

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Instituto De Ciências Biológicas  
Programa de Pós Graduação em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual

Thamires Luciana Braz Alves

**PROJETOS DE INOVAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE ENVOLVENDO  
COLABORAÇÃO UNIVERSIDADE-INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO DO  
ESCALAB**

BELO HORIZONTE

2024

Thamires Luciana Braz Alves

**PROJETOS DE INOVAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE ENVOLVENDO  
COLABORAÇÃO UNIVERSIDADE-INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO DO  
ESCALAB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para à obtenção do título de Mestra em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual – Área de concentração de Gestão da Inovação, Propriedade Intelectual e Empreendedorismo

Orientador: Rochel Montero Lago

Belo Horizonte

2024

043 Alves, Thamires Luciana Braz.  
Projetos de inovação em sustentabilidade envolvendo colaboração universidade-indústria: estudo de caso do Escalab [manuscrito] / Thamires Luciana Braz Alves. – 2024.  
83 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Rochel Montero Lago.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual.

1. Inovação. 2. Química. 3. Admissão e Escalonamento de Pessoal. 4. Escalab. I. Lago, Rochel Montero. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 608.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E PROPRIEDADE INTELECTUAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

**“PROJETOS DE INOVAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE ENVOLVENDO COLABORAÇÃO UNIVERSIDADE-INDÚSTRIA: ESTUDO DE CASO DO ESCALAB”**

**THAMIRES LUCIANA BRAZ ALVES**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 22 de março de 2024, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

**PROFA. DRA. RITA DE CÁSSIA DE OLIVEIRA SEBASTIÃO**  
ICEX/UFMG

**PROF. DR. ANGELO DE FÁTIMA**  
ICEX/UFMG

**PROF. DR. ROCHEL MONTERO LAGO – ORIENTADOR**  
ICEX/UFMG

Belo Horizonte, 22 de março de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Angelo de Fatima, Professor do Magistério Superior**, em 02/04/2024, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rita de Cassia de Oliveira Sebastiao, Coordenador(a)**, em 03/04/2024, às 00:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rochel Montero Lago, Professor do Magistério Superior**, em 09/04/2024, às 19:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

*Dedico esse trabalho a todos que amo e que seguiram ao meu lado e me deram todo o apoio possível: a minha mãe Cleusa, a meu pai Carnot (em memória) e minha irmã Priscila, e especialmente a mim, que por vezes não acreditei que fosse possível chegar até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar agradecendo aos meus pais, Cleusa e Carnot (em memória) e a minha irmã Priscila, amores e pilares da minha vida, que me deram todo apoio e carinho nessa jornada.

Agradecer a todos os meus amigos, em especial Izabella Andrade e Júlia Braga pela compreensão, escuta e companheirismo.

Ao meu orientador Rochel Lago pela oportunidade, confiança, incentivo e ensinamentos que contribuíram ativamente para o meu crescimento pessoal e profissional, é muito bom trabalhar com você.

À Universidade Federal de Minas Gerais pela oportunidade de realização do mestrado em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual.

À professora Ana Paula por toda orientação e apoio que foram dados.

A toda equipe do Escalab, pelo acolhimento e contribuição com os seus conhecimentos.

Gostaria de agradecer as instituições de fomento (FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FUNDEP- Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa e CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Finalizo agradecendo especialmente a mim, por toda dedicação, trabalho duro, determinação e coragem, chegar ao final do mestrado na UFMG é sinônimo força, conquistas e exemplo de possibilidade para as futuras gerações da minha família.

## RESUMO

Neste trabalho é discutido o processo de inovação visando levar ao mercado tecnologias químicas nascidas nas universidades. A descrição desse processo foi dividida em cinco etapas: pesquisa/ciência, proteção da propriedade intelectual, avaliação da oportunidade, escalonamento e prova de conceito e a etapa final de transferência de tecnologia ou criação de startup. Este trabalho, realiza um estudo de caso do Escalab (Laboratório de Tecnologia para a Sustentabilidade da UFMG) para exemplificar ações dentro do processo de inovação: pesquisa e desenvolvimento (P&D), mapeamento tecnológico, escalonamento e aceleração de tecnologias, programas de inovação aberta com indústrias e o programa “*go-to-market*” para a inserção de *startups* químicas no mercado. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta também quatro cases desenvolvidos pelo Escalab na área de sustentabilidade em parceria com atores distintos: mineradora mundial, empresa de soluções ambientais, inventor independente e empresária individual, com o intuito de desenvolver novas tecnologias e/ou produtos. Os casos estão relacionados ao desenvolvimento de novas aplicações de um produto industrial à base de suspensão de cal para a siderurgia (Case Grupo Lhoist), produção de fertilizantes nitrogenados a partir de resíduo amoniacal siderúrgico (Case Biosfera Soluções Ambientais), rota eletroquímica para o reaproveitamento de resíduos da mineração de ferro (Case *Green Ferrum*) e produção de protetor solar infantil com insumos naturais da flora amazônica (Case *Kehinde Nature*).

Palavras-chave: inovação, Escalab. tecnologias químicas, escalonamento.

## ABSTRACT

This work discusses the innovation process that is leading to the market of chemical technologies born in universities. The description of this process was divided into five stages: research/science, intellectual property protection, opportunity assessment, scaling and proof of concept and the final stage of technology transfer or startup creation. This work uses the case of Escalab (UFMG Technology Laboratory for Sustainability) to exemplify actions within the innovation process: research and development (R&D), technological mapping, scaling and acceleration of technologies, open innovation with industries and the program “go-to-market” for inserting chemical *startups* into the market. Furthermore, this work presents four Escalab cases in the area of sustainability in partnership with global mining companies, environmental solutions companies and independent inventors, with the aim of developing new technologies and/or products. The cases are related to the development of new applications of an industrial product based on lime suspension for the steel industry (Case Grupo Lhoist), production of nitrogen fertilizers from steel ammonia discharge (Case Biosfera Environmental Solutions), electrochemical route for reuse of iron mining waste (Case *Green Ferrum*) and production of children's sunscreen with natural inputs from Amazonian flora (Case *Kehinde Nature*).

**Keywords:** Innovation, Escalab, chemical technologies, scaleup.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Produto Sanctio, desenvolvido por pesquisadores da UFMG contra a calvície, disponível para venda na Drogaria Araújo. ....	15
<b>Figura 2:</b> Representação da Hélice Tríplice (HT) e Quíntupla Hélice (QT) .....	19
<b>Figura 3:</b> Possíveis etapas no processo de inovação para tecnologias químicas nascidas em universidades. ....	24
<b>Figura 4:</b> Etapas da Prova de Conceito realizada em laboratório e em planta piloto.....	30
<b>Figura 5:</b> Infraestrutura do Escalab (prédio, espaço de coworking, laboratórios e baias de escalonamento de tecnologias) .....	32
<b>Figura 6:</b> Atividades executadas pelo Escalab em parceria com pesquisadores de universidades e indústrias. ....	33
<b>Figura 7:</b> Serviços de mapeamento tecnológico, P&D direcionado, pré-piloto e escalonamento oferecidos pelo Escalab às indústrias.....	34
<b>Figura 8:</b> Etapas do Mapeamento Tecnológicos realizado pelo Escalab.....	34
<b>Figura 9:</b> Exemplo de uma das matrizes Escalab (Tamanho de Mercado x Valor Agregado) resultante de um Mapeamento Tecnológico. ....	35
<b>Figura 10:</b> Impactos esperados de programas de aceleração de tecnologias.....	41
<b>Figura 11:</b> Etapas do programa de inovação aberta do Escalab.....	43
<b>Figura 12:</b> Exemplos de cases na área de sustentabilidade realizados pelo Escalab.....	46
<b>Figura 13:</b> Interação Escalab – Grupo Lhoist para o desenvolvimento de novas aplicações do produto a base de cal (Projeto de P&D) .....	47
<b>Figura 14:</b> Países com atuação do grupo Lhoist.....	48
<b>Figura 15 –</b> Micro etapas realizadas durante os testes de simulação laboratorial do air stripping para remoção de amônia (Etapa 1) – comparação entre NaOH e Neutralac SLS45 .	51
<b>Figura 16:</b> Etapas gerais do projeto Biosfera em parceria com o Escalab .....	55
<b>Figura 17:</b> Pilares de atuação da Biosfera Soluções Ambientais .....	56
<b>Figura 18:</b> Resumo simples do projeto Green Ferrum .....	62
<b>Figura 19:</b> Micro etapas de P&D realizadas durante a execução do projeto Green Ferrum em parceria com a Vale S.A. ....	63
<b>Figura 20:</b> Etapas gerais do projeto Kehinde Nature .....	67
<b>Figura 21:</b> Etapas principais do segundo projeto (P&D) do Kehinde Nature em parceria com o Escalab.....	70
<b>Figura 22:</b> Formulação escolhida pela Kehinde Nature para as análises de validação (RDC N° 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022) .....	72

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> As etapas básicas do processo de inovação .....	28
<b>Tabela 2:</b> Programas de pré-aceleração e aceleração realizados pelo Escalab .....	41
<b>Tabela 3:</b> Programas de inovação aberta com indústria realizados pelo Escalab .....	44
<b>Tabela 4:</b> Valores típicos dos contaminantes no licor amoniacal .....	50
<b>Tabela 5:</b> Resultados obtidos de remoção de amônia, cianeto e fluoreto para processo de tratamento do licor amoniacal utilizando-se NaOH e Neutralac® .....	51
<b>Tabela 6:</b> Linhas temáticas da chamada CNPQ/MCTI/CT-AGRO N° 32/2022 - Apoio a projetos de P,D&I para a área de bioinsumos, nutrição de plantas e defensivos agrícolas sustentáveis .....	57
<b>Tabela 7:</b> Atividades, metas a serem concluídas e cronograma previsto para cada etapa do projeto Biosfera para a síntese de fertilizantes nitrogenados a partir do licor amoniacal .....	58
<b>Tabela 8:</b> Aspectos de Viabilidade Técnica e Econômica estudados durante o desenvolvimento da tecnologia Green Ferrum em parceria com a Vale S.A. ....	64
<b>Tabela 9:</b> Aspectos de Pré-EVTE realizados durante o Projeto 1 para o desenvolvimento de protetor solar infantil a base de insumos naturais da flora brasileira .....	68
<b>Tabela 10:</b> Fator de Proteção Solar esperado para os óleos de buriti, copaíba e cenoura de acordo com a literatura .....	71
<b>Tabela 11:</b> Resultados das análises de validação realizadas de acordo com a RDC N° 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022 para a amostra selecionada e comparação com a os requisitos mínimos exigidos.....	73
<b>Tabela 12:</b> Etapas do terceiro projeto do Kehinde Nature em parceria com o Escalab.....	74

## LISTA DE ABREVIACOES

ESCALAB: Centro de Escalonamento de Tecnologias e Modelagem de Negócios

EVTE: Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

NN&E: Novos Negócios e Empreendedorismo

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

P&D: Pesquisa e Desenvolvimento

HT: Tríplice Hélice

QT: Hélice Quadrupla

FPS: Fator de Proteo Solar

POC: Prova de Conceito

CNPQ: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos — Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovao

FAPs: Fundaoes de Amparo à Pesquisa

FAPEMIG: Fundao de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

TT: Transferência de Tecnológica

LTA: Lhoist América Latina

UFV: Universidade Federal de Viçosa

INPI: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2.0 OBJETIVOS</b> .....	16
2.1 Objetivo Geral .....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
<b>3.0 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
3.1 Inovação e a Universidade.....	17
3.2 Inovação e o modelo da Quíntupla Hélice.....	18
3.3 Inovação e Sustentabilidade .....	19
3.4 Transferência de Tecnologias para a Sustentabilidade .....	20
3.5 Etapas do processo de transferência de tecnologias de Universidades para o Mercado: Escalonamento e POC .....	21
<b>4.0 METODOLOGIA</b> .....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
5.1 O processo de inovação para tecnologias químicas nascidas em universidades: ações do laboratório Escalab-UFMG .....	24
5.2 Etapas do processo de inovação em tecnologias químicas nas universidades .....	27
5.3 Escalab: um laboratório criado para realizar o escalonamento com modelagem de negócios para tecnologias na área de química.....	31
5.3.1 Atuação do Escalab.....	31
5.3.2 A infraestrutura do Escalab.....	32
5.3.3 As principais atividades do ESCALAB.....	33
5.3.4 Programas de pré-aceleração como caminho de empreendedorismo para pesquisadores levarem suas pesquisas ao mercado – os programas realizados pelo Escalab.....	40
5.3.5 Programas de inovação aberta com indústria que buscam tecnologias em universidades .....	43
5.3.6 Escalab – Programa de “go-to-market” para Startups .....	45
5.3.7 Organograma Escalab.....	45
5.4 Cases do Escalab na área de sustentabilidade .....	45
5.4.1 CASE LHOIST: Escalab atuando como laboratório de P&D para desenvolvimento de aplicações industriais SUSTENTÁVEIS.....	46
5.4.2 CASE BIOSFERA: Escalab desenvolvendo P&D a partir de demandas industriais e captando recursos públicos para teste de tecnologia em ambiente relevante .....	54

5.4.3 CASE GREEN FERRUM: Escalab atua em parceria com inventor independente na busca por conexões e oferece infraestrutura para o desenvolvimento de projetos.....	62
5.4.4 CASE KEHINDE NATURE: Escalab atua em parceria com inventor independente na busca por financiamento (público ou privado) e oferece infraestrutura de P&D para o desenvolvimento de projetos .....	66
<b>6.0 CONCLUSÃO.....</b>	<b>78</b>
<b>7.0 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

Levar inovações nascidas em laboratórios de pesquisa em universidades para a sociedade, gerando empregos de qualidade, renda e desenvolvimento, tem sido considerado cada vez mais importante nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs).

O Brasil possui aproximadamente 200 mil pesquisadores divididos em mais de 500 instituições de ensino superior, que possuem a infraestrutura necessária para o desenvolvimento de novas tecnologias (“Censo Atual - Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil - Lattes”, 2016). As universidades possuem papel fundamental não apenas na realização de pesquisas de qualidade e na formação pessoal/profissional de seus alunos, mas também no processo de inovação de tecnologias químicas, através da geração de novos conhecimentos e tecnologias para o desenvolvimento socioeconômico do país. Considerando tal contexto, é desejável que os conhecimentos e tecnologias desenvolvidos nas universidades sejam transferidos para empresas, que são as instituições responsáveis pelo desenvolvimento de bens e serviços inovadores para a sociedade. No entanto, a transferência de tecnologias das universidades para empresas visando seu desenvolvimento econômico e comercial, ainda é um processo pouco realizado. A exemplo da Universidade Federal de Minas Gerais, apenas 6% das 1600 propriedades intelectuais desenvolvidas, chegaram ao mercado de forma efetiva. Um dos exemplos de tecnologia que alcançou o mercado está relacionado a uma tecnologia desenvolvida no Departamento de Fisiologia e Biofísica da UFMG pelos professores Robson Santos e Frédéric Frézard. Em laboratórios, os pesquisadores desenvolveram um produto contra a queda capilar que visava resolver um dos problemas mais antigos da sociedade: a calvície. O produto denominado Sanctio, não causa os efeitos colaterais mais comuns ao tratamento contra a calvície normalmente encontrados em outros produtos: disfunção erétil e irritação local. Atualmente, o produto Sanctio, encontra-se disponível para compra em diversas drogarias, como a Araújo (Figura 1).

**Figura 1:** Produto Sanctio, desenvolvido por pesquisadores da UFMG contra a calvície, disponível para venda na Drogeria Araújo.



Fonte: Disponível em (ARAÚJO, 2024)

O produto Sanctio é um dos exemplos de tecnologias desenvolvidas na universidade que tiveram sucesso no processo de inovação e alcançaram o mercado. Contudo, esse número (6% das tecnologias desenvolvidas nas universidades transferidas para o mercado, no caso da UFMG) é ainda menor quando nos referimos a tecnologias de hard science (tecnologias desenvolvidas áreas de biologia, química, física entre outras) que possuem alta complexibilidade (AMPEC, 2019). Complexibilidade essa, relacionada entre outros fatores, ao longo tempo necessário para o amadurecimento do produto, legislações de maior complexibilidade, ciclo de vendas demorados e transição não linear entre o desenvolvimento em escala de laboratório e a escala industrial (DE OLIVEIRA, 2021). Desse modo, muitos pesquisadores, que tem esse desejo de levar suas tecnologias para a indústria ou mesmo criar uma nova empresa, se perguntam: qual o caminho?

