plantas piloto. O escalonamento em estudos de plantas piloto é crítico para o sucesso no processo de desenvolvimento de um produto, representando a ponte entre os estudos em escala de bancada laboratorial e a produção em larga escala industrial.

## **Centro Tecnológico**

Para promover o desenvolvimento da indústria, o SENAI CIMATEC atua diretamente para integrar os processos de pesquisa e inovação do Centro Tecnológico às pesquisas científicas e acadêmicas do Centro Universitário. Além disso, a instituição conta com uma vasta experiência na execução de projetos de diversas grandezas e complexidades, se destacando na realização de Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação (PD&I) em parcerias com empresas e instituições nacionais e internacionais, somando mais de R\$ 300 milhões de recursos de projetos e elevados indicadores de propriedade intelectual, com mais de 90 ativos de patentes.

Os projetos de PD&I executados no CIMATEC são geridos pelo PMO – Project Management Office (Escritório de Gestão de Projetos) e contam com uma avançada engenharia financeira, com acesso facilitado a diversos programas de financiamento e modalidades de subvenção econômica para projetos de PD&I.

O SENAI CIMATEC é também um dos principais desenvolvedores de projetos em cooperação com a EMBRAPPII, desde a operação piloto, em 2011, e já foi reconhecido pela FINEP como a melhor Instituição de Pesquisa e Inovação Tecnológica do Nordeste. Além disso, outras fontes de financiamento para PD&I, como FAPESB, Lei de Informática, SEBRAEtec e o Edital SENAI/SESI de Inovação, são prospectadas e identificadas, com a intermediação e assessoria da instituição.

Além disto, o local dispõe de pacotes computacionais para a simulação de processos químicos e bioquímicos com modelos rigorosos, o que torna o escalonamento mais fácil e mais preciso. Esse trabalho é realizado em conjunto com o escalonamento físico, isto é, com testes de bancadas obtêm-se dados experimentais que deverão ser utilizados para ajustar e validar o modelo rigoroso e com o aumento de escala dos experimentos, passando de estudos de bancadas piloto em aumento de escala, depois à planta piloto, com a perspectiva de se chegar a uma planta de demonstração ou semi-industrial. O trabalho de escalonamento é realizado de forma híbrida, com os dados experimentais alimentando os modelos e os mesmos são utilizados para o projeto completo da planta industrial.

## **Ensino Superior**

O Centro Universitário SENAI CIMATEC é reconhecido, desde 2011, como a melhor instituição de ensino superior em engenharia do Norte e Nordeste, entre faculdades, centros universitários e universidades públicas e privadas. Com nove cursos de Engenharia – Computação, Controle e Automação, Elétrica, Mecânica, Materiais, Produção, Automotiva, Química e Civil – todos avaliados com conceito 4 ou 5, com excelência e foco na indústria. Além da graduação, o Centro Universitário oferta também 15 cursos de Pós-graduação (MBA, MBI e Especialização), dois cursos de mestrados e dois cursos de doutorado, avaliados com conceito 5 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

As disciplinas ministradas no Centro Universitário SENAI CIMATEC dão ênfase aos problemas industriais e ao projeto de plantas industriais, com estudos experimentais e o uso de simuladores. Existem então dois caminhos disponíveis para a realização do escalonamento, dependendo do grau de complexidade da aplicação.

## **Empreendedorismo**

O SENAI CIMATEC possui um amplo ecossistema que dispõe de soluções de incubação, aceleração, tecnologia, inspiração, financiamento e educação empreendedora. O foco do SENAI CIMATEC é impulsionar a geração de startups de alto impacto, alinhadas às principais demandas da sociedade e fronteiras abertas com a revolução tecnológica em curso, em um completo ecossistema.



Figura 33: Fábrica modelo do SENAI CIMATEC.

## **Infraestrutura**

O instituto conta com infraestrutura de ponta, que utiliza tecnologia avançada e equipamentos modernos, como os laboratórios de Manufatura Avançada, Dinamômetro de Motores, Compatibilidade Eletromagnética, Mecânica de Precisão, Conformação e União de Materiais, Materiais Poliméricos, Centro de Referência em Logística, Planta Piloto de Montagem de Placas Eletrônicas e muitos outros que compõem a atmosfera de vanguarda do Campus.