Neste trabalho é descrito o processo de inovação para levar tecnologias químicas nascidas em universidades ao mercado. O trabalho apresenta ao leitor as etapas fundamentais no processo de inovação: pesquisa/ciência, proteção da propriedade intelectual, avaliação de oportunidades, escalonamento e prova de conceito que levam a dois resultados possíveis: a transferência de tecnologia ou a criação de startup. O presente trabalho também descreve um laboratório de tecnologia da UFMG recém criado, chamado Escalab, e suas atividades no processo de inovação focado em química: mapeamento tecnológico/P&D para a indústria, escalonamento de tecnologias, programas de pré-aceleração e aceleração de tecnologias, programas de inovação aberta com a indústria e o programa “go-to-market” para a inserção de startups químicas no mercado.

Espera-se que o compartilhamento desta experiência motive os pesquisadores acadêmicos de química a levar suas tecnologias no mercado através de da transferência ou criação de uma startup.

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é descrever o Escalab e sua metodologia para levar tecnologias sustentáveis da bancada até a escala piloto e ao mercado.

### 2.2 Objetivos específicos

- Descrever as principais etapas envolvidas durante processo de inovação para levar tecnologias químicas nascidas em universidades ao mercado (pesquisa/ciência, proteção da propriedade intelectual, avaliação de oportunidades, escalonamento e prova de conceito e a transferência de tecnologia ou a criação de startup).
- Descrever o laboratório de tecnologia Escalab, e suas atividades no processo de inovação focado em química: mapeamento tecnológico/P&D para a indústria, “*scale-up*” tecnológico, aceleração tecnológica, programas de inovação aberta com a indústria e o programa “*go-to-market*” para a inserção de *startups* químicas no mercado.
- Descrever cases na área de sustentabilidade realizados pelo Escalab-UFMG com clientes distintos: indústrias, pesquisadores de universidade, inventores independentes, entre outros.



### 3.0 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Inovação e a Universidade

A inovação é um tema muito abordado em diferentes ambientes, como por exemplo, em universidades e empresas, entretanto, ainda existe certa dificuldade em se definir com clareza o significado desse termo. O conceito de inovação, em especial no que diz respeito às tecnologias químicas, tem se redefinido nos últimos anos, evoluindo em complexibilidade. A inovação, de forma simples, pode ser definida como a exploração, com sucesso, de novas ideias. Essas ideias podem estar relacionadas com o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos, ou com novas aplicações de produtos já conhecidos. O sucesso está conectado à utilização dos novos produtos, processos e/ou novas aplicações pela indústria e introdução no mercado (BOER; DURIGN, 2001).

Atualmente, o conceito de inovação pode ser definido, segundo a Lei Nº 13.243 de 11 de janeiro de 2016, que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e dá outras providências como:

*“Inovação: introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho”.*

Desse modo, a inovação compreende todo o processo que inclui o desenvolvimento de novos artefatos técnicos ou organizacionais (invenção) e sua implementação no sistema econômico (associação entre inovação e desenvolvimento econômico) (NICOLAU; PARANHOS, 2006). De forma complementar, FAGUNDES (2010) considera que a inovação é uma parte de um processo interativo, desenvolvido por meio da participação de diversos agentes econômicos e sociais, que contam com diferentes tipos de informações e conhecimento. Nesse contexto, entre as organizações e instituições que integram o sistema local da inovação, o autor destaca o importante papel da universidade para o desenvolvimento tecnológico e econômico de uma região ou localidade definida.

As universidades podem promover o desenvolvimento de empresas inovadoras, além de contribuir para o desenvolvimento tecnológico por meio da geração de conhecimentos e novas tecnologias, bem como por meio da difusão de informação na sociedade.

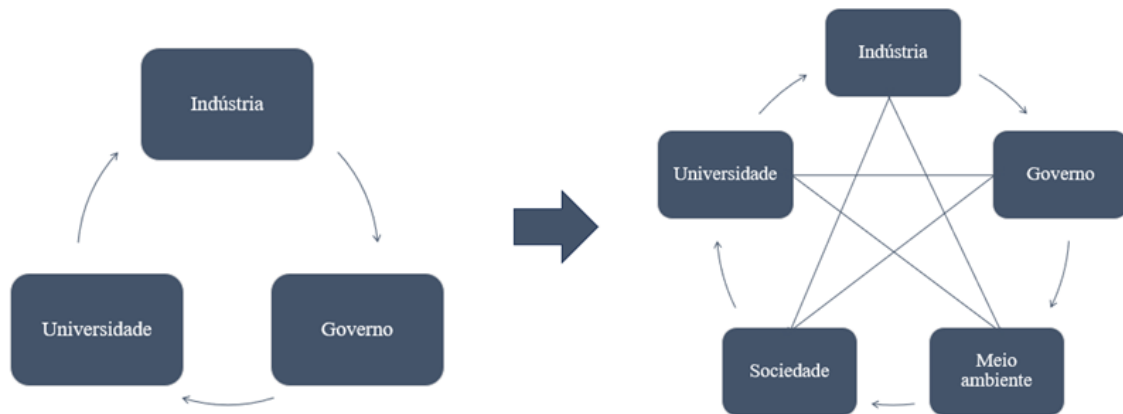
### **3.2 Inovação e o modelo da Hélice**

Além da universidade, há outros agentes institucionais necessários para promover o desenvolvimento técnico e econômico por meio da inovação e também por meio do empreendedorismo, como a indústria e governo. O modelo de interação entre três agentes é denominado Hélice Tríplice (HT), no qual cada uma dessas esferas institucionais possui papel determinado para o desenvolvimento da inovação. Assim, nesse modelo as universidades, possuem, entre outras responsabilidades a de gerar conhecimento para a sociedade, impulsionar o empreendedorismo nas instituições de ensino, liderar processos de mudanças e buscar relacionamentos entre governo e empresas (CAMBOIM, 2013). Da esfera governamental, tem-se como responsabilidades o incentivo ao desenvolvimento econômico e social através de incentivos fiscais, planos políticos e interações políticas dentro da esfera pública (interação entre município, estado e união). O governo atua também como mediador da relação universidade-empresa, sendo o principal condutor da interação como um todo, além de responsável por definir as regras da interação e promover as condições necessárias de competitividade para as empresas locais (NATÁRIO; JOÃO, PEDRO ALMEITA; CARLOS, 2012). Por último, as empresas possuem o compromisso de desenvolver os bens e serviços inovadores e outros achados da parceria entre os atores da HT para a sociedade (GOMES; COELHO; GONÇALO, 2016). Além disso, a promoção da inovação deve levar em consideração outros fatores, como o importante papel da sociedade (Hélice Quádrupla) para atingir as metas e os objetivos propostos e a busca pelo desenvolvimento ambiental sustentável e ecologia social (Figura 1) (Hélice Quintupla) (CARAYANNIS; CHEREPOVITSYN; ILINOVA, 2017).

Ademais, alguns autores como JOHNSON (2008) abordam a importância de instituições intermediárias entre as hélices, tendo como objetivo principal fortalecer a dinâmica de interação entre os membros da Hélice Quintupla (HQ), em especial ao que diz respeito a interação entre universidade, indústria e governo (HT). Segundo o autor, as instituições intermediárias aproximam os integrantes da HQ, proporcionando projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) colaborativos e melhorando a colaboração entre os membros participantes. JOHNSON

(2008) e (LINDBERG; LINDGREN; PACKENDORFF (2014) exemplificam que entre as instituições intermediárias tem-se institutos tecnológicos, ONGs, organizações de apoio, outras instituições que podem fomentar relações colaborativas como por exemplo as *Spin-Offs*, promovendo de forma mais simples o processo de comercialização da tecnologia.

**Figura 2:** Representação da Hélice Tríplice (HT) e Quintupla Hélice (QT)



**Fonte:** Autoria própria (2024)

### 3.3 Inovação e Sustentabilidade

Um dos grandes desafios atuais enfrentados pela humanidade está relacionado à diminuição dos impactos socioambientais e a promoção da sustentabilidade. A partir disso, a humanidade tem buscado novas tecnologias que gerem formas inovadoras de produção, distribuição de bens e serviços que favoreçam a diminuição do impacto gerado ao meio ambiente (DA SILVA, C. L. *et al.*, 2012; RABÊLO, 2015).

Os termos “inovação” e “sustentabilidade” possuem relação direta, visto que para alcançar maior eficiência e sustentabilidade de produtos, processos e ou serviços, esses devem passar necessariamente por um contexto de inovação. Um dos conceitos que se destaca a partir da tentativa de junção das palavras “inovação” e sustentabilidade é o conceito de ecoinovação. A ecoinovação pode ser definida como a produção, assimilação ou exploração de um produto, processo de produção, serviço, método de gestão ou de negócio que seja novo à organização (desenvolvido ou implementado), que resulte (ao longo do seu ciclo de vida), em reduções de riscos ambientais, poluição e outros impactos negativos do uso de recursos, quando comparado a alternativas pertinentes (KEMP, R; PEARSON, 2008). Além disso, o termo “ecoinovação” está relacionado ao termo “ecoeficiência”, que relaciona duas dimensões da sustentabilidade:

econômica e a ambiental. Isso resultou no desenvolvimento de bens e serviços que sejam capazes de satisfazer as necessidades humanas a preços competitivos e que sejam capazes de reduzir significativamente e progressivamente os impactos ambientais a um nível próximo ao suportável pela Terra (ELKINGTON, 2001). Como exemplo de inovações ecoeficientes temos: redução da quantidade de materiais e energia gastos por unidade produzida, diminuição ou eliminação de substâncias nocivas (tóxicas) e o aumento da vida útil dos produtos (BARBIERI, J. C. *et al.*, 2010).

Nesse contexto, o desenvolvimento de inovações sustentáveis tem sido um processo cada vez mais buscado por organizações em gerais (em especial por empresas). Para que uma organização seja inovadora e sustentável ela deve ser capaz de desenvolver novidades que atentam as múltiplas dimensões da sustentabilidade, produzindo resultados positivos para a empresa, sociedade e meio ambiente (BARBIERI, M. A.; CARLOS; SIMANTOB, 2007).

Desse modo, não basta para as organizações apenas inovar continuamente, mas inovar considerando três dimensões da sustentabilidade:

- Social: preocupação com impactos gerados pela inovação no âmbito social (dentro e fora da empresa), como desemprego, exclusão social, pobreza, entre outros;
- Ambiental: preocupação dos impactos ambientais gerados pela inovação relacionados ao uso de recursos naturais e a emissão de poluentes;
- Econômica: preocupação relacionada a eficiência econômica, sem a qual as inovações seriam interrompidas. Para as empresas essa dimensão está relacionada com a obtenção de lucro e desenvolvimento de vantagens competitivas no mercado nas quais elas atuam.

Para atender tecnicamente as dimensões citadas acima, a organização necessita dedicar maior esforço, o que torna o processo de inovação mais sofisticado e exigente (BARBIERI *et al.*, 2010).

### **3.4 Transferência de Tecnologias para a Sustentabilidade**

As inovações tecnológicas sustentáveis possuem um papel importante para o desenvolvimento econômico e social, sendo as indústrias os principais responsáveis pela comercialização da tecnologia no que diz respeito a Quíntupla Hélice. Nesse contexto, a Transferência de Tecnologia (TT) do conhecimento das universidades, conjuntamente com outras estratégias (políticas públicas de apoio a inovação e estratégica tecnologia por parte da

empresa) é um elemento chave para a inovação, e conseqüentemente um importante auxílio para manter a competitividade da empresa no cenário global (DE OLIVEIRA, 2021; ULRICH; FIGUEIREDO; MACIEL, 2019).

A Transferência de Tecnologia é uma das formas que podem agilizar o processo de inovação, buscando a interação entre os membros da hélice tripla (HT) (ULRICH; FIGUEIREDO; MACIEL, 2019). Segundo a *Association of University Technology Managers* (AUTM), a transferência de tecnologia é definida como o processo de transferência de descobertas científicas de uma organização para outra, com o objetivo de desenvolvimento e comercialização. Considerando o contexto da hélice quádrupla (HQ), a transferência de tecnologia pode ser definida como o repasse do conhecimento existente nas universidades para a indústria, com a finalidade de produzir desde novos processos, produtos e aplicações, até sistemas de produção e novos materiais, possibilitando desse modo o desenvolvimento tecnológico sustentável (ROMAN; LOPES, 2012). Desse modo, a transferência de tecnologia é um processo que abrange todo o ciclo de vida de um produto, desde a escala laboratorial ao mercado, envolvendo desde a ideia inicial ao marketing e venda do produto (RAUEN, 2016).

Muitos são os desafios inerentes ao processo de transferência de tecnologia, que objetiva transformar a invenção (ideia) em uma inovação (definida aqui como um processo que aborda desde uma novidade até um processo e/ou produto que necessariamente será implementado). Entre esses desafios tem-se desde os dilemas ideológicos encontrados nos limites das universidades, referentes ao papel da universidade no desenvolvimento de pesquisas aplicadas, até questões que envolvem a gestão e a estratégia da proteção intelectual. Desse modo, fazer com que as tecnologias de Hard Sciences (áreas de química, engenharia, biologia, entre outras) desenvolvidas em bancada de laboratório por grupos de pesquisadores transponham as barreiras da universidade e alcancem o mercado tem sido um processo de alta complexidade (ANDRADE; DA SILVA; MASCARENHAS, 2016).

### **3.5 Etapas do processo de transferência de tecnologias de Universidades para o Mercado: Escalonamento e POC**

Diversos fatores são imprescindíveis ao processo de inovação, visando transformar as tecnologias encontradas em universidades e centros de pesquisa em inovações completamente implementáveis. Entre eles, tem-se o escalonamento de tecnologias e a Prova de Conceito (POC).

O escalonamento é um termo com significado amplo, possuindo também várias denominações, como aumento de escala ou “*scale-up*”. O escalonamento é definido na engenharia química como a reprodução de resultados técnicos obtidos em escala laboratorial (escalas menores) em escalas maiores, através de operações químicas e/ou físicas que tem como intuito desenvolver um novo produto comercial (THORPE; RIDGMAN, 2016). Desse modo, o escalonamento de tecnologias se baseia em sair da escala de miligramas ou gramas, produzidas em laboratórios de pesquisa, para a escala de quilos ou centenas de quilogramas (ARAÚJO, M. H.; LAGO, R. M.; OLIVEIRA, L. C. A.; CABRAL, P. R. M.; CHENG, L. C.; BORGES, C.; FILION, 2005). Por meio do processo de escalonamento, obtém-se as informações necessárias sobre a viabilidade técnica, econômica e de mercado do novo produto e/ou tecnologia. Sendo assim, o escalonamento é um processo fundamental para levar tecnologias e/ou produtos encontrados em laboratórios de pesquisa para o mercado (VASCONCELLOS *et al.*, 2021).

A prova de conceito (POC) pode ser definida como um modelo prático utilizado para validar/comprovar se um conceito teórico fundado por uma pesquisa ou artigo científico é passível de ser explorado de modo útil (MAIA; CLARO, 2013). De modo similar ao escalonamento, a POC tem como objetivo verificar se uma ideia funciona, determinando a viabilidade da mesma. No entanto, ao contrário do escalonamento a POC investiga a viabilidade do produto ou processo do ponto de vista tecnológico (é possível ser realizado? Pode ser fabricado?). A realização da POC é normalmente feita em laboratório sob condições controladas.

Devido à grande importância durante o processo de inovação, o escalamento de tecnologias e a prova de conceitos são utilizadas em conjunto, com o intuito de obter todas as informações necessárias para levar tecnologias desenvolvidas em universidades até o mercado. No entanto, dentro das universidades nem sempre há uma infraestrutura e espaço físico necessário para a realização desses processos, em especial para o escalonamento, muito menos experiência em como realizá-lo.