Figura 34: Laboratório do SENAI CIMATEC. Câmara Semi Anecoica

O SENAI CIMATEC incorpora à sua estrutura o Centro de Supercomputação para Inovação Industrial, onde operam os supercomputadores Omolu, montado em parceria com a Fiocruz para processamento de dados de pesquisas na saúde pública; o CIMATEC Yemoja, o segundo mais potente da América Latina; e o CIMATEC Ògún, que realiza simulações e modelagens computacionais essenciais para garantir processos de inovação na indústria. Na estrutura do Campus, também está instalado o Instituto Brasileiro de Robótica – Brazilian Institute of Robotics, com projetos de ponta em parcerias com institutos internacionais, como o DFKI (Centro Alemão de Pesquisa em Inteligência Artificial).



Figura 35: Planta Pirometalúrgica para a Remoção de Metais Valiosos de Rejeitos



Figura 36: Planta de extração seletiva para extração de cloretos e fluoretos

O SENAI CIMATEC também possui um Centro de Eventos completo e bem estruturado com mais de 2.000 m<sup>2</sup> de área, em um espaço bem pensado para realizar eventos de diversos formatos e tamanhos, tais como: congressos, feiras, convenções, seminários, simpósios etc.

### **CIMATEC industrial**

O CIMATEC Industrial é um projeto desenvolvido para amplificar e ampliar os limites da atual e já robusta infraestrutura do SENAI CIMATEC. Trata-se de um grande complexo tecnológico e industrial em uma área de 4 milhões de metros quadrados no centro industrial de Camaçari, com laboratórios avançados, grandes usinas piloto, áreas de segurança para testes e operações de risco e até uma pista de teste do setor automotivo.

O local terá uma infraestrutura diferenciada no país para atender as necessidades de Energia Eólica, Mecânica, Naval e Offshore, Automotiva, Elétrica, Construção Civil, Química, Petroquímica e Biotecnologia, Farmacêutica, Celulose e Papel e Petróleo e Gás.

- Apoio à fabricação de protótipos, instalações-piloto e equipamentos para ensaios;
- Infraestrutura para ensaios e validação de processos em escala industrial;
- Infraestrutura de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em projetos envolvendo riscos operacionais;
- Infraestrutura para incubação de empresas industriais;
- Espaços para centros e laboratórios parceiros;
- Parque-empresas de base tecnológica e de fabricação avançada;
- Fabricação de plantas-piloto com o objetivo de reescalonar para escala industrial.

O projeto total prevê cinco etapas, a serem implantadas em até 20 anos. Na primeira fase, o CIMATEC Industrial irá ocupar 50 mil metros quadrados; serão construídos 11 prédios, que abrigarão uma unidade administrativa e dez galpões: sete para plantas-piloto e três laboratórios (construção civil, metrologia e sistemas construtivos).

## Conclusão e aprendizados

O quadro 2 a seguir resume os principais elementos abordados nos casos descritos neste texto, como suas localizações, infraestrutura, área de atuação e contato. O objetivo deste quadro é facilitar a busca por informações específicas de cada caso apresentado, bem como realizar análises comparativas entre as diferentes instituições.

	<b>Biominas Brasil</b>	<b>Escalab</b>	<b>Biotechtown</b>	<b>SENAI CIMATEC</b>	<b>ISI Biomassa</b>	<b>CTNano/UFGM</b>
<b>Breve Apresentação</b>	Instituição privada sem fins lucrativos, com o objetivo de promover a criação e crescimento de empresas de ciências da vida.bancada.	Centro de escalonamento e aceleração de tecnologias que nasceu dentro do INCT Midas em parceria com o SENAI MG.	Centro privado e integrado para desenvolvimento de empresas, produtos e negócios nas áreas de Biotecnologia e Ciências da Vida.	Centro de educação, tecnologia e inovação do SENAI. Integra um Centro Tecnológico, um Centro Universitário e uma Escola Técnica.	Instituto pertencente à rede SENAI que desenvolve projetos de inovação junto com empresas de setores industriais.	Centro de Tecnologia da UFGM com foco no desenvolvimento de produtos, processos e serviços por meio da nanotecnologia.
<b>Localização</b>	Belo Horizonte MG	Belo Horizonte MG	Nova Lima MG	Salvador BA	Três Lagoas MS	Belo Horizonte MG