Para os pesquisadores, algumas das dificuldades encontradas na tradução dos resultados obtidos em bancadas para maior escala são os riscos associados ao elevado risco tecnológico e de engenharia (equipamentos a serem utilizados e definição das variáveis do processo), recursos financeiros escassos (o escalonamento de uma tecnologia na área de produtos químicos ou matérias pode demandar investimentos na ordem de R\$ de 150 mil a R\$1 milhão), acesso à infraestrutura (elétrica, hidráulica e segurança adequada) e a necessidade de políticas públicas

específicas (RESENDE *et al.*, 2017). Como consequência, muitas tecnologias em estágios iniciais de desenvolvimento não conseguem alcançar o mercado, resultado na interrupção do projeto. Assim, muitos autores relatam que o escalonamento tem sido o “vale da morte” de muitas tecnologias, que são interrompidas ou permanecem apenas em laboratório, porém tendo potencial para contribuir para o progresso econômico do país de forma efetiva (OSAWA; MIYAZAKI, 2006).

Portanto, torna-se essencial o conhecimento por parte da universidade de modo geral dos laboratórios e centros de pesquisas existentes no Brasil que possuam infraestrutura, *know-how* e mão de obra qualificada para a execução do escalonamento e da prova de conceito, visando extinguir o vale da morte das tecnologias e leva-las até o mercado (DA SILVA, A. G. *et al.*, 2019).

#### **4.0 METODOLOGIA**

De acordo com Thiollent (1997), a pesquisa-ação consiste em uma pesquisa social de base empírica realizada a partir de uma ação que poderá solucionar um problema coletivo, no qual, os pesquisadores e participantes estão envolvidos, construindo de modo cooperativo ou participativo a solução. Esse tipo de pesquisa adota um método aplicado, orientado para a elaboração de diagnóstico, identificação de problemas e busca de soluções (THIOLLENT, 1997).

Alguns pesquisadores caracterizam a pesquisa-ação como um método intervencionista que permite ao pesquisador testar hipóteses sobre o fenômeno de interesse implementando e acessando as mudanças no cenário real. Sendo assim, neste tipo de pesquisa, o pesquisador assume a responsabilidade não apenas de assistir os atores envolvidos através da geração de conhecimento, mas também de aplicação deste conhecimento (LINDGREN; HENFRIDSSON; SCHULTZE, 2004).

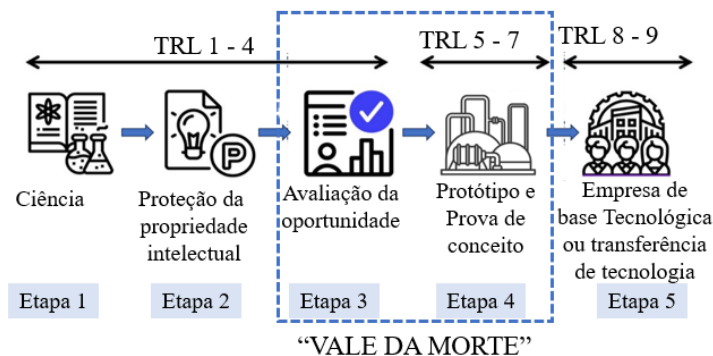
Nesse projeto foi usada a metodologia de pesquisa-ação onde foram realizados projetos na área de sustentabilidade, em conjunto com atores chaves (indústria, pesquisadores, inventores independentes, entre outros) para desenvolvimento de tecnologia.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 O processo de inovação para tecnologias químicas nascidas em universidades: ações do laboratório Escalab-UFMG

Levar inovações nascidas em laboratórios de pesquisa em universidades para a sociedade, gerando empregos de qualidade, renda e desenvolvimento, tem sido considerado cada vez mais importante nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs). Por outro lado, pesquisadores da academia, ainda não sabem como fazer bem esse processo. Muitos pesquisadores, que tem esse desejo de levar suas tecnologias para a indústria ou mesmo criar uma nova empresa, se perguntam: qual o caminho? Esse processo de inovação para tecnologias nascidas em universidades (neste contexto especificamente para a área de química), pode ocorrer de muitas formas. No entanto, é possível definir algumas etapas comuns a esse processo, entre elas: a realização de ciência de qualidade, proteção da propriedade intelectual, avaliação da oportunidade, escalonamento/protótipo e realização de prova de conceito/protótipo. A partir do trabalho feito nessas 5 etapas, pode-se avançar com mais assertividade para a aplicação real da tecnologia, por meio da criação de empresas de base tecnológica ou através da transferência de tecnologia para uma empresa (Figura 2).

**Figura 3:** Possíveis etapas no processo de inovação para tecnologias químicas nascidas em universidades.



**Fonte:** Elaborado pelo próprio autor (2024)

A Etapa 1 no processo de inovação (ciência), no contexto da academia, está relacionada à realização de pesquisa de qualidade. A partir dessas pesquisas surgem vários resultados acadêmicos, tais como publicações, dissertações, teses e formação de recursos humanos de qualidade. Sempre importante lembrar que essa é a missão básica da academia. A pesquisa acadêmica pode também ser direcionada para a resolução de problemas reais do mercado ou



desenvolvimento de novos processos e/ou tecnologias. Nesse contexto, é essencial que a ciência esteja conectada com demandas reais.

No contexto das Universidades, onde uma grande parte das pesquisas nascem desvinculadas de indústrias, sugere-se como uma segunda etapa no processo de inovação, a proteção da PI (Propriedade Intelectual) de produtos e/ou processos geradas durante a etapa de P&D, por exemplo através de patentes (invenção ou modelo de utilidade), registro de desenho industrial ou marca, entre outros. A proteção de propriedade intelectual condensa todo o conhecimento desenvolvido pelo grupo de pesquisa em um documento que atesta a posse da tecnologia e permite que a universidade possa negociar a tecnologia e ser remunerada pela sua exploração comercial. Além disso, a quantidade de patentes e transferência tecnológica (e outras formas de proteção intelectual) são indicadores importantes de inovação para as universidades (MENDONÇA, 2023; UFMG, 2021).

No entanto, é importante ressaltar que o melhor momento para a proteção de PI pode variar significativamente, dependendo do tipo de tecnologia, dos parceiros de desenvolvimento envolvidos e de possíveis negociações. Por exemplo, há empresas que não licenciam tecnologias já protegidas e querem fazer parte desde o início. Além disso há segredos de negócios e outras formas de proteção que precisam ser avaliadas, para além da patente. Mais importante do que proteger é ter a real noção da gestão da inovação tecnológica para saber “quando”, “se” e “como” proteger uma tecnologia. Portanto, apesar de recomendar a proteção de PI na Etapa 2 (que serve para uma parte importante das pesquisas feitas em universidades), deve-se considerar a PI de forma transversal em todo o percurso mostrado na Figura 2. Se o leitor tiver interesse específico sobre a importância, questões práticas e estratégicas de patentes, muitas informações podem ser encontradas na literatura (INPI, 2021; SPEZIALLI, 2021).

A Etapa 3 do processo de inovação (avaliação da oportunidade) é importante para responder se a tecnologia/produto ou processo desenvolvida é uma invenção criativa ou se, realmente, representa uma oportunidade de mercado e de negócio. Uma ferramenta simples para se avaliar a oportunidade é o Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) do novo produto e/ou processo. Até esse ponto, a tecnologia apresenta uma maturidade de acordo com a escala TRL de até 4, onde a tecnologia tem suas funcionalidades testadas em laboratório (BUCHNER *et al.*, 2019; CERTI, 2023).

**A escala TRL (Technology Readiness Level):** a escala TRL é uma ferramenta utilizada para a avaliação do grau de maturidade de uma tecnologia de acordo com seu desenvolvimento e enquadramento em Níveis de Maturidade Tecnológica. A escala TRL foi desenvolvida pela NASA (referência) e é composta por 9 níveis:

**TRL 1 - Idealização:** Nesse nível tem-se a identificação de oportunidades, realização de pesquisa básica e tradução dessa pesquisa em possíveis aplicações (realizadas, por exemplo, por meio de brainstorming e estudo da literatura);

**TRL 2 – Conceitualização:** Nesse momento tem-se definido o conceito da tecnológica e/ou aplicação formulada e a pesquisa sobre patente realizada.

**TRL 3 – Realização da Prova de Conceito (POC):** Nesse nível tem-se início a etapa de pesquisa aplicada em laboratório, comprovação do princípio de funcionamento/reação ou mecanismo e observação (qualitativamente) da reação prevista.

**TRL 4 – Desenvolvimento preliminar do processo:** Nessa etapa, o conceito proposto é validado em ambiente controlado (laboratório), tem-se início o processo de preparação para a aumento de escala. Nessa etapa, tem-se ainda atalhos encontrados para o modelo de processo proposto.

**TRL 5 – Desenvolvimento detalhado de processos:** No nível TRL 5 os modelos de processos foram encontrados, os dados de propriedade intelectual foram analisados e há a realização de simulação do processo e da planta piloto usando as informações obtidas na etapa de bancada (TRL 4);

**TRL 6 – Testes piloto:** Nessa etapa a planta piloto encontra-se construída e em operação com baixa taxa de produção, aplicação final aprovada para os produtos a serem obtidos e modelo de processo descrito detalhadamente;

**TRL 7 – Demonstração e engenharia em grande escala:** Nesse momento, os parâmetros e desempenho da planta piloto encontram-se otimizados, a planta de demonstração construída e operando (esse item é opcional), descrição completa dos equipamentos necessários para a realização da produção em escala real;

**TRL 8 – Comissionamento:** Nesse nível, os produtos e processos encontram-se integrados a estrutura organizacional (hardware e software) e a planta industrial (grande escala) encontra-se construída;

**TRL 9 - Produção:** *A planta em escala industrial encontra-se auditada (por meio de teste de aceitação no local) e pronta para uso, produção realizada em condições otimizadas (em condições ambientais e industriais) e garantia de desempenho (BUCHNER et al., 2019).*

O quarto passo (Etapa 4, Protótipo e Prova de Conceito) é o teste da tecnologia/produto, preferencialmente com clientes reais. A partir daqui a tecnologia sai da escala de laboratório e iniciamos o TRL 5 (MANKINS, 1995). Esta etapa implica, em uma boa parte dos casos, na produção de um produto ou protótipo. Comumente, isso significa produzir quantidades maiores de produtos (construção e operação de uma planta piloto), alcançando a escala de quilos ou, em alguns casos, até centenas de quilos, utilizando reagentes comerciais, diferentemente dos adotados em escala de laboratório. A quantidade produzida será utilizada na realização de testes com clientes reais, ou seja, na realização da POC (Prova de Conceito), com intuito de provar se o conceito da tecnologia realmente funciona.

Pesquisas em universidades avançam bem até as Etapas 1 e 2, mas tem enormes dificuldades para avançar nas Etapas 3 e 4, que são conhecidas como o “Vale da Morte”, onde a imensa maioria das tecnologias perece (Figura 2) (DA SILVA, A. G. et al., 2019).

Após a realização de todas as etapas anteriores, é possível avaliar com mais precisão se as tecnologias químicas desenvolvidas dentro da universidade têm realmente o potencial para entrarem no mercado. Em caso positivo, essa inserção no mercado pode ser realizada através de uma transferência de tecnologia para uma empresa consolidada ou pela criação de empresas de base tecnológicas, chamadas aqui de *startups* (SEBRAE, 2018).

## **5.2 Etapas do processo de inovação em tecnologias químicas nas universidades**

No processo de inovação, podemos dizer que as Universidades avançaram bem nos aspectos de pesquisa e no patenteamento de tecnologia, mas ainda temos que avançar muito nas etapas seguintes. A Tabela 1 descreve, de forma simples, as etapas básicas do processo de inovação, com uma indicação do custo aproximado e as principais fontes financiadoras.

**Tabela 1:** As etapas básicas do processo de inovação

<b>Etapa</b>	<b>Observações</b>	<b>Onde é feito/ quanto custa e principal fonte financiadora</b>
<b>1.</b> Ciência	A ciência no Brasil é de alto nível. Avançamos muito na formação de mestres e doutores e nas publicações científica.	Laboratórios de Universidades e outras ICTs. A principal fonte de financiamento é pública.
<b>2.</b> Proteção da Propriedade Intelectual	A cultura da patente e a proteção PI foi criada nas Universidades e avançou muito. A PI já é considerada um importante indicador de inovação nas universidades. (DALLACORTE; ALCIDES, 2017) No entanto, ainda há pouca experiência em licenciamento/transferência de patentes. (PIRES; QUINTELLA, 2015)	NIT (Núcleos de Inovação Tecnológica) em cada Universidade. As taxas do INPI (atualmente próximo a R\$ 590,00)(ALMEIDA, [S.d.]) são pagas pela própria universidade. Importante considerar outros custos, diretos e indiretos, associados à produção dos documentos, buscas no estado da técnica e do depósito em si. Normalmente isso pode chegar a cifras nas dezenas de milhares de reais.
<b>3.</b> Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE)	Apesar, do EVTE ter muita relevância durante o processo de inovação, geralmente, as universidades, possuem pouco conhecimento em como fazê-lo e dedicam pouca atenção ao assunto. Nessa etapa, tem-se o início do “Vale da Morte”.	Normalmente não é realizado em universidades. Normalmente, o EVTE é realizado por consultores e algumas empresas com custos que podem variar de R\$10-30 mil. Ocasionalmente, SEBRAE e outras organizações disponibilizam recursos para esses estudos. Outra possibilidade é a participação em programas de pré-aceleração ou aceleração de <i>startups</i> que avaliam as tecnologias.

Tabela 1 – Os passos básicos do processo de inovação (continuação)

Etapa	Observações	Onde é feito/ quanto custa e principal fonte financiadora
<p>4.</p> <p>Escalonamento / Planta piloto e Prova de Conceito (POC)</p>	<p>Essa etapa é crucial no processo de inovação, sendo de alta complexidade e alto custo. As Universidades não possuem infraestrutura adequada e pesquisadores não possuem experiência em sair dos “gramas” da bancada e passar para os “quilos”.</p>	<p>Essa etapa, normalmente não é realizada em universidades. Além do espaço físico para a construção e operação da planta piloto, faz-se necessário ainda infraestrutura elétrica e hidráulica e também processos de segurança. Essa é a parte mais funda do “Vale da Morte” onde a maior parte das tecnologias morre. O custo para a construção e operação uma planta piloto varia muito, podendo estar na faixa de R\$ 150mil a R\$ 1 milhão. Alguns editais do governo federal, a exemplo CNPq e FINEP, e dos governos estaduais como as FAPs (Fundações de Amparo à Pesquisa) e SEBRAE podem financiar o escalonamento. Investidores “Seed” ou Capital Semente podem investir nessa etapa também. Essa etapa, deve resultar em uma boa compreensão do processo produtivo pensando na escala industrial e o produto para ser testado com clientes nas POCS.</p>
<p>5.</p> <p>Criação de startup ou transferência de tecnologia</p>	<p>A partir da ciência bem estabelecida, patente depositada, oportunidade definida pelo EVTE e POC realizada, tem-se a possibilidade abrir uma startup ou transferir a tecnologia para uma grande indústria.</p>	<p><i>Startups</i> podem ser criadas em incubadoras, aceleradoras ou <i>Venture Builders</i>. O custo para a criação de uma startup na área de química e sua introdução no mercado varia muito, podendo chegar a alguns milhões de reais (SEBRAE, 2022). O processo de transferência de tecnologia deve ser conduzido pela NIT (Núcleo de Inovação Tecnológica) da universidade</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Um dos pontos críticos para o processo de inovação de tecnologias e uma das principais etapas que causa a morte de tecnologias desenvolvidas nas universidades é a fase de escalonamento e prova de conceito (POC). O escalonamento, também conhecido como “*scale up*” é definido na engenharia química como a reprodução de resultados técnicos obtidos em escala laboratorial em escalas maiores, por meio de operações químicas e/ou físicas que tem como intuito desenvolver um novo produto comercial (THORPE; RIDGMAN, 2016). Desse

modo, o escalonamento de tecnologias se baseia em passar da escala de miligramas ou gramas, produzidas em laboratórios de pesquisa, para a escala de quilos ou centenas de quilogramas (ARAÚJO, M. H.; LAGO, R. M.; OLIVEIRA, L. C. A.; CABRAL, P. R. M.; CHENG, L. C.; BORGES, C.; FILION, 2005).(ARAÚJO, M. H.; LAGO, R. M.; OLIVEIRA, L. C. A.; CABRAL, P. R. M.; CHENG, L. C.; BORGES, C.; FILION, 2005) Por meio do escalonamento, obtém-se as informações necessárias sobre a viabilidade técnica do processo. Sendo assim, o escalonamento é um processo fundamental para levar tecnologias e/ou produtos encontrados em laboratórios de pesquisa para o mercado (VASCONCELLOS *et al.*, 2021).