	<b>Biominas Brasil</b>	<b>Escalab</b>	<b>Biotechtown</b>	<b>SENAI CIMATEC</b>	<b>ISI Biomassa</b>	<b>CTNano/UFMG</b>
<b>Infraestrutura</b>	Área de trabalho (coworking e salas de reunião) e área de laboratório com equipamentos de uso compartilhado, CMO. Áreas licenciadas para operações em biotecnologia	Área de trabalho (coworking e sala de reunião), laboratório para testes físico-químicos e espaço físico para montagem de plantas piloto.	Área de trabalho (coworking e salas de reunião) e área de laboratório (Lab Biomol, sala de extração, sala QPCR e NGS, Laboratório de proteínas e microbiologia) e CMO.	Laboratórios de manufatura avançada, dinamômetro de motores, compatibilidade eletromagnética, mecânica de precisão, conformação e união de materiais, materiais poliméricos, centro de referência em logística, planta piloto de montagem de placas eletrônicas e um centro de eventos.	Áreas de plantas piloto (processos biotecnológicos, processos químicos e termoquímicos), laboratórios de processos químicos e bioquímicos (que incluem microbiologia e bioquímica), laboratórios de análises químicas e instrumentais e auditório.	Laboratórios de síntese, química, polímeros, cimento, SMS, caracterização mecânica, caracterização térmica & reológica e laboratório de caracterização espectroscópica. Oficina eletrônica, salas de pessoal, salas de reunião e auditório.
<b>Área de Atuação</b>	Ciências da vida	Químicas e áreas correlatas	Biotecnologia e ciências da vida	Energia eólica, mecânica, naval e offshore, automotiva, elétrica, construção civil, química, petroquímica e biotecnologia, farmacêutica, celulose e papel e petróleo e gás.	Transformação de biomassa, relacionada ao setor sucroenergético, setor de biocombustíveis, setor de celulose e papel, setor químico e cosmético.	Nanotecnologia, Materiais Avançados
<b>Benefícios (o que oferece)</b>	Know how em tecnologias da área, espaço físico e parcerias estratégicas.	Know how em escalonamento de tecnologias dessas áreas, espaço físico para escalonamento das tecnologias, conexão com pesquisadores de diversas universidades do Brasil nessas áreas.	Conhecimento 'de ponta a ponta' dos negócios das empresas de Biotecnologia e Ciências da Vida e acesso à infraestrutura.	Interação com EMBRAP II, infraestrutura de desenvolvimento de projetos tecnológicos, serviços técnicos e conexão com indústrias.	Interação com EMBRAP II, infraestrutura de desenvolvimento de projetos tecnológicos, serviços técnicos e conexão com indústrias.	Know how em desenvolvimento tecnológico na área, parcerias estratégicas com empresas e infraestrutura para desenvolvimento de projetos.
<b>Como contatar?</b>	biominas.org.br	inctmidas.com.br	biotechtown.com	senaicimatec.com.br	biominas.org.br	ctnano.com.br

Vemos a diversidade de centros e instituições que desenvolvem e apoiam o escalonamento de tecnologias de ciências no Brasil. Como observado, eles atendem diversas áreas, com alto viés tecnológico como biotecnologia, químicas e nanotecnologias.

Além das instituições mencionadas, é válido dizer que outras instituições relevantes com infraestrutura para escalamento também podem ser encontradas em outros estados como São Paulo (ex: CTBE-CNPEM), Rio de Janeiro e Santa Catarina.

# Capítulo 4

## Academia, patentes e escalonamento

**Marcelo Speziali (UFOP)**

O presente capítulo tem o propósito de apresentar ao leitor os conceitos fundamentais sobre propriedade intelectual e sua importância no processo de inovação. Além disso, serão apresentados também o passo a passo para quem deseja proteger uma invenção utilizando uma patente.

Durante o processo de escalonamento de uma tecnologia, muitas questões sobre a proteção das informações envolvidas nas etapas podem surgir aos pesquisadores. Para cada uma dessas etapas, algumas particularidades sobre a proteção intelectual serão discutidas no texto abaixo. Além disso, uma seção do capítulo ainda será dedicada à busca de informações tecnológicas, utilizando bancos de dados de patentes como procedimento fundamental para quem pretende iniciar um projeto científico, ou mesmo para quem já possui resultados de bancada ou já iniciou um escalonamento.

## Um guia rápido para os inventores

No ano de 2004, as Instituições de Ciência e Tecnologia no Brasil (ICT) foram obrigadas, por força de lei, a criarem em seu organograma um Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT). Os NIT ficaram então responsáveis por auxiliar a comunidade acadêmica nos assuntos pertinentes à propriedade intelectual (PI), bem como gerir esse tipo de ativo dentro da universidade e nos centros de pesquisa, de um modo geral. Dúvidas relacionadas ao processo de proteção e à busca das informações científicas e tecnológicas, mais comumente chamadas de buscas no estado da arte e no estado da técnica, relacionadas a uma possível tecnologia a ser protegida (etapa de prospecção tecnológica), podem ser sanadas com os técnicos dos NIT das ICT.

Após a etapa de prospecção, que serve inclusive para a criação de projetos acadêmicos, os NIT auxiliam o inventor na escrita de um relatório descritivo, bem como com o depósito de uma patente no INPI. Para patentes depositadas no exterior, normalmente os NIT exigem a participação de um parceiro comercial no processo, que auxiliará com os custos de depósito e manutenção da tecnologia em escritórios estrangeiros. Cabe ao inventor procurar o NIT da sua ICT e se informar sobre o procedimento nesses casos.

**NIT** - Núcleo de Inovação Tecnológica é uma “estrutura instituída por uma ou mais ICT, com ou sem personalidade jurídica própria, que tenha por finalidade a gestão de política institucional de inovação e por competências mínimas as atribuições previstas nesta Lei”. Essa definição apareceu originalmente na Lei 10.973/2004 e depois foi reformulada

**ICT** - Definida pela Marco Legal de Ciência e Tecnologia Lei 13.243/2016 como: Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação. Órgão ou entidade da administração pública direta ou indireta ou pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos legalmente constituída sob as leis brasileiras, com sede e foro no País, que inclua em sua missão institucional ou em seu objetivo social ou estatutário a pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico ou o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos.

Em suma, em relação aos processos de escalonamento trabalhados nesse livro, é importante destacar que há, pelo menos, um tipo de propriedade intelectual a ser pensado em cada etapa. Seguindo a cronologia da Fig. 1 do capítulo 2, temos a proteção por patentes, uma ferramenta de proteção da pesquisa básica de laboratório, que agora passará a ser tratada como uma invenção.

**INPI** - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. É o órgão do governo brasileiro responsável pelos assuntos de propriedade industrial em território nacional. O INPI além de regulamentar os assuntos de PI, ainda também responsável por fomentar a educação em propriedade industrial, ofertando continuamente cursos de especialização nos mais diversos campos da PI.

Além das questões relacionadas a interação que os inventores precisam ter com os NIT das ICT, para o sucesso da proteção da invenção, é fundamental que os inventores atentem para algumas questões fundamentais da área de patentes:

- 1)** A minha invenção é nova?
- 2)** Minha invenção possui atividade inventiva?
- 3)** Minha invenção realmente possui aplicação industrial? e Inovação (PD&I) em projetos envolvendo riscos operacionais;
- 4)** Fiz uma busca adequada das informações do estado da arte e da técnica, assegurando que nenhuma informação técnica relacionada à minha invenção tenha sido divulgada anteriormente em quaisquer meios de comunicação, sem meu conhecimento?

Se a resposta for sim para todas as perguntas anteriores, então, nessa etapa, poderá ser iniciada a redação de um pedido de patente.

#### **Questões fundamentais da área de patentes:**

A Lei 9279/96 define em seu texto alguns requisitos básicos de patenteabilidade de uma invenção, são eles: novidade, atividade inventiva, aplicação industrial e suficiência descritiva.

A novidade está relacionada com o fato de a invenção ser nova, em outras palavras, nos diz que a invenção precisa não ter sido divulgada anteriormente no estado da técnica.

**Atividade Inventiva** é o requisito que nos diz que a invenção não pode decorrer de maneira óbvia para um técnico no assunto. Frequentemente, esse requisito é chamado de “Passo Inventivo”. É também comum dizer que uma invenção sem um efeito surpreendente é uma invenção que não possui atividade inventiva.

**Aplicação Industrial** é o requisito que nos diz que uma invenção precisa ser capaz de ser utilizada no setor produtivo.

**Suficiência descritiva** é o requisito que se refere ao texto em si do documento de patente. Um relatório descritivo é um documento que será depositado como uma patente, e, esse documento precisa ter a descrição completa e inequívoca da tecnologia a ser protegida, de modo que um técnico no assunto possa reproduzir a invenção. É bastante interessante que após a redação de um relatório descritivo, o inventor peça a alguém de confiança e que não esteja relacionado a invenção, preferencialmente de uma área distinta a da invenção proposta, e veja o que esse leitor entendeu do texto do relatório descritivo. O texto deverá ser entendido de forma clara e não pode abrir espaço para que o leitor interprete trechos da patente de forma arbitrária ou confusa.