No caso da prova de conceito (POC), também considerada uma das etapas críticas do vale da morte, pode ser definida como uma etapa de validação, com o intuito de confirmar se a tecnologia ou produto realmente funciona para uma finalidade definida.(MAIA; CLARO, 2013) A POC pode ser executada ainda em condições de laboratório, simulando condições próximas às de aplicações reais (esse estágio representa um TRL 5). No entanto, em determinado momento o processo precisa avançar e faz-se necessário a construção de uma planta piloto para chegar em uma escala maior que a de bancada. Nessa escala maior realiza-se (i) uma POC de processo (verificação se o processo químico pode ser feito em uma escala mais próxima à industrial, de forma técnica e economicamente viável) e (ii) uma POC de produto (obter produto em quantidade suficiente para testes com clientes reais). A construção e operação de planta piloto marca uma mudança importante no processo de inovação que é o início do TRL 6 e 7 (Figura 3).

**Figura 4:** Etapas da Prova de Conceito realizada em laboratório e em planta piloto.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

No entanto, dentro das universidades não há uma infraestrutura/espaço físico necessário para a realização dos processos de escalonamento e nem a experiência em como realizá-lo. Para os pesquisadores, algumas das dificuldades encontradas na tradução dos resultados obtidos em

bancada para maior escala são: maior complexidade de processos (a reação pode não funcionar em escala maior por problemas na transferência de calor e de massa. Por exemplo: uma simples filtração a vácuo feita em minutos na bancada pode ser um grande problema na escala industrial), dificuldade em encontrar equipamentos e sua operação, disponibilidade de recursos financeiros (o escalonamento de uma tecnologia na área de química pode demandar altos investimentos) e quase nenhuma disponibilidade de infraestrutura adequada (elétrica, hidráulica e segurança). Como consequência, muitas tecnologias protegidas (PI)ç em estágios iniciais de desenvolvimento não conseguem alcançar o mercado. Assim, pela complexidade e custo, o escalamento pode ser considerado o principal ponto do “vale da morte” de muitas tecnologias (OSAWA; MIYAZAKI, 2006). Portanto, se queremos levar mais tecnologias das Universidades para o mercado é estratégico ter condições de executar a etapa de escalonamento e prova de conceito de tecnologias.

### **5.3 Escalab: um laboratório criado para realizar o escalonamento com modelagem de negócios para tecnologias na área de química**

O Escalab é um laboratório da UFMG que se denomina “Centro de Escalonamento de Tecnologias e Modelagem de Negócios”, que foi criado por meio de uma parceria entre UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e o CIT-Senai (Centro de Inovação e Tecnologia) através de um Termo de Cooperação Técnica assinado em novembro de 2018. A estruturação burocrática-legal pode ser consultada na tese defendida em 2020 pela Doutora em Inovação Tecnológica pela UFMG Juliana Corrêa Crepalde Medeiros (CREPALDE, 2020). Criado por meio de recursos do INCT MIDAS (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia), o Escalab surgiu com a missão de conectar Universidade e a Indústria, desenvolvendo tecnologias e transferindo-a para o mercado na forma de licenciamento, prestação de serviço ou através da criação de *startups* (DA SILVA, A. G. *et al.*, 2019; DE OLIVEIRA, 2021).

#### **5.3.1 Atuação do Escalab**

O Escalab atua nas áreas de tecnologias químicas, com um foco em sustentabilidade. Algumas dessas áreas são tratamento de efluentes e reuso de água, processos inovadores para a transformação de resíduos industriais em produtos de valor agregado, biocombustíveis, obtenção de novos insumos e materiais através de fontes renováveis.

### 5.3.2 A infraestrutura do Escalab

O Escalab conta com 2 laboratórios que, diferente de um laboratório de pesquisas mais acadêmicas, tem foco no desenvolvimento de produtos e de processos. Além dos laboratórios, o Escalab também tem um galpão de 200 m<sup>2</sup> para escalonamento de tecnologias onde ocorre a construção e operação de plantas piloto (Figura 5).

**Figura 5:** Infraestrutura do Escalab (prédio, espaço de coworking, laboratórios e baias de escalonamento de tecnologias)



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

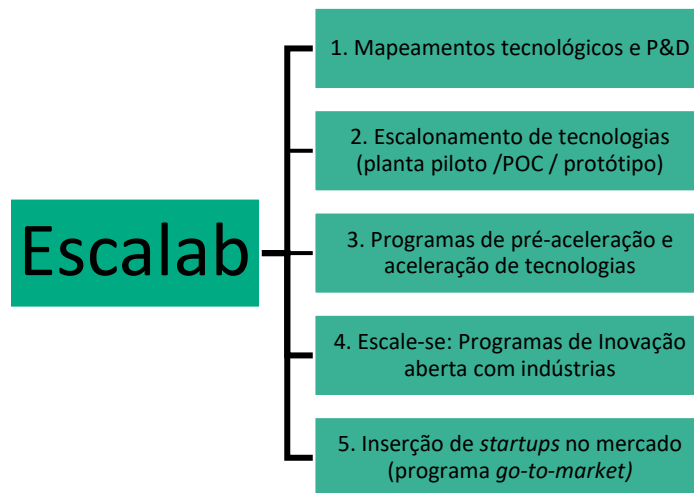
O Escalab conta também com salas de *coworkings* (desenvolvimento de negócios, reuniões internas com os colaboradores e externas com clientes e investidores).



### 5.3.3 As principais atividades do ESCALAB

O Escalab oferece diversos serviços, agrupados em cinco categorias: (1) mapeamentos tecnológicos e P&D para demandas tecnológicas da indústria, (2) escalonamento de tecnologias, (3) Programas de pré-aceleração e aceleração de tecnologias, (4) programas de inovação aberta com indústria e (5) programa “Programa *go-to-market*” voltado para a inserção de *startups* de química no mercado (Figura 6).

**Figura 6:** Atividades executadas pelo Escalab em parceria com pesquisadores de universidades e indústrias.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

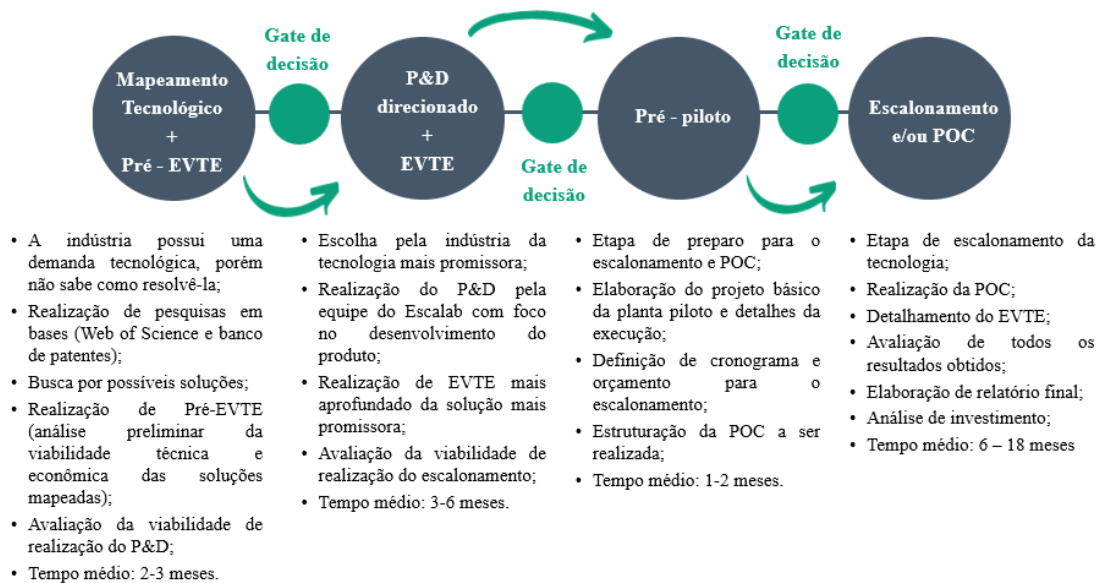
A seguir cada uma dessas atividades será descrita com maiores detalhes.

#### ***Mapeamentos tecnológicos, P&D e Escalonamento de processos químicos para demandas tecnológicas da indústria.***

Indústrias químicas e setores afins tem diversos desafios tecnológicos que pesquisadores de universidades podem ajudar a resolver. O Escalab atua diretamente atendendo essas demandas tecnológicas de indústrias de diferentes setores.

O Escalab oferece para as indústrias quatro tipos de serviços diferentes (Figura 7) que contemplam todo o processo de desenvolvimento de tecnologia (desde o mapeamento tecnológico, P&D até o escalonamento).

**Figura 7:** Serviços de mapeamento tecnológico, P&D direcionado, pré-piloto e escalonamento oferecidos pelo Escalab às indústrias



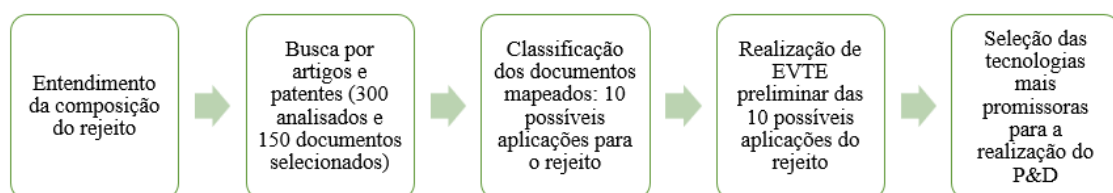
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

### *Mapeamento Tecnológico e Pré-EVTE*

O Mapeamento Tecnológico é indicado quando a indústria não tem uma boa ideia de como solucionar seu desafio tecnológico. Para entender melhor o Mapeamento Tecnológico, será utilizado o exemplo de uma indústria que tem um Rejeito X e deseja transformar esse rejeito em um produto com valor agregado a ser colocado no mercado. No entanto, a indústria não sabe qual produto fazer a partir desse Rejeito X que é gerado em grande volume (perto de 100 mil toneladas por mês) com uma composição específica conhecida. Neste caso, o caminho sugerido é, a partir da composição do rejeito, buscar na literatura científica e de patentes as possibilidades de transformar o rejeito em diferentes produtos.

As etapas que tipicamente são executadas no Mapeamento Tecnológico realizado pelo ESCALAB são:

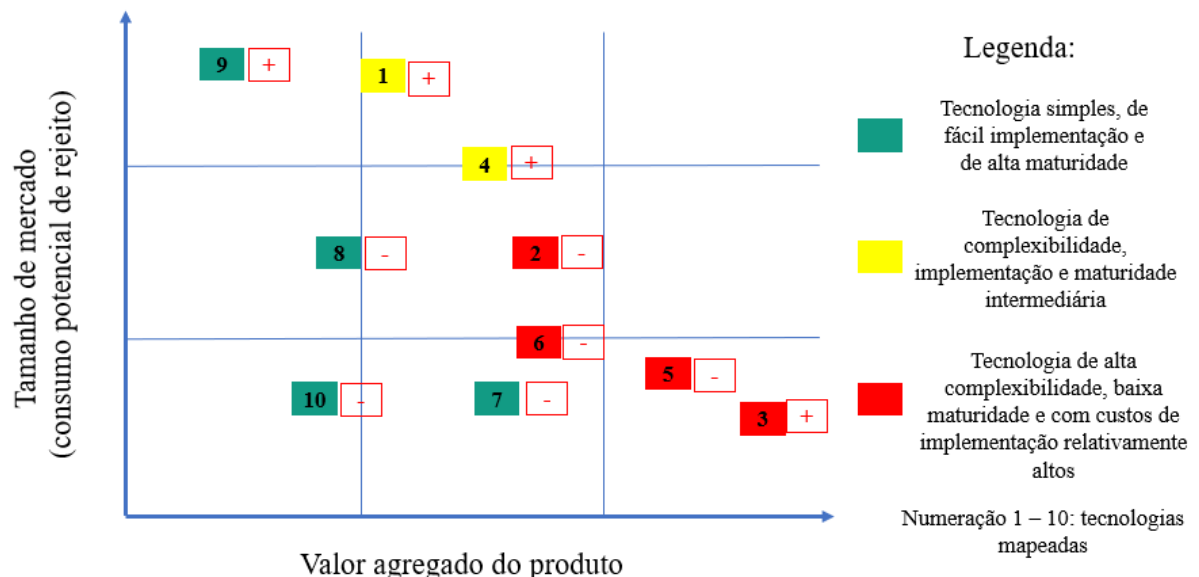
**Figura 8:** Etapas do Mapeamento Tecnológicos realizado pelo Escalab



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

No caso do Rejeito X, o trabalho se inicia por entender bem sua composição. A partir dessa informação pode-se realizar uma pesquisa extensiva no estado da arte (base de dados de artigos), da técnica (banco de patentes) e comerciais (busca realizada no mercado), de modo a encontrar informações necessárias para avaliar as tecnologias com maior potencial para serem aplicadas. Para o Rejeito X foram encontrados perto de 3 mil documentos, dos quais, após avaliação preliminar foram selecionados perto de 300 documentos relevantes. Realiza-se, então, uma segunda seleção dos artigos/patentes relevantes que são classificados por aplicações. No caso do Rejeito X, foi possível organizar os artigos/patentes em 10 aplicações diferentes, como por exemplo: transformação do rejeito para aplicação na produção de materiais para a construção civil, na agricultura, como pigmento, como adsorvente, como catalisador, entre outros. A partir das 10 aplicações definidas, realiza-se uma avaliação preliminar da viabilidade técnica e econômica dos produtos (Pré-EVTE), levando-se em conta aspectos técnicos (maturidade e complexibilidade tecnológica, rendimento, sinergia, logísticas) e de viabilidade econômica (mercado e segmento, investimento, stakeholders, valor agregado e legislações pertinentes) da tecnologia em estudo. Um exemplo simulado de uma avaliação pode ser visto na Figura 19.

**Figura 9:** Exemplo de uma das matrizes Escalab (Tamanho de Mercado x Valor Agregado) resultante de um Mapeamento Tecnológico.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

No exemplo de matriz da Figura 9, compara-se o tamanho de mercado do produto que será feito a partir do rejeito com relação ao valor agregado desse produto. Na matriz tem pontos

marcados de 1 a 10, que representam as diferentes aplicações/tecnologias que podem ser usadas para o Rejeito X. As cores representam a complexidade tecnológica. Cor verde significa que a tecnologia está bem desenvolvida, já existem equipamentos industriais e seria possível levantar uma unidade industrial sem grandes problemas. A cor vermelha, indica uma tecnologia ainda em fase de desenvolvimento, com complexidade significativa e que poderia implicar em maiores custos e maior tempo de desenvolvimento. A cor amarela está uma situação intermediária em termos de complexidade e custo. O sinal + indica que a indústria se interessou pela tecnologia. Nesse caso específico do Rejeito X, a empresa priorizou mercados com maior potencial consumidor mesmo com menor valor agregado, pois tinha que dar destinação utilizando aplicações/tecnologias que consumissem maiores quantidades de rejeito (Tecnologias 9 e 10). A empresa também privilegiou tecnologias de baixa complexidade para implementação. Por meio dessas informações, a empresa escolheu a tecnologia/aplicação 9 que tem grande mercado e baixa complexidade tecnológica para desenvolver o produto na etapa de P&D em laboratório. A indústria também colocou no seu plano de desenvolvimento de médio prazo as tecnologias 1 e 4 (de complexidade média) pelo maior valor agregado e bom mercado consumidor, além das tecnologias 5 e 3 pelo alto valor agregado das aplicações, mesmo com um mercado relativamente baixo. Dessa forma, a empresa pode pensar em um portfólio de produtos para o curto, médio e longo prazo. Esse trabalho de Mapeamento Tecnológico com o pré-EVTE tem duração média 2 a 3 meses.

***Aprendizados importantes do Escalab:*** Para a indústria, além da informação tecnológica, informações sobre a viabilidade econômica, comercial, limitações logísticas, legislação, entre outras, são de elevada importância.

Depois do Mapeamento Tecnológico, a indústria tem segurança sobre qual tecnologia é mais promissora e qual deve dedicar recursos para desenvolver. A partir daí, se inicia a etapa de P&D direcionado àquela tecnologia/produto promissor.

### ***P&D direcionado e EVTE***

O P&D Direcionado do Escalab é diferente da pesquisa mais acadêmica. No Escalab, o P&D direcionado tem como objetivo verificar, através de testes em laboratório, se a tecnologia escolhida pela empresa vai funcionar. Na metodologia Escalab dividimos o P&D em três principais fases:

**Etapa 1 - Fase da Pesquisa:** essa fase se parece mais com a típica pesquisa que fazemos em nossos laboratórios. Aqui estuda-se os principais parâmetros de forma sistemática e entende-se o efeito de cada variável. Em muitos casos, essa etapa pode resultar em publicações de artigos ou trabalhos em congressos (se não houver questões com sigilo);

**Etapa 2 - Fase do Desenvolvimento de produto e processo:** nessa etapa tem-se como objetivo principal considerar o desenvolvimento do produto e do processo na perspectiva industrial e comercial. O produto deve ser preparado com insumos industriais/comerciais (não reagentes PA), os processos usados devem considerar as tecnologias que fazem sentido industrialmente (por exemplo: uma filtração a vácuo, agitação de ultrassom e outros processos comuns em laboratórios devem ser pensados considerando o que é utilizado/factível na indústria). Essa sequência já foi relatada em nosso artigo da Química Nova ((ARAÚJO, M. H.; LAGO, R. M.; OLIVEIRA, L. C. A.; CABRAL, P. R. M.; CHENG, L. C.; BORGES, C.; FILION, 2005).

**Etapa 3 - Realização da POC-Lab (Prova de Conceito em laboratório):** as funcionalidades do produto devem ser testadas em laboratório. O produto agora deve ser formulado ou conformado mais próximo de um produto comercial/industrial. Por exemplo, no caso do Rejeito X, o mesmo foi transformado em corpos de prova com dimensões definidas por normas técnicas e analisado de acordo com normas técnicas pertinentes. Nesse ponto a tecnologia está no TRL 4.

**Etapa 4 – Realização de EVTE do produto/processo:** nessa etapa é realizado um estudo mais detalhado da Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), incluindo na parte técnica: fluxograma detalhado do processo, balanço de massa, energia, rendimento e parâmetros críticos de operação, além de estimativas de custos e mercado.

Depois de passar pelo P&D em laboratório que mostrou a viabilidade técnica do processo e do produto e por um EVTE mais aprofundado que indicou a viabilidade econômica e mercadológica do produto, está na hora de pensar em ir para a escala piloto. Para isso, o Escalab realiza uma fase preliminar chamada Pré-piloto que tem o objetivo de preparar para fase piloto.

**Aprendizados importantes do Escalab:** *O que significa Planta piloto, Protótipo e Prova de Conceito (POC)?*

**Planta piloto:** Menor unidade de produção possível que seja capaz de simular de forma realista os processos industriais. Testes em planta piloto são realizados para tecnologias com alta maturidade, com o intuito de avaliar o comportamento da solução em um ambiente real. A planta piloto é um estágio intermediário para a implementação da tecnologia/produto no mercado. Para iniciar um projeto de planta piloto ou de produto fazemos de forma preliminar um protótipo.

**Protótipo:** Tem como intuito proporcionar uma definição/prévia de como o produto/processo ficará antes de ser completamente desenvolvido. Além de permitir entender melhor a tecnologia e o produto, o protótipo pode ser utilizado em um estágio inicial de desenvolvimento, para apresentar a ideia de modo mais realista para usuários e stakeholders.

**Prova de conceito (POC):** A POC é realizada para testar se uma tecnologia realmente funciona, serve para comprovar/validar se um conceito teórico, estabelecido em pesquisa ou artigo técnico, é passível de ser explorado de maneira prática/aplicada. POC pode ter vários níveis, que vão desde POC em laboratório em situações simuladas (condições totalmente controladas, artificiais, reagentes de alta pureza, etc), POC de laboratório em condições mais próximas às reais (insumos comerciais, condições experimentais próximas às reais- por exemplo o uso de reagentes comerciais, um efluente industrial real, operações unitárias factíveis) até POC que são feitas com potenciais clientes e dentro das indústrias (DE OLIVEIRA, 2021)(MAIA; CLARO, 2014).

### **Pré-Piloto e Definição de POC maior**

Pré-piloto é uma fase de preparação para a planta piloto. É importante ressaltar que construir e operar uma planta piloto é um processo complexo e de alto custo. Em alguns casos, é extremamente importante considerar os riscos em manipular quantidades maiores de produtos químicos. Nessa fase, temos que ter um projeto básico da planta piloto, com todos os equipamentos bem definidos, onde os adquirir, o custo cada equipamento, o espaço físico necessário para montar a planta, assim como os requisitos hidráulicos e elétricos necessários. Além disso, é muito importante ter uma análise cuidadosa dos riscos envolvidos (a exemplo da toxicidade dos produtos a serem manuseados e a possibilidade de incêndio e explosão) e todas as medidas de segurança necessárias. Outro aspecto importante na fase pré-piloto é pensar na quantidade de reagentes a ser manipulada, local para estocagem, possíveis efluentes líquidos e gasosos gerados e rejeitos formados. Também é importante dimensionar a equipe que irá

trabalhar na planta. Além de todos esses detalhes mais técnicos, na fase pré-piloto é importante também definir o que será feito com as quantidades maiores de produtos que serão obtidos. Essas quantidades devem ser utilizadas para realizar um teste do produto obtido com clientes reais (POC). Dessa forma, antes mesmo de começar a construção da planta piloto, é importante saber com quais clientes o produto será testado e como será avaliada a performance dele. Essa fase de pré-piloto dura em média de 1 até 3 meses.

**Aprendizados importantes do Escalab:** *O resultado da fase pré-piloto é um projeto detalhado com orçamento e cronograma da fase de escalonamento. O escalonamento de uma tecnologia pode custar muito (alguns projetos nossos chegam a valores próximos a R\$ 1M com duração de mais de 12 meses). O pré-escalonamento é importante para que a indústria tenha um bom planejamento do que será feito, para que será feito, quando, quanto e quem. O projeto de pré-escalonamento também se mostrou muito importante para captar recursos de editais públicos*

### ***Escalonamento***

No escalonamento, a ideia é executar o processo em escala que pode ir até centenas de quilogramas ou litros. Nessa etapa espera-se entender o processo com vistas a uma escala industrial, definir todos os parâmetros importantes de cada operação unitária, definir equipamentos e custos operacionais com maior precisão, entender a logística do processo, entender os pontos críticos do processo (etapas limitantes, questões ambientais, questões de segurança, entre outros). Além disso, é importante também ter o produto em quantidade suficiente para realizar testes com potenciais clientes e, quem sabe, realizar as primeiras vendas. Todas essas informações são importantes para se realizar uma análise de investimento.

**Aprendizados importantes do Escalab:** *Qual o tamanho ideal de uma planta piloto? É importante lembrar que quanto menor o tamanho de uma planta piloto, menor é o investimento, mais fácil sua operação e menor é o risco envolvido. Mas, uma planta piloto muito pequena pode não ser capaz de dar todas as informações e os resultados necessários para se pensar o processo em escala industrial e testar o produto e processo. Assim, a planta piloto deve ter o menor tamanho que possibilite simular e entender os processos em nível industrial (obter parâmetros importantes para o projeto industrial) além de produzir quantidades de produtos necessárias para os testes com clientes.*

*Como captar esses projetos com indústrias?*

Para se conectar às indústrias, o Escalab tem um time de 3 pessoas que atuam exclusivamente na área comercial, mapeando e fazendo contato com mais de 450 indústrias por mês o que leva a 3-6 reuniões com diferentes indústrias por semana.

***Aprendizados importantes do Escalab:*** *para se conectar com a indústria é necessário pensar muito bem o que será ofertado: qual a proposta de valor para essas indústrias? Ter uma excelente comunicação e fazer um trabalho intenso de conexão/comercial.*

Além disso, o Escalab percebeu que somente o típico P&D com experimentos de laboratório não atendia todas as demandas das indústrias.

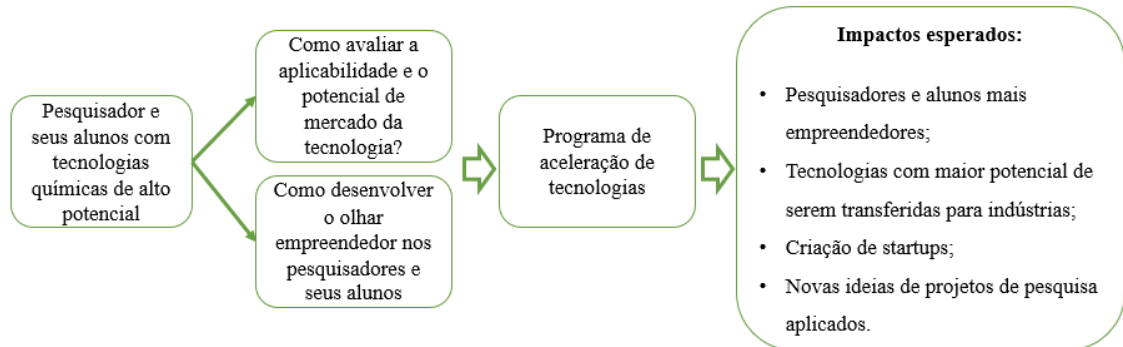
***Aprendizados importantes do Escalab:*** *Depois de várias interações com diferentes indústrias foi possível perceber que, na maioria dos casos, a realização do P&D típico de um grupo de pesquisa acadêmico, que termina normalmente na forma de um relatório com muitas informações técnicas, não é suficiente para ajudar a indústria a tomar decisões para avançar no processo de desenvolvimento e inovação. Uma oferta mais completa que traga junto do P&D dados simples sobre questões de viabilidade técnica e econômica pode ajudar muito no processo de desenvolvimento e inovação de uma empresa.*

#### **5.3.4 Programas de pré-aceleração como caminho de empreendedorismo para pesquisadores levarem suas pesquisas ao mercado – os programas realizados pelo Escalab**

O Escalab tem realizado vários programas de pré-aceleração e aceleração de tecnologias de universidades nos últimos 5 anos. Esses programas têm dois efeitos principais: (i) estimular o comportamento empreendedor em pesquisadores e alunos (graduandos e pós-graduandos) e (ii) avaliar o potencial industrial e de mercado de tecnologias.

A Figura 10 apresenta os potenciais impactos esperados a partir da realização dos programas de pré-aceleração e aceleração realizados pelo Escalab.



**Figura 10:** Impactos esperados de programas de aceleração de tecnologias.

Fonte: elaborada pelo autor (2024)

***Aprendizados importantes do ESCALAB:*** Esses programas de pré-aceleração ou aceleração combinam duas coisas poderosas: os pesquisadores são orientados para avaliar suas tecnologias nos aspectos de viabilidade técnica e econômica e, na medida em que fazem isso, desenvolvem comportamento empreendedor e formatam suas tecnologias para o mercado e para a indústria.

A tabela a seguir apresenta alguns exemplos de programas de pré-aceleração e aceleração realizados pelos Escalab.

**Tabela 2:** Programas de pré-aceleração e aceleração realizados pelo Escalab

Programa	Descrição
Laboratório de Negócio Midas, 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de pré-aceleração realizado dentro do INCT MIDAS com participação de todo Brasil;</li> <li>42 tecnologias mapeadas, 10 selecionadas, 4 meses de programa online com momentos presenciais.</li> </ul>
Escale-se 2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa realizado em MG com recursos FAPEMIG e da RHI Magnesita;</li> <li>66 tecnologias inscritas, 21 selecionadas com 4 <i>startups</i> criadas que obtiveram diversas fontes de financiamento.</li> </ul>
INCT Bionat 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oficina de empreendedorismo realizado com recursos do INCT Bionat com 12 tecnologias.</li> </ul>

**Tabela 3:** Programas de pré-aceleração e aceleração realizados pelo Escalab (continuação)

Programa	Descrição
Escale-se Summit 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa realizado com recursos de 5 atores: FAPEMIG, CFQ, Bioconverter, Granioter e Supergasbras;</li> <li>• 70 tecnologias inscritas, das quais 10 foram selecionadas para a fase de diagnóstico (programa em andamento).</li> </ul>

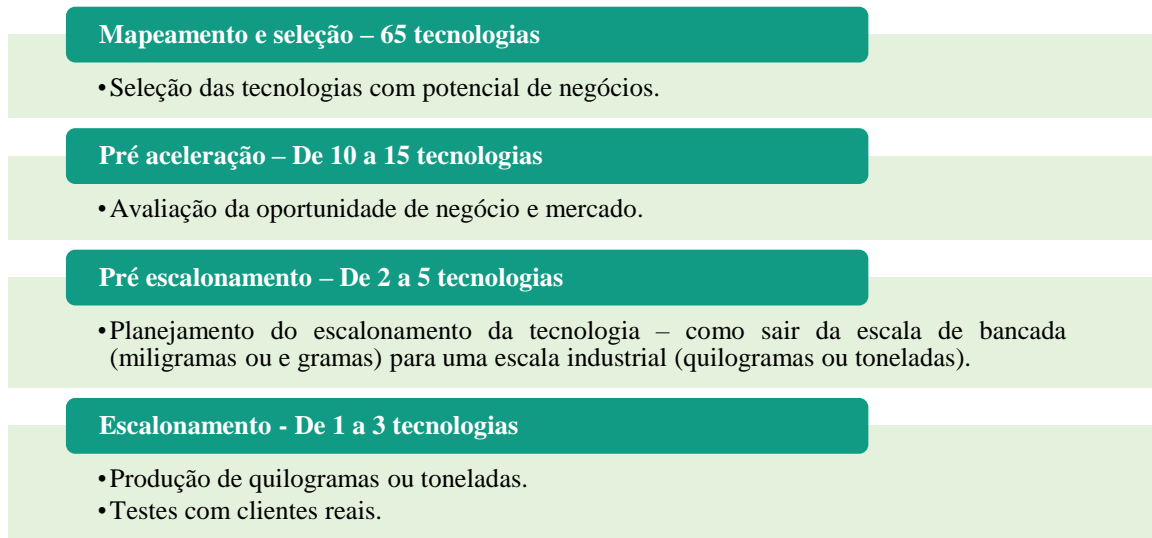
**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

### ***Um exemplo de Programa de Aceleração Escalab: Escale-se.***

Escale-se, um programa de inovação aberta do Escalab, foi idealizado em conjunto com outros atores, sendo eles o INCT Midas, o hub de inovação da FIEMG (FIEMG Lab), o CIT Senai MG e Biominas Brasil. Além disso, o Escale-se contou com o apoio da FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e da Empresa multinacional de refratários RHI Magnesita (instituição madrinha) (BARBOSA *et al.*, 2022).

A primeira edição do Escale-se teve início em março de 2021, com a publicação do edital e teve término em dezembro de 2022. O edital contemplava a participação de pesquisadores, professores, técnicos, alunos de graduação e pós graduação de ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia) ou incubadores de Minas Gerais. O edital contou com as seguintes etapas: divulgação de edital, inscrição e seleção, pré-aceleração, pré-escalamento e escalamento de tecnologias (Figura 11). Em cada uma dessas etapas as tecnologias foram selecionadas de acordo com critérios específicos para avançar para a próxima etapa (BARBOSA *et al.*, 2022).