**Período de graça** – Segundo a Lei 9279/96 entende-se que: “Não será considerada como estado da técnica a divulgação de invenção ou modelo de utilidade, quando ocorrida durante os 12 (doze) meses que precederem a data de depósito ou a da prioridade do pedido de patente, se promovida:

I - pelo inventor; / II - pelo INPI, através de publicação oficial do pedido de patente depositado sem o consentimento do inventor, baseado em informações deste obtidas ou em decorrência de atos por ele realizados; ou / III - por terceiros, com base em informações obtidas direta ou indiretamente do inventor ou em decorrência de atos por este realizados.”

Porém, é importante frisar mais alguns detalhes de extrema importância:

**5)** Existe algum tipo de parceria entre minha ICT, para meu atual projeto, e alguma empresa interessada no licenciamento da minha tecnologia?

**Licenciamento** – Uma das finalidades de uma proteção por patentes é a comercialização da tecnologia protegida. Caso algum ator do setor produtivo se interesse pela tecnologia protegida por uma ou mais patentes, esse ator deve comunicar ao titular da patente seu interesse, para daí começar a negociação. O processo de transferência dos direitos auferidos pelo documento de patente para o setor produtivo se chama processo de licenciamento.

**6)** Existe algum tipo de acordo de confidencialidade assinado entre todas as partes envolvidas na pesquisa, sejam funcionários da empresa, funcionários da ICT ou alunos?

**Acordo de confidencialidade** – é um contrato assinado entre duas ou mais partes interessadas no objeto da tecnologia e que desejam partilhar entre si informações confidenciais sobre essa. Quando informações são repassadas para pessoas que assinaram um acordo de confidencialidade, essas informações serão tratadas como confidenciais e, portanto, não poderão ser consideradas como estado da técnica durante o processo de aferição da novidade, como requisito de patenteabilidade de uma tecnologia.

**7)** Em caso de licenciamento futuro da tecnologia, foi acertada a porcentagem de participação ou os royalties de cada partícipe nesse projeto de cooperação ou Co-desenvolvimento?

**Royalties** – é o pagamento feito ao detentor dos direitos de um tipo de propriedade intelectual em troca da comercialização do objeto da proteção.

**Projeto de cooperação** – são basicamente projetos em que há o financiamento para o desenvolvimento de um determinado tipo de tecnologia. Nesse tipo de projeto não há uma troca entre as partes de conhecimento específico sobre a tecnologia “Know How”. O agente financiador fomenta a pesquisa com algum tipo de auxílio financeiro ou de mão de obra, porém não participa ativamente do processo de desenvolvimento em si.

**8)** Os direitos e deveres de cada partícipe no projeto estão previstos no acordo de cooperação ou Codesenvolvimento?

Caso a resposta seja negativa para as perguntas de 5 a 8, então os inventores, juntamente com a equipe do NIT, poderão decidir pela conveniência de se manter a invenção como um segredo industrial, ou, ainda nessa etapa, deverão proceder ao depósito de uma patente. Caso contrário, essas mesmas questões deverão ser muito bem compreendidas e, preferencialmente, a resposta para todas elas deverão ser positivas.

**Segredo industrial** – Quando informações sobre um determinado tipo de tecnologia estão sob acordos de confidencialidade, e assim serão tratadas por um período de tempo, elas serão atribuídas, portanto, como segredos industriais.

Cabe ressaltar que para a proteção intelectual na Etapa 1 da pesquisa, no caso de um depósito de patente, poderá ser solicitado ao escritório de patentes aquela que confira uma presunção de direito de proteção para um produto desenvolvido, para um processo de obtenção desse produto (lembrando que, nessa etapa, esse processo ainda se refere a um processo de bancada) e, por fim, ao uso do mesmo (caso haja alguma funcionalidade do produto em desenvolvimento que também passe pela autoavaliação e tenha as perguntas de 1 a 4 respondidas de forma positiva).

**Escritório de patentes** – São os escritórios de autarquia governamental ou intergovernamental responsáveis pelas questões da proteção das patentes e alguns outros tipos de propriedade intelectual. Em suma, os escritórios de patentes são responsáveis, dentre as muitas atribuições, pela análise da patenteabilidade de uma tecnologia.

**Presunção de direito** – Uma patente depositada no Brasil leva cerca de uma década para ser analisada. Salvo alguns casos específicos em que a análise possa ser antecipada. Durante esse período, entre o depósito e a possível concessão de uma patente, o inventor terá a presunção dos direitos auferidos por um documento de patente, ao invés dos direitos reais concedidos por uma patente já permitida.