**Figura 11:** Etapas do programa de inovação aberta do Escale-se.



**Fonte:** Adaptado de (REZENDE, 2021)

Durante a execução do programa, as tecnologias selecionadas foram avaliadas de acordo com alguns critérios, como viabilidade técnica, econômica e de mercado do novo produto ou processo. Nesse programa, além de pesquisadores que dominam toda a parte técnica da tecnologia, é desejável também a participação de outros profissionais com conhecimentos e vivências prática em diferentes áreas de negócios (BARBOSA *et al.*, 2022). Esses programas de pré-aceleração/aceleração e seus impactos na transferência de tecnologia e criação de *startups* serão descritos em detalhes em um próximo trabalho.

### **5.3.5 Programas de inovação aberta com indústria que buscam tecnologias em universidades**

O Escalab também executa programas de Inovação Aberta com indústrias. Nesses programas, as indústrias levam seus desafios tecnológicos para as universidades de todo o Brasil. A ideia é mapear pesquisadores e suas tecnologias que possam resolver esses desafios e, em caso de viabilidade técnica e econômica, que essas tecnologias sejam transferidas para as indústrias ou resultem na criação de *startups* que prestem um serviço para as indústrias. Esses programas são estruturados, executados e gerenciados pelo setor de NN&E (Novos Negócios e Empreendedorismo) do Escalab.

Exemplos de programas de inovação abertas com indústria desenvolvidos pelo Escalab podem ser visualizados na tabela a seguir:

**Tabela 3:** Programas de inovação aberta com indústria realizados pelo Escalab

<b>Programa</b>	<b>Descrição</b>
Minerall (2018-2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samarco</li> <li>• 17 tecnologias</li> <li>• 4 <i>startups</i>, 20 mil toneladas de rejeitos processadas</li> </ul>
SBQ Acelera (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SBQ, ABIQUIM, Oxiteno, Rhodia</li> <li>• 42 tecnologias, 10 selecionadas</li> <li>• 1 tecnologia em teste na indústria, 1 startup criada</li> </ul>
Mining Lab Begginings: Jarosita (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nexa Mineradora</li> <li>• 42 tecnologias, 7 selecionadas</li> <li>• 1 startup, 1 tecnologia transferida, R\$ 4 M investidos em unidade industrial</li> </ul>
Mining Lab Begginings: Gesso Brasil-Peru (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nexa Mineradora</li> <li>• 72 tecnologias, 10 selecionados</li> <li>• 4 tecnologias em fase de POC</li> </ul>
Mining Lab Begginings: Efluente (2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nexa Mineradora</li> <li>• 68 tecnologias, 8 selecionados</li> <li>• 4 tecnologias em fase de POC</li> </ul>

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2024)

A execução de programas de inovação aberta geralmente é realizada em cinco etapas:

**Parceria:** A primeira etapa dos programas de inovação aberta tem início a partir de uma parceria entre o Escalab e uma ou mais indústrias, as quais definirão de 1-5 desafios a serem resolvidos. Esses desafios geralmente estão relacionados à resolução de problemas identificados dentro da indústria.

**Editais:** Na segunda etapa é preparado um edital com todas as regras do programa.

**Divulgação, inscrições e seleção:** Na terceira etapa, tem-se a divulgação do edital para todas as universidades brasileiras, de modo que professores, alunos e pesquisadores possam inscrever suas tecnologias para tentar solucionar os problemas definidos no edital. A seleção é um processo muito importante para que os melhores projetos possam ser escolhidos. Ela é feita a partir de uma pré-seleção baseada em um formulário preenchido pelos candidatos e posteriormente por uma entrevista online.

**Execução das atividades com as equipes selecionadas:** Posteriormente, as equipes selecionadas dão início ao programa, no qual receberão toda a orientação (mentorias, capacitações, bancas avaliativas) e ferramentas para a construção de um novo negócio. Essas equipes avaliarão suas tecnologias através de um plano de trabalho com metodologia que

envolve aspectos técnicos (desenvolvimento tecnológico) e mercadológicos (modelagem de negócios). Todo esse processo é acompanhado e gerido de perto pela equipe do Escalab. (BARBOSA *et al.*, 2022)

### **5.3.6 Escalab – Programa de “go-to-market” para Startups**

Muitos pesquisadores e seus alunos que passam por esses programas de aceleração e programas de inovação aberta com indústrias, chegam até o Escalab com um time de pesquisadores empreendedores muito entusiasmados, tecnologia com bom nível de maturidade, algumas já escalonadas, testadas e validadas. No entanto, esses pesquisadores empreendedores, normalmente, não sabem dar os próximos passos, como por exemplo buscar um investidor, montar uma operação industrial e comercial, entre outros. O programa Escalab “go-to-market” ajuda essas equipes estruturarem comercial/industrialmente uma empresa, a realizar primeiras vendas e buscar investidores, através de um trabalho mais intenso e personalizado. O Escalab tem hoje 3 *startups* participando desse programa.

### **5.3.7 Organograma Escalab**

O Escalab, para atender todas as demandas descritas anteriormente, se estruturou em vários setores. Atualmente, o Escalab conta com 35 pessoas, com 2 professores, 3 pós-doutorandos, vários mestres, graduados e graduandos. Nesse time, a maior parte é de químicos, mas fazem parte também engenheiros, pessoas da área de comunicação, gestão e até mesmo um psicólogo (recursos humanos). O Escalab está dividido nos seguintes setores:

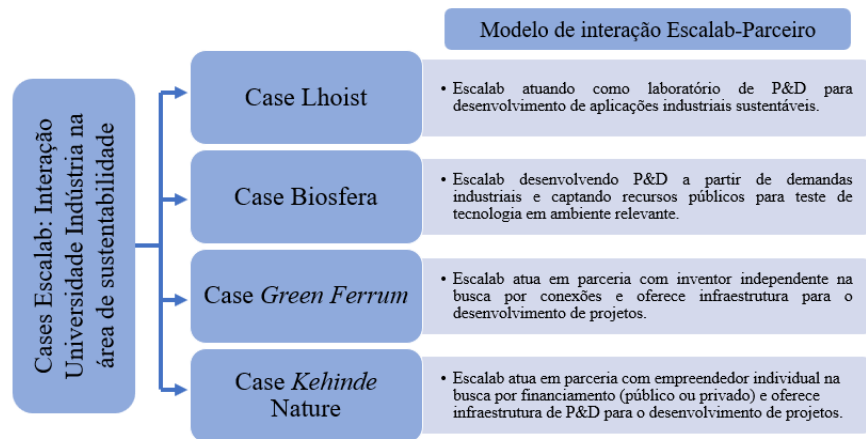
- Diretoria;
- Setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D);
- Setor de Escalonamento;
- Setor de Novos Negócios e Empreendedorismo (NN&E);
- Setor de ESG;
- Setor de comunicação, comercial, redes e Recursos Humanos (RH).

## **5.4 Cases do Escalab na área de sustentabilidade**

Desde o ano de 2018, quando foi estruturado, o Escalab desenvolveu diversos projetos na área de sustentabilidade, interagindo com diversos atores da quintupla hélice (universidade, governo, indústria, meio ambiente e sociedade) com o objetivo principal de promover um futuro

mais sustentável. Nesse tópico será apresentado quatro casos desenvolvidos pelo Escalab com atores externos (indústria, mineradoras, inventor independente e empreendedor individual), com foco na área de sustentabilidade. A Figura 12, apresenta os casos na área de sustentabilidade, que serão descritos em detalhes na sequência, e o modelo de interação entre o Escalab e o parceiro principal do projeto.

**Figura 12:** Exemplos de cases na área de sustentabilidade realizados pelo Escalab



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

#### 5.4.1 CASE LHOIST: Escalab atuando como laboratório de P&D para desenvolvimento de aplicações industriais SUSTENTÁVEIS

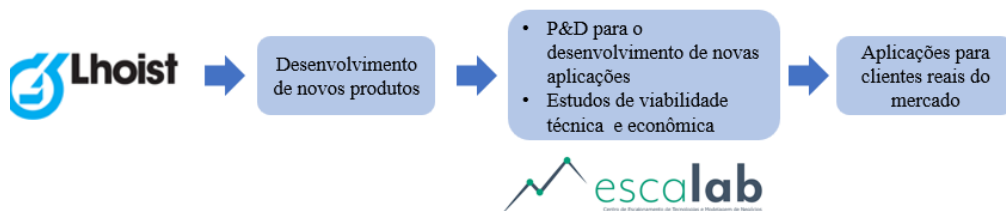
##### Resumo

Esse projeto foi desenvolvido pelo Escalab em parceria com o grupo Lhoist com o intuito de desenvolver novas aplicações para uma linha de produtos desenvolvidos pelo grupo Lhoist: a linha Neutralac®, produtos compostos por uma suspensão concentrada de cal. As novas aplicações da linha Neutralac® foram direcionadas ao tratamento do licor amoniacal (resíduo gerado durante o processo de tratamento de coque), em especial à substituição da soda cáustica (NaOH), produto usualmente utilizado durante o processo de remoção de amônia de resíduos siderúrgicos. Para confirmação da nova aplicação, o Escalab estruturou testes direcionados em escala laboratorial para comprovação da eficiência do Neutralac® em comparação ao NaOH na remoção da amônia e outros contaminantes (cianeto e fluoreto) do licor amoniacal. Os testes foram realizados em condições próximas as condições reais (planta industrial) e comprovaram a eficiência da linha Neutralac® em comparação ao NaOH: remoções semelhantes de NH<sub>3</sub> e cianeto e remoção adicional de fluoreto (94%) durante a etapa iniciais de tratamento do licor

amoniacal. Além de maior eficiência, a substituição do NaOH pela linha Neutralac® no tratamento do licor amoniacal demonstra ser viável do ponto de vista econômico e técnico (EVTE), com redução significativa dos gastos e com menor riscos associados ao seu manuseio (mais segurança na sua utilização).

Como próximos passos do projeto, o grupo Lhoist tem realizado testes de validação da linha Neutralac® com clientes reais do mercado, com o intuito de substituir a soda caustica pelo Neutralac® no tratamento do licor amoniacal com clientes reais do mercado (Figura 13).

**Figura 13:** Interação Escalab – Grupo Lhoist para o desenvolvimento de novas aplicações do produto a base de cal (Projeto de P&D)



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

### Grupo Lhoist

O grupo Lhoist é líder mundial na produção de Cal (Calcítica e Dolomítica) e Minerais, cuja sede foi inaugurada em 1989 por Hippolyte Dumont na Bélgica. Em pouco mais de um século, a empresa expandiu-se internacionalmente (França em 1926 e Estados Unidos em 1980) e hoje encontra-se presente em 25 países, contando com 100 unidades industriais ao redor do mundo (Figura 14). Em território brasileiro, o Grupo Lhoist (Lhoist América Latina - LTA) teve sua primeira indústria inaugurada em 2003 por meio da aquisição da divisão de cal indústria da Votorantim em 2004. Atualmente, a LTA conta com 9 unidades fabris/escritórios no Brasil, Chile e Colômbia cuja capacidade de produção encontra-se próximo a 2,5 milhões de toneladas de cal e 3 milhões de toneladas de calcário por ano (LHOIST, 2023a).

**Figura 14:** Países com atuação do grupo Lhoist



Fonte: disponível em (LHOIST, 2023a)

Somente nas últimas décadas a produção do Grupo Lhoist multiplicou-se por 10 e volume de negócios por 40. Com um volume crescente de produção, o mercado de atuação do grupo Lhoist encontra-se em constante expansão para novos territórios, tendo como foco principal atender as necessidades existentes e emergentes dos clientes. Além dos novos mercados, o Grupo também investe em novas instalações e no desenvolvimento do seu portfólio de produtos e soluções inovadoras relacionadas à utilização dos seus produtos (Cal (Calcítica e Dolomítica) e Minerais) (LHOIST, 2023a).

### **Produtos à base de cal e desenvolvimento de novas aplicações**

Os produtos à base de cal desempenham um papel essencial no setor de mineração durante o processo de extração de ferro e aço, além de serem utilizados para a extração de outros metais como o alumínio, cobre, ouro, níquel e cobalto. A cal também possui grande relevância no processo de refino pirometalúrgico e na fundição de diversos metais não ferrosos. Ademais, os produtos à base de cal podem ser aplicados também no tratamento de efluentes e rejeitos, na sedimentação e filtração. Dentre esses produtos podemos citar a cal (CaO) e a cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) (LHOIST, 2023b).

Com áreas de aplicações voltadas a indústria, construção civil, meio ambiente e agricultura, o mercado dos produtos à base de cal possui um grande potencial de expansão, principalmente no que diz respeito a novas aplicações. Pensando nisso, o grupo Lhoist desenvolveu uma linha de produtos à base de uma suspensão concentrada de Cal, denominada Neutralac<sup>®</sup>, cujos produtos principais são o Neutralac<sup>®</sup> SL 30 e Neutralac<sup>®</sup> SLS 45, com o intuito de desenvolver novas aplicações e expandir seu mercado.



No entanto, para o desenvolvimento de novas aplicações dos produtos de cal faz-se essencial a realização de pesquisas intensas em nível laboratorial (setor de pesquisa e desenvolvimento – P&D), com o intuito de estudar e conhecer todos os fatores relacionados a essa possível aplicação, assim como verificar a viabilidade e possíveis limitações do processo. Uma vez que não possui a infraestrutura necessária para a realização das pesquisas necessárias, faz-se necessário por parte do grupo Lhoist procurar soluções alternativas para o desenvolvimento do P&D. Uma das formas que o grupo Lhoist possui para a realização dessa pesquisa, visando o desenvolvimento de produtos, é por meio da inovação aberta, na qual a empresa interage com uma universidade em busca de auxílio na execução da pesquisa. Essa interação possibilita à empresa ter acesso a especialistas, infraestrutura e todo o conhecimento necessário para a execução do P&D.

Nesse cenário, o Escalab possui capacidade para atuar com um braço de desenvolvimento de aplicações para o grupo Lhoist, proporcionando ao cliente infraestrutura adequada para a execução de projetos de P&D, conhecimento da rede de pesquisadores INCT Midas, equipe qualificada e organização para trabalhar com empresas. Desse modo, o grupo Lhoist realizou um projeto de P&D em conjunto com o Escalab para o desenvolvimento de novas aplicações da linha Neutralac®, intitulado “Teste em escala de laboratório para remoção de amônia, fluoreto e cianeto do licor amoniacal de planta de coque utilizando o Neutralac® SLS45”.

Esse projeto teve como objetivo comprovar a eficiência do uso do Neutralac® SLS45 (suspensão concentrada de cal a 45% m/m) no processo de remoção de amônia do licor amoniacal em torres de destilação (air stripping), em comparação ao reagente comumente utilizado o hidróxido de sódio (NaOH), visando sua substituição. Além disso, o projeto teve como intuito comprovar remoção adicional de cianeto e fluoreto do licor amoniacal pela utilização do Neutralac® SLS45 na etapa de air stripping.

### **Licor Amoniacal de Siderúrgicas**

O licor amoniacal é um efluente da planta carboquímica, constituído pelas correntes de água geradas durante o tratamento do gás de coqueria (COG). Esse efluente possui níveis significativos de contaminantes, entre eles o nitrogênio amoniacal, fenóis, cianetos, fluoretos e sulfetos (VIEIRA, 2004). A Tabela 4 mostra os valores típicos de contaminantes do efluente de coqueria. Seu tratamento é normalmente realizado através da associação de processos biológicos e físico-químicos, dentre eles a destilação a vapor (para remoção de vapores de

amônia) e coagulação/floculação para remoção de cianeto ( $\text{CN}^-$ ) e fluoreto ( $\text{F}^-$ ) (SUNDHOLM, 1999).

**Tabela 4:** Valores típicos dos contaminantes no licor amoniacal

<b>Constituinte</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
Amônia	5500 - 10000
Cianeto	200 - 500
Fluoreto	90 - 100
Sulfeto	500 - 4500
Fenóis	550-600

**Fonte:** Adaptado de (VIEIRA, 2004)

### **Estratégia Experimental Escalab**

Para comprovar a eficiência do Neutralac® SLS45 em comparação ao NaOH no tratamento do licor amoniacal (em especial na etapa de air stripping) deve-se primeiramente comprovar que o efluente tratado com Neutralac® SLS45 possui níveis residuais de amônia ( $\text{NH}_3$ ) semelhantes ao efluente após tratamento com o NaOH (quantidades residuais de amônia são removidas em processos posteriores). Para comprovar a eficiência da utilização do Neutralac® SLS45 em relação ao NaOH deve-se ainda, comparar os níveis residuais de cianeto ( $\text{CN}^-$ ) e fluoreto ( $\text{F}^-$ ) do licor amoniacal após tratamento de air stripping utilizando-se NaOH e Neutralac® SLS45. Os valores obtidos para o Neutralac® SLS45 devem ser próximos ou superiores aos encontrados com a utilização do NaOH, para sua utilização ser viável do ponto de vista técnico no tratamento do licor amoniacal via processo de air stripping.

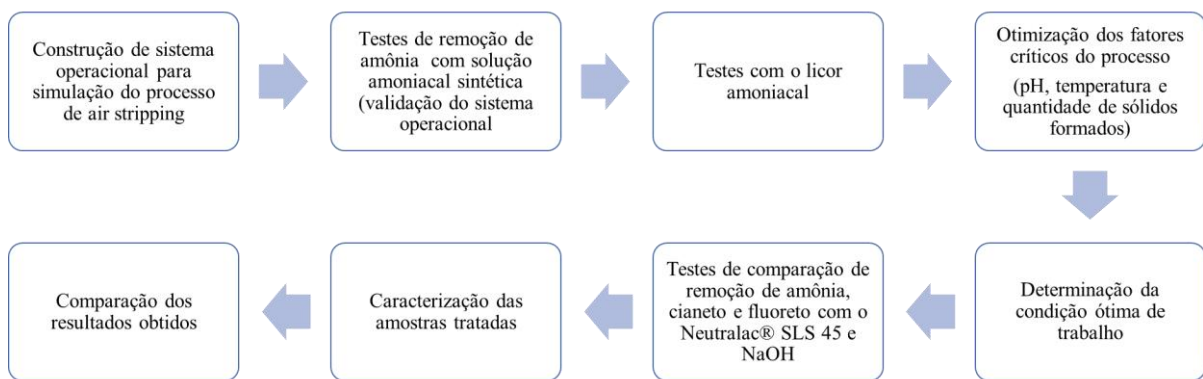
Além desses parâmetros, deve-se comprovar que a utilização do Neutralac® SLS45 não gere incrustação na torre de stripping de amônia, ou, se houver, que não seja limitadora para o processo. Para comprovação desses dois aspectos o projeto desenvolvido pelo Escalab em parceria com o grupo Lhoist foi realizado em duas etapas principais:

Etapa 1: Simulação em escala laboratorial do processo de air stripping para remoção de amônia utilizando-se NaOH e Neutralac® SLS45;

Etapa 2: Simulação em escala laboratorial do processo de coagulação/floculação utilizando-se Neutralac® SLS45 para remoção de cianeto e fluoreto.

Para a simulação laboratorial do processo industrial de air stripping para remoção de amônia, uma pesquisa intensa de P&D foi realizado em diferentes etapas (Figura 15) para compreensão do processo em estudo, validação dos sistemas utilizados (condições reacionais) e otimização dos fatores que afetam a reação.

**Figura 15** – Micro etapas realizadas durante os testes de simulação laboratorial do air stripping para remoção de amônia (Etapa 1) – comparação entre NaOH e Neutralac SLS45



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### Resultados obtidos projeto Lhoist

Após a realização do estudo completo em escala laboratorial, os resultados obtidos (Tabela 5) mostram que a utilização do Neutralac® em substituição a soda cáustica (NaOH) apresenta vantagens significativas.

**Tabela 5:** Resultados obtidos de remoção de amônia, cianeto e fluoreto para processo de tratamento do licor amoniacal utilizando-se NaOH e Neutralac®

Produto utilizado no tratamento do licor amoniacal	Remoção de amônia (%)	Remoção de cianeto (%)	Remoção de fluoreto (%)
NaOH	76	92	0
Neutralac® SLS45	71	78	94

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

A partir dos resultados obtidos, observa-se que o Neutralac® possui eficiência semelhante ao NaOH para a remoção de amônia (71% e 76% respectivamente) e na remoção de cianeto (78% de remoção para o SLS45® e 92% para o NaOH). O principal diferencial encontrado na utilização Neutralac SLS45® para o tratamento do licor amoniacal em comparação ao NaOH está relacionado a remoção adicional de fluoreto (94% de remoção) já na etapa de air stripping, contaminante esse que não é removido pela adição do NaOH (O Neutralac®, uma suspensão concentrada cal (Ca(OH)<sub>2</sub> em contato com o íons fluoreto (F<sup>-</sup>) reage formado o composto sólido (difluoreto de cálcio – CaF<sub>2</sub>) que precipita no meio reacional. A reação que exemplifica esse processo, está descrita a seguir:  $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{F}^- \rightarrow \text{CaF}_{2(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ ).

Em adição aos fatores descritos anteriormente, os ensaios laboratoriais foram conduzidos de forma a diminuir a quantidade de sólido formado pela adição de Neutralac SLS45®, evitando assim a formação de incrustações na torre de destilação de amônia.

Em conjunto a realização do P&D, o grupo Lhoist realizou também um Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) simplificado, cujos dados obtidos apontam outros benefícios da utilização do Neutralac SLS45® em substituição a soda, como menor custo de aquisição (quantidade utilizada versus curso de mercado) e menor periculosidade no seu manuseio.

A realização da etapa 2 (Simulação em escala laboratorial do processo de coagulação/floculação utilizando-se Neutralac® SLS45 para remoção de cianeto e fluoreto), teve como objetivo comprovar a remoção de cianeto e fluoreto (adicional a do air stripping) quando utiliza-se o Neutralac® SLS45 como agente corretor do pH em comparação ao NaOH.

Após a otimização das condições de reação, constatou-se menor teor de contaminantes para as amostras cujo pH foi ajustado com Neutralac® SLS45 em comparação com o NaOH, confirmando a eficiência na utilização da suspensão aquosa de Cal em relação a soda no processo de coagulação/floculação.

Através das duas etapas, confirmou-se a eficiência da utilização do Neutralac® SLS45 em comparação ao NaOH durante o processo de tratamento do licor amoniacal (air stripping e coagulação/floculação), validando-se a sua nova aplicação nesse processo. Os resultados obtidos foram apresentados primeiramente para o grupo Lhoist e posteriormente a uma siderurgia parceira (cliente em potencial) que utiliza o processo de air stripping como uma das etapas de tratamento do licor amoniacal e que já fazia uso da linha Neutralac® em outros processos.

Atualmente, esse projeto que tem como objetivo a substituição do NaOH pelo Neutralac® SLS45 durante a etapa de remoção de amônia (torres de destilação), encontra-se em etapa de prototipagem - escalonamento da tecnologia em ambiente relevante (50 – 100L). Essa prototipagem está sendo realizada pelo grupo Lhoist em reatores que simulam, com grande precisão, o processo industrial, com o intuito de validar o processo em escala superior àquela utilizada durante os testes no P&D.

### **Análises de pontos positivos e aprendizados – Projeto Grupo Lhoist**

Ao término de cada projeto, o Escalab realiza com seus colaboradores e clientes reuniões de feedback do projeto, com o intuito de analisar os pontos positivos (a serem perpetuados para os próximos projetos) e os aprendizados (pontos a serem melhorados ou aprimorados para projetos futuros).

Para o projeto Escalab desenvolvido em parceria com o grupo Lhoist, alguns dos pontos positivos foram:

- Projeto que possibilitou a interação Universidade com duas empresas de ramos diferentes (Grupo Lhoist mineradora e siderúrgica);
- Desenvolvimento de relação de confiança com o Grupo Lhoist, relacionada as questões de sigilo (contrato de confidencialidade, fornecimento de informações sensíveis, entre outros);
- A realização do projeto de P&D entre o Escalab e o grupo Lhoist para o desenvolvimento de novas aplicações da linha Neutralac® proporcionou a assinatura de contrato entre o grupo Lhoist e uma siderurgica parceira, possibilitando um aumento da receita para o grupo Lhoist e para o Estado de Minas Gerais;
- A realização do projeto Escalab – Grupo Lhoist, possibilitou a aproximação entre Escalab (Universidade) com um grande grupo da área de mineração, proporcionando a outros projetos de P&D entre as partes interessadas. Atualmente, esse novo projeto encontra-se em fase de negociação (assinatura de contrato);
- Com aporte realizado por parte do Grupo Lhoist, o desenvolvimento do projeto de P&D com o Escalab, proporcionou ao grupo Lhoist os requisitos necessários para tornar possível a participação da Lei do Bem (11.196/2005) para a aquisição de benefício da redução na alíquota de Imposto de Renda e na Contribuição Social sobre o Lucro Líquido a recolher sobre o Lucro Real;

- Possibilidade de desenvolvimento de trabalho acadêmico (dissertação de mestrado) a partir da participação (pesquisa-ação) no projeto Escalab – Grupo Lhoist.

**Aprendizados:** Assim como os pontos positivos do projeto realizado com o Grupo Lhoist, esse projeto trouxe ao Escalab alguns aprendizados:

- Possibilidade de realização de Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) ao cliente, como parte do projeto, com o intuito de colaborar na instalação de planta piloto na siderurgia parceira com dados reais da tecnologia.
- Seria interessante realizar o acompanhamento da implementação do processo (tratamento do licor amoniacal com a adição da suspensão de cal) na siderúrgica parceria pelo Escalab em conjunto com o Grupo Lhoist, com o intuito de possibilitar assistência ao grupo belga;
- Como ponto de atenção temos também a possibilidade de considerar a geração de Propriedade Intelectual durante a execução do projeto, para além da prestação de serviço oferecido pelo Escalab.

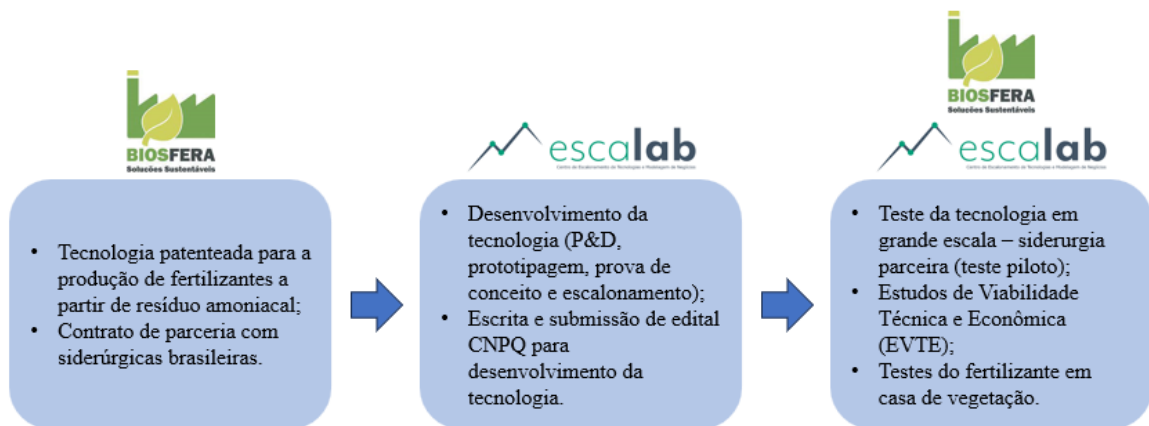
#### **5.4.2 CASE BIOSFERA: Escalab desenvolvendo P&D a partir de demandas industriais e captando recursos públicos para teste de tecnologia em ambiente relevante**

##### **Resumo**

A Biosfera Soluções Ambientais foi criada com o intuito de promover destinações sustentáveis a uma grande quantidade de resíduos. No entanto desenvolver soluções escalonáveis demanda conhecimento específicos e recursos financeiros elevados. O projeto Biosfera-Escalab foi desenvolvido com o intuito de escalonar uma tecnologia desenvolvida pela Biosfera para a produção de fertilizantes a partir de resíduo de siderurgia (licor amoniacal). Nesse projeto o Escalab atuou na captação de recursos financeiros (escrita, submissão e recebimento de edital do CNPQ de aproximadamente 1 milhão para o escalonamento da tecnologia), desenvolvimento de pesquisa direcionada (P&D) para o desenvolvimento da tecnologia, know-how em escalonamento de tecnologia, prototipagem e prova de conceito e fornecimento de infraestrutura para o desenvolvimento de todo o projeto. Composto por cinco etapas: P&D direcionado (protótipo e projeto de planta piloto), construção e operação de planta

piloto, teste de planta piloto na indústria, testes em casa de vegetação, Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) e criação e aceleração de startup (Figura 16), o projeto encontra-se atualmente na fase de construção e operação de planta piloto. A seguir o projeto Biosfera/Escalab - CNPQ será descrito em detalhes.

**Figura 16:** Etapas gerais do projeto Biosfera em parceria com o Escalab



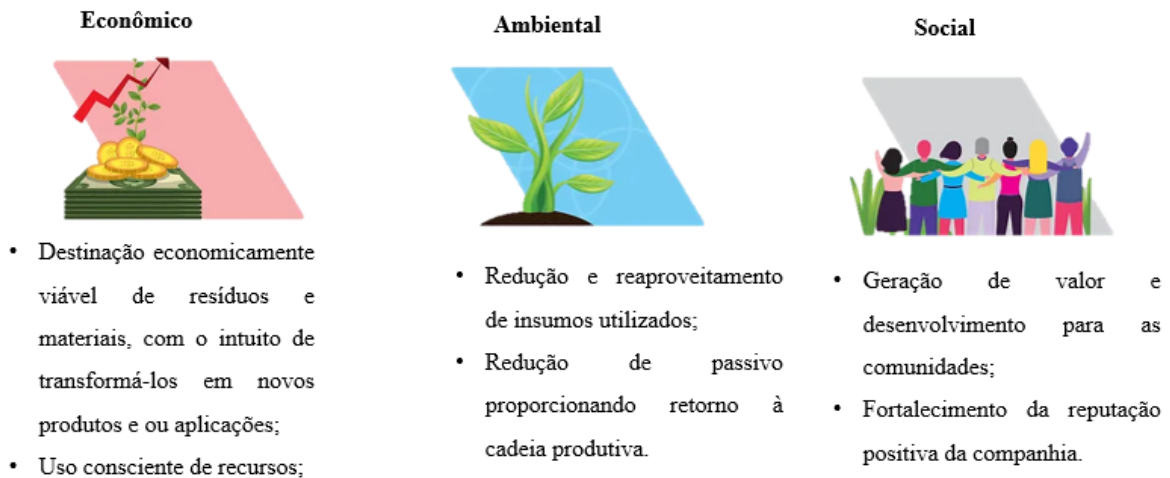
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

### **Biosfera Soluções Ambientais**

A Biosfera Soluções Ambientais surgiu como startup em 2015 dentro da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com o desafio de promover destinações sustentáveis a uma grande variedade de resíduos industriais. Com atuação em grandes siderúrgicas (origem do Case Mobiliza Pelos Caminhos do Vale – destinação agregado siderúrgico para a pavimentação de ruas e estradas rurais na região do Leste Mineiro) a biosfera expandiu-se e em 2017 se configurou como uma empresa de pequeno porte com atuação em grandes siderúrgicas e mineradoras, como a Vale, ArcelorMittal e BHP Billiton.

Atualmente, a Biosfera atua realizando estudos integrados dos processos produtivos de seus clientes, com o intuito de oferecer soluções para a correta destinação, reuso e transformação de resíduos industriais, assim como no tratamento de água e esgoto e na geração de energia. Para isso, a Biosfera conta com três pilares de atuação (Figura 17): Econômico, ambiental e social.

**Figura 17:** Pilares de atuação da Biosfera Soluções Ambientais



**Fonte:** Adaptado de (AMBIENTAIS, 2015)

Dentro do seu portfólios de serviços, a Biosfera desenvolveu uma tecnologia (atualmente em processo de patenteamento pelo INPI – Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) que possui como objetivo a produção de fertilizantes a partir de resíduos siderúrgicos contendo elevados teores de contaminantes nitrogenados. Como exemplo de um resíduo siderúrgico, contendo quantidades significativas de contaminantes nitrogenadas e com grande potencial para a produção de fertilizantes nitrogenados (tecnologia biosfera), encontra-se o licor amoniacal. O licor amoniacal é um efluente de planta carboquímica proveniente da condensação dos vapores gerados durante o processo de produção de Coque (VIEIRA, (2004), cujos teores de componentes nitrogenados encontram-se na faixa de 5500 – 1000 mg/L. Em uma típica planta carboquímica de grande porte, gera-se mensalmente 150 milhões de litros de licor amoniacal e seu tratamento comumente é realizado através de associação de processos físicos/químicos e biológicos (SUNDHOLM, 1999).