Para a Etapa 2 de escalonamento do produto, algumas questões deverão ser analisadas antes de se pensar em um novo tipo de proteção:

**9)** O produto da Etapa 2 permanece com as mesmas características do produto da Etapa 1?

**10)** O escalonamento da Etapa 2 se refere ao mesmo processo realizado na Etapa 1, porém em uma escala maior, ou o escalonamento significa o desenvolvimento de um novo processo ainda que semelhante ao da primeira etapa com pequenas variações?

Caso a resposta para a pergunta de número 9 tenha sido sim e esse tipo de patente já tenha sido depositada na primeira etapa da pesquisa, então não será possível fazer uma nova patente que proteja o produto. Na hipótese de uma resposta negativa, onde o produto apresente características distintas do obtido na Etapa 1, e, ainda, possua as três características fundamentais para patenteabilidade, um novo depósito de patente poderá ser solicitado. Quanto ao uso do produto, diferentemente do processo de obtenção e das características, dificilmente sofrerá alteração com o aumento de escala e, com isso, não terá nenhum tipo de proteção nova por patente, posterior ao primeiro depósito.

Em relação aos processos, se forem diferentes nas duas etapas, o segundo poderá ser protegido por patente, caso os três requisitos de patenteabilidade forem verificados para o “novo processo”. Cabe ressaltar que, para todas as etapas de escalonamento, muito da teoria de engenharia deve ser aplicada, incluindo, em alguns casos, o desenvolvimento de novos tipos de reatores a serem usados no processo. Esses reatores normalmente apresentam características muito particulares que permitem maior homogeneidade de agitação, transferência de calor mais eficiente, etc. A disposição espacial das peças desse reator, formato, configurações espaciais que permitam um funcionamento mais eficiente, etc. poderão ser protegidos por tipos específicos de propriedade intelectual, tais como o desenho industrial, em alguns casos, modelos de utilidade ou mesmo serão mantidos em segredo, como parte estratégica de proteção.

**Desenho industrial** - é definido pelo INPI da seguinte forma: “O registro de Desenho Industrial protege os aspectos ornamentais de um objeto. É possível pedi-lo se tiver criado, por exemplo, a nova forma plástica de um relógio, brinquedo, veículo, embalagem ou até o padrão de linhas e cores de uma estampa têxtil. Entretanto, o registro não se aplica à proteção dos aspectos técnicos, funcionais ou tecnológicos de um produto, nem à proteção de marcas e logotipos.”

**Modelo de utilidade** – é definido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual, em livre tradução, como: “Em alguns países, um sistema de modelo de utilidade fornece proteção das chamadas “invenções menores” por meio de um sistema semelhante ao sistema de patentes [...] Em geral, em comparação com as patentes, os modelos de utilidade exigem requisitos menos rigorosos (por exemplo, nível mais baixo de atividade inventiva), têm procedimentos mais simples de análise e oferecem um prazo mais curto de proteção [...] Os requisitos e procedimentos para obter proteção e a duração da proteção variam de um país para outro.”

As etapas posteriores de escalonamento, normalmente, possuem as mesmas características, quando o assunto é PI. As mesmas perguntas devem ser feitas todas as vezes que se avance a um próximo nível. A questão mais complexa da PI, quando analisamos o processo de escalonamento como um todo é: “quando devemos fazer a proteção e qual a estratégia mais adequada de proteção a ser feita nessa etapa?” Não existe uma resposta pronta para essa pergunta e cada setor tecnológico, bem como as condições de cada tipo de contrato de cooperação ou Co desenvolvimento, podem variar totalmente de um para o outro. A indústria de commodities, normalmente, apresenta processos mais robustos de proteção e as características dos processos laboratoriais raramente se alteram significativamente quando em escala industrial. Já para a produção de produtos da química fina ou biotecnologia, geralmente os processos são mais sensíveis às alterações de escala, e a produção em escala laboratorial raramente possui semelhança em relação a produção em escala industrial. Nesse caso, as adequações feitas ao produto em cada escala também podem variar sensivelmente as características do produto obtido de uma etapa para a outra. Assim, deve-se ser estudado, em todas as etapas, as possibilidades de proteção dos produtos intermediários ou a manutenção desses como segredos industriais. Em casos muito específicos, tanto o processo quanto o produto poderão estar associados à proteção de uma marca. É muito raro se proteger, de modo eficiente, algum processo ou produto em uma ICT por algum tipo de marca, uma vez que tanto o processo quanto o

produto ainda estarão em desenvolvimento. Após a consolidação do processo de obtenção de um produto, juntamente com uma empresa interessada em produzir em larga escala a tecnologia desenvolvida na ICT, pensar em associar a invenção a uma marca de impacto poderá ser um grande diferencial no sucesso comercial da tecnologia.

Nos casos em que haja a automação de alguma etapa e essa seja controlada por algum tipo de software, desenvolvido com essa finalidade, a proteção por software deverá ser levada em consideração.

### **Fontes de informações e de buscas de patentes**

Toda vez que pretendemos iniciar um projeto tecnológico, é fundamental pensarmos em não reinventar a roda. Por isso, é importante ter em mente que ao começar um trabalho de escalonamento ou mesmo de comercialização de algum produto, podemos estar infringindo o direito de um terceiro, e com isso cometendo uma contrafação. Para evitar a apropriação inadequada da tecnologia de terceiros, sem prévia autorização, é fundamental uma busca antecipada do estado da arte e da técnica referentes a sua invenção.

Os cientistas nas ICT são treinados, desde o início de sua formação, para fazerem buscas sobre o estado da arte nos bancos de periódicos científicos, principalmente naqueles disponibilizados pelo portal de periódicos da CAPES. O que eles normalmente não fazem por desconhecimento, é a busca prévia nos bancos de tecnologias depositadas na forma de patentes. O grande volume de material encontrado nos bancos de patentes, quando a invenção desenvolvida ou em desenvolvimento possui grande apelo tecnológico e grande potencial de inserção no mercado, supera em volume os artigos publicados com o mesmo assunto nos periódicos científicos tradicionais.

**Contrafação** é um termo jurídico que se refere ao ato ou efeito de reproduzir ou imitar alguma coisa de forma fraudulenta, causando prejuízos ao inventor.

Como regra de ouro, vale a pena, desde a concepção de um projeto até a fase final de escalonamento de uma tecnologia, sempre fazer uma busca recorrente do estado da técnica nas bases de dados de patentes para:

- 1) Identificar possíveis e novos mercados para a tecnologia desenvolvida;
- 2) Monitorar os concorrentes;
- 3) Identificar tendências tecnológicas, prever novos produtos e possíveis aperfeiçoamentos;
- 4) Buscar por possíveis fontes de licenciamento;
- 5) Construir mapas tecnológicos para fomentar a criação de um futuro Technology Roadmapping, etc.

**Technology Roadmapping** – Segundo as autoras Borschiver S.; Da Silva A.L.R. do livro *Technology Roadmap; Planejamento Estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia*, 2016; Ed. Interciência, em citação literal, o “Technology Roadmap ou TRM é uma técnica de planejamento e gerenciamento corporativo, que vem sendo utilizada para alinhar objetivos organizacionais e recursos tecnológicos em empresas de manufaturas e de serviços.”

Para auxiliar no processo de busca de informações tecnológicas, segue abaixo uma lista, não exaustiva, das principais bases de dados gratuitas de patentes pelo mundo. Dependendo do intuito de sua procura, uma ou outra base de dados poderá ser usada preferencialmente. Também, o maior número possível de bases de dados também poderão ser de uso necessário. Bases de dados pagas, como a Clarivate Analytics – Derwent®, Questel Orbit® e outras, também são importantes, porém a diferença dessas para as gratuitas está basicamente na facilidade e agilidade de acesso aos dados, bem como na organização das buscas. Vale ressaltar que nenhuma informação será perdida se as bases gratuitas forem bem utilizadas, e, além disso, toda a bases de dados apresentadas possuem um link com um help ou um FAQ que, certamente, irão auxiliar o usuário a tirar o máximo proveito, com eficiência máxima em sua pesquisa.

- 1)** Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) **[www.inpi.gov.br/](http://www.inpi.gov.br/)**;
- 2)** Escritório Canadense de Propriedade Intelectual  
**<http://www.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/introduction.html>**;
- 3)** Escritório de Patentes do Governo Norte Americano (USPTO)  
**<https://www.uspto.gov/>**;
- 4)** Escritório Europeu de Patentes (EPO) **<https://epo.org/>**;
- 5)** Escritório Japonês de Patentes (JPO) **<https://www.jpo.go.jp/>**;
- 6)** Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) **[www.wipo.int/](http://www.wipo.int/)**;
- 7)** Google Patents **<https://patents.google.com/>**;
- 8)** Lens **<https://www.lens.org/>**.

Os assuntos relacionados a PI, normalmente, são escritos de advogados para advogados. O tema, embora seja altamente transdisciplinar, ainda carece de literatura escrita por técnicos, para técnicos. Ainda assim, é extremamente importante que o profissional que deseje se aprofundar mais no assunto, com quaisquer que sejam as intenções, leiam e estudem a legislação vigente, bem como as instruções normativas publicadas pelo INPI. Por fim, a melhor receita para se aprender a fazer uma proteção realmente efetiva, utilizando um documento de patentes é: Leia mais sobre patentes! Procure casos de tecnologias de sucesso e veja se há patentes depositadas.

## REFERÊNCIAS

Andrade, L. P. C. da S.; da Silva, R. C.; Mascarenhas, L. A. B.; Gomes, J. de O.; Marinho, F. de S. Proposal of an innovative environment for supporting production scale-up, including design, prototyping, manufacturing, assembly, testing, and certification of products that require special conditions. *Procedia CIRP*. V. 41, p. 177-182, 2016.

Baart, G. J. E.; de Jong, G.; Philippi, M.; van't Riet, K.; van der Pol, L. A.; Beuvery, E. C.; Tramper, J.; e Martes, D. E. Scale-up for bulk production of vaccine against menigo-coccal disease. *Vaccine*. v.25, p.6399-6408, 2007.

Bisio, A.; Kabel, R. L. Scale up of chemical processes – conversation from laboratory scale tests to sucessful comercial size desing. Wiley Interscience Publication: New York, 1985.

Boer, H. and During, W. E. Innovation, what innovation? A comparison between product, process and organizational innovation. *Int. J. Technology Management*, v. 22, n° 1/2/3, 2001.

Brasil. Decreto-lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Disposições Preliminares: direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, Brasília, maio de 1996.

Cooley, L. and Linn, F. J. Taking Innovation to scale: Methods, Applications and lessons. Results for desenvolvimento institute, (R4D), Washington, 2014.

de Paula, I. C.; Ribeiro J. L. D. Problemas de scaling up no desenvolvimento de produtos farmacêuticos em empresas brasileiras. *Produção e Produção*, v. 5., n. 3, p. 17-32, 2001.

Fontelles, M. J.; Simões, M. G.; Farias, S. H.; Fontelles, R. G. S. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. *Revista Paraense de Medicina*, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

Frishammar, J.; Soderholm, P.; Backstrom, K.; Hellsmark and Ylinenpaa, H. The role of pilot and demonstration plants in technological development: synthesis and directions for future research. *Technology Analysis & Strategic Management*. V 27, n° 1, 2015.

Maia, C. and Claro, J. The role of a proof of concept center in a university ecosystem: an exploratory study. *The Journal of Technology Transfer*. V. 38, N° 5, 2013.

Nader, H. B. A constituição federal e a pesquisa básica. *Correio Braziliense*. V. 17. Brasília, 24 de março de 2014.

Nakanishi, S. C. Estudo da ampliação de escala do processo de pré-tratamento alcalino do bagaço de cana-de-açúcar para obtenção de etanol de segunda geração. Tese de doutorado apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na área de conversão de Biomassa. Lorena, São Pulo, 2016.

Osawa, Y. and Miyazaki, K. An empirical analysis of the valley of death: large-scale R&D project performance in a Japanese diversified company. *Asian Journal of Technology*. V. 14, n° 2, 2006.

Piccinno, F.; Hischer, R.; Seeger, S.; Som, C. From laboratory to industrial scale: a scale-up framework for chemical processes in life cycle assessment studies. *Journal of Cleaner Production*. V. 135, p. 1085-1097, 2016.

Resende, R. G.; Bagnó, R. B.; Silva, G. G.; Moreira, L. C.; Amaral, A. M. A.; Guerra, P. V. Processo de desenvolvimento de produtos integrado com a metodologia de avaliação de prontidão tecnológica: proposta para um centro de tecnologia em nanomateriais. 11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2017.

Shane, S. *Academic Entrepreneurship: university spinoffs and wealth creation*. USA: New Horizons in Entrepreneurship, 2004.

Soares, J. C. O vale da morte dos projetos de I&D. Disponível em: <<http://multisector.pt/2018/03/29/o-vale-da-morte-dos-projetos-de-id/>>. Acesso em 25 de abril de 2019.

Thorpe M.; Ridgman, T. Identifying and sharing the knowledge required for scaling up innovative technology in the process industry. *International Journal of Innovation and Technology Management*. v. 13, n. 6, 2016.

Wang, J. Barriers of scaling-up fuel cells: cost, durability and reliability. *Energy*. v. 80, p. 509-521, 2015.