Com o intuito de implementar a tecnologia para a produção de fertilizantes a partir do licor amoniacal em siderurgias, torna-se necessária a realização de pesquisas intensas de P&D, validação da tecnologia em escala relevante (protótipo) e o escalonamento da tecnologia em ambiente real (testes com clientes). No entanto, o custo para o escalonamento de tecnologias e implementação dentro do mercado é consideravelmente elevado (só a construção de uma planta piloto pode demandar recursos financeiros na ordem de 150 mil a 1 milhão de reais). Nesse cenário, e com o intuito de evitar o vale da morte das tecnologias, a Biosfera em parceria com o Escalab submeteu uma proposta de pesquisa de PD&I junto ao CNPQ (Conselho Nacional de



Desenvolvimento Científico e Tecnológico) intitulado “Produção de fertilizantes nitrogenados em escala piloto a partir do licor amoniacal e CO<sub>2</sub> da siderurgia: uma rota alternativa sustentável com base na economia circular e redução da emissão de carbono”, com o intuito de adquirir financiamento público para desenvolvimento completo da tecnologia (desde a etapa de P&D a testes em escala piloto e siderurgias).

A referida proposta foi submetida a chamada CNPQ/MCTI/CT-AGRO N° 32/2022, cujo objetivo era apoiar projetos de PD&I para a área de bioinsumos, nutrição de plantas e defensivos agrícolas sustentáveis. A chamada contava com 3 áreas temáticas (Tabela 6), na qual a proposta Biosfera/Escalab para o desenvolvimento de fertilizantes nitrogenados a partir do licor amoniacal, foi aprovada na linha temática 1, recebendo recurso público de aproximadamente 1 milhão de reais para o desenvolvimento da tecnologia (aquisição de material de consumo, equipamentos e materiais permanentes, diárias para visitas técnicas, serviços de terceiros, entre outros).

**Tabela 6:** Linhas temáticas da CHAMADA CNPQ/MCTI/CT-AGRO N° 32/2022 - Apoio a projetos de PD&I para a área de bioinsumos, nutrição de plantas e defensivos agrícolas sustentáveis

<b>Linha temática</b>	<b>Área de pesquisa</b>
<b>1</b>	Pesquisa, desenvolvimento, avaliação e validação de fontes alternativas de nutrientes para a agricultura e de processos de produção de fertilizantes a partir de fontes alternativas, com foco em sustentabilidade econômica e ambiental
<b>2</b>	Pesquisa e desenvolvimento de bioinsumos com foco em bioestimulantes, biofertilizantes, biocondicionadores de solo e inoculantes
<b>3</b>	Pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e/ou processos para controle fitossanitário, incluindo biodefensivos, que apresentem baixo impacto para o meio ambiente e para a saúde humana

**Fonte:** elaboradora pelo autor (2024)

O projeto de PD&I submetido pela Biosfera/Escalab para o desenvolvimento de fertilizantes nitrogenados a partir do licor amoniacal proveniente de siderurgias, foi estruturado em cinco etapas: Protótipo de bancada e projeto conceitual de planta piloto, construção e operacionalização de planta piloto, testes de planta piloto em siderurgia, testes em casa de vegetação dos fertilizantes produzidos, Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) e

criação e aceleração de startup. O projeto possui duração de 36 meses. A descrição simplificada das etapas do projeto e cronograma previsto em cada etapa podem ser consultados na Tabela 7.

**Tabela 7:** Atividades, metas a serem concluídas e cronograma previsto para cada etapa do projeto Biosfera para a síntese de fertilizantes nitrogenados a partir do licor amoniacal

Etapa	Atividades, metas e cronograma previsto para a etapa
<p><b>1.</b> Protótipo de bancada e projeto conceitual de planta piloto</p>	<p><b>Principais atividades:</b>            Construção e operacionalização de protótipo de bancada (1kg por batelada);</p> <p><b>Metas a serem alcançadas:</b>            Processo otimizado, com produção de 10 Kg de produto (intermediário);            Projeto básico e executivo de planta piloto;</p> <p><b>Período para execução:</b>            4 meses</p>
<p><b>2.</b> Construção e operação de planta piloto</p>	<p><b>Principais atividades:</b>            Construção e operacionalização de planta piloto;            Produção dos lotes iniciais de fertilizantes nitrogenados (5 fertilizantes).</p> <p><b>Metas a serem alcançadas:</b>            Planta piloto em funcionamento, com processo otimizado</p> <p><b>Período para execução:</b>            8 meses</p>
<p><b>3.</b> Testes de planta piloto na indústria</p>	<p><b>Principais atividades:</b>            Instalação de planta piloto de 500 L em siderurgia parceira;</p> <p><b>Metas a serem alcançadas:</b>            Planta piloto em funcionamento na siderurgia.</p> <p><b>Período para execução:</b>            6 meses</p>

**Tabela 7:** Atividades, metas a serem concluídas e cronograma previsto para cada etapa do projeto Biosfera para a síntese de fertilizantes nitrogenados a partir do licor amoniacal (continuação)

<b>Etapa</b>	<b>Atividades, metas e cronograma previsto para a etapa</b>
4. Testes em casa de vegetação dos produtos (fertilizantes) obtidos	<p><b>Principais atividades:</b></p> <p>Caracterização dos produtos obtidos;            Testes em casa de vegetação e em campo, utilizando diferentes culturas, dos produtos obtidos;</p> <p><b>Metas a serem alcançadas:</b></p> <p>Testes em casa de vegetação com 2 tipos de solo e com 3 culturas diferentes;            Adequação do produto de acordo com legislação do MAPA (Ministério de Agricultura e Meio Ambiente);            Registro do produto no MAPA;</p> <p><b>Período para execução:</b></p> <p>12 meses</p>
5. Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), criação e aceleração de startup	<p><b>Principais atividades:</b></p> <p>Realização do EVTE da tecnologia em escalonamento;            Criação de empresa e aceleração no BHTec (ou tecnologia transferida)</p> <p><b>Período para execução:</b></p> <p>6 meses</p>

**Fonte:** elaboradora pelo autor (2024)

Atualmente, o projeto encontra-se em fase de finalização da etapa 1 (Protótipo de bancada e projeto conceitual de planta piloto) e início da etapa 2 (Construção e operação de planta piloto). A etapa 1 está sendo realizada dentro dos laboratórios do ESCALAB localizados na UFMG, os quais contém toda a infraestrutura para o estágio inicial do escalonamento da tecnologia. Em paralelo a otimização do processo, a equipe Escalab em parceria com a Biosfera elaboraram o projeto conceitual de planta piloto, com todos os aspectos necessários para a construção e operacionalização da planta piloto (etapa 2). A planta piloto já está sendo construída em espaço adequado para o escalonamento da tecnologia (galpão de escalonamento do Escalab situado no CIT/Senai), com capacidade de 40 L de resíduo tratado por batelada.

**Nota do autor:** A produção do fertilizante a partir do resíduo amoniacal proveniente da siderurgia foi realizado através do borbulhamento de um gás (X) no resíduo, por tempo suficiente para a formação (precipitação) do fertilizante nitrogenado (composto base). Após a precipitação desse fertilizante, o mesmo é separado do meio reacional (licor amoniacal) através de filtração a vácuo. A partir desse fertilizante (composto base) são sintetizados outros fertilizantes, denominados fertilizantes derivados, através de reações com ácidos diversos. O fertilizante base e os derivados são submetidas as análises de caracterização (identificação de possíveis contaminantes e enquadramento da quantidade presente desses contaminantes de acordo com a legislação específica do Ministério da Agricultura e Agropecuária – MAPA) e posteriormente, submetidos a testes em casa de vegetação, para validação da sua eficácia como fertilizantes.

**Observação:** a descrição química do processo não foi descrita no presente trabalho, a exemplo do gás utilizado para a produção do composto base e os ácidos utilizados para a síntese dos fertilizantes derivados, por questões de sigilo da tecnologia.

### **Análises de pontos positivos e aprendizados – Projeto Grupo Biosfera**

Como um projeto de extensão em desenvolvimento, o Escalab ao término de cada projeto realiza com seus colaboradores e clientes (parceiros) reuniões de feedback do projeto, com o intuito de analisar os pontos positivos do projeto (a serem perpetuados para os próximos projetos) e os aprendizados (pontos a serem melhorados ou aprimorados para projetos futuros).

Para o projeto Escalab desenvolvido em parceria com a Biosfera Soluções Ambientais, alguns dos pontos positivos foram:

- Obtenção de recurso público (submissão e aceite de projeto de pesquisa junto a edital do CNPq) para o escalonamento da tecnologia. O Escalab desenvolve expertise na escrita de editais para captação de recurso público.
- Projeto que possibilitou a interação Universidade com duas empresas de ramos diferentes (Biosfera soluções ambientais e siderurgia);
- Possibilidade de realização de projeto envolvendo grande parte das etapas envolvidas no processo de inovação de tecnologias (pesquisa/P&D, realização de Prova de Conceito (POC) e construção de planta piloto e testes em ambiente real (siderurgia);

- Desenvolvimento de relação de confiança com o Grupo Biosfera, relacionada as questões de sigilo (contrato de confidencialidade, fornecimento de informações sensíveis, entre outros), captação de recursos para financiamento da tecnologia, *know-how* em escalonamento da tecnologia;
- A realização do projeto de P&D entre o Escalab e a Biosfera Soluções Ambientais para a síntese de fertilizantes nitrogenados a partir de resíduo amoniacal, proporcionou a assinatura de contrato entre a Biosfera Soluções Ambientais e uma siderurgia parceira, possibilitando um aumento da receita para a Biosfera e para o Estado de Minas Gerais;
- Possibilidade de desenvolvimento de trabalho acadêmico (dissertação de mestrado) a partir da participação (pesquisa-ação) no projeto Escalab – Biosfera Soluções Ambientais.

Assim como os pontos positivos do projeto realizado com a Biosfera Soluções Ambientais, esse projeto trouxe ao Escalab alguns aprendizados:

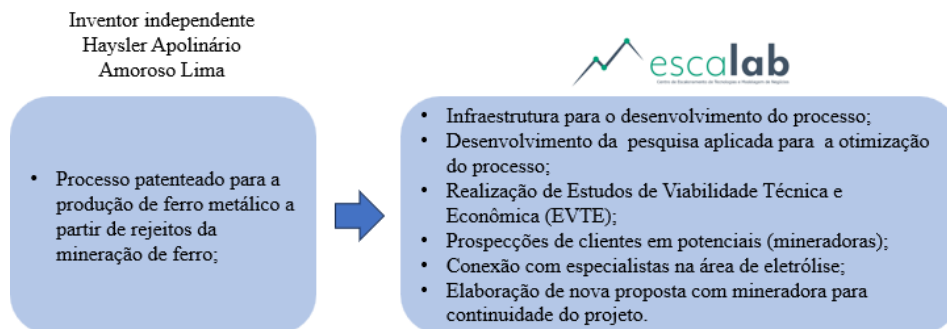
- Durante a execução do projeto, houve a participação de colaboradores da equipe Escalab e da equipe Biosfera Soluções Ambientais, proporcionando uma equipe final relativamente grande e interdisciplinar, cuja comunicação durante os primeiros meses possuía grande potencial de melhoria. Com essa experiência, espera-se que nos próximos projetos onde a equipe seja composta por colaboradores externos ao Escalab a comunicação seja feita de modo assertivo desde o início do projeto;
- Assim como no caso da comunicação, tem-se como ponto de atenção a definição clara e objetiva das funções de cada um dos membros das duas equipes que compõe o projeto biosfera (equipe Escalab e equipe Biosfera) com o intuito de otimizar, entre outros fatores, a realização e prazo de entrega das atividades necessárias à execução do projeto.
- Possibilidade de melhoria no escopo do projeto no que diz respeito ao detalhamento das atividades, prazo de execução e responsáveis;

### 5.4.3 CASE *GREEN FERRUM*: Escalab atua em parceria com inventor independente na busca por conexões e oferece infraestrutura para o desenvolvimento de projetos

#### Resumo:

A startup Green Ferrum foi idealizada por um inventor independente Haysler Apolinário Amoroso Lima, cujo processo patenteado tem como intuito de produzir ferro metálico a partir de rejeito de mineração com teores consideráveis de ferro através do processo de eletrólise. O projeto Escalab-Green ferro foi desenvolvido com o intuito de proporcionar ao inventor independente da tecnologia Green Ferrum infraestrutura adequada, know-how para o desenvolvimento da tecnologia e conexões com o mercado para aplicação da tecnologia com clientes reais. Nesse projeto, o Escalab atuou na prospecção de clientes (projeto realizado em conjunto com a mineradora Vale S.A), realização de P&D direcionado para otimização do processo patenteado, realização de Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE), elaboração de relatórios técnicos e apresentação dos resultados para a Vale S.A (Figura 18).

**Figura 18:** Resumo simples do projeto Green Ferrum



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

#### Projeto *Green Ferrum*

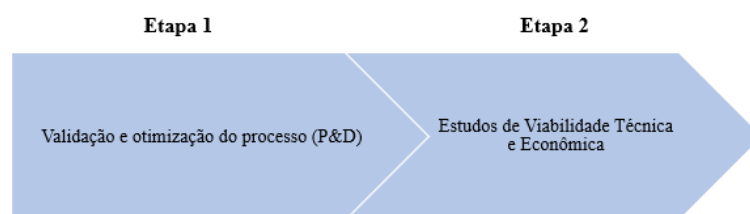
O processo *Green Ferrum* refere-se à produção de ferro metálico a partir da redução direta de minério de ferro, através do tratamento ácido (dissolução do minério de ferro) e subsequente separação de íons por eletrólise, obtendo-se ferro metálico puro ao final do processo. O processo Green Ferrum possibilita a reciclagem do ácido utilizado, possibilitando sua reutilização em processos posteriores (economia circular) e pode ser realizado através do uso energia solar (eletrólise) favorecendo a diminuição da pegada de carbono (LIMA, 2021).

O processo *Green Ferrum* foi desenvolvido e patenteado em 2021 por Haysler Apolinário Amoroso Lima, Engenheiro Metalúrgico formado na Universidade Federal de Ouro Preto (2001) e mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela UFMG, utilizando como base o processo desenvolvido anteriormente pelo autor, o qual descrevia uma rota para a produção de sulfato ferroso através de resíduos (lama de aciaria) através da dissolução ácida com o ácido sulfúrico (LIMA, 2014). Após a obtenção do sulfato ferroso, Haysler Lima dissolveu o sólido obtido em água e em seguida aplicou o processo de eletrólise, no qual foi observado a precipitação de ferro metálico, confirmando a possibilidade de obtenção de ferro metálico a partir de resíduos de mineração e dando origem a sua segunda patente (LIMA, 2021).

Após a validação de sua proposta, de obtenção do ferro metálico a partir da dissolução ácida do minério de ferro e posterior eletrólise, Haysler necessitava de infraestrutura laboratorial para o desenvolvimento e aprimoramento da tecnologia e também conexões com atores chaves com o intuito de obter capital para o desenvolvimento da tecnologia. Nesse cenário, o Escalab possui infraestrutura (P&D e Escalonamento), *Know-how* em escalonamento e um setor especializado conectar parceiros com indústrias interessadas em novas tecnologias.

Desse modo, em 2023, o Escalab desenvolveu um projeto em parceria com a mineradora Vale S.A para o desenvolvimento do processo *Green Ferrum* a partir de duas amostras distintas contendo óxido de ferro (amostra concentrada em óxido de ferro e amostra residual do processo de beneficiamento do minério). Esse projeto contou com a realização de duas etapas principais: uma etapa de P&D (Figura 19) e etapa de realização de um Pré Estudo de Viabilidade Técnico e Econômica (EVTE).

**Figura 19:** Micro etapas de P&D realizadas durante a execução do projeto *Green Ferrum* em parceria com a Vale S.A.



**Fonte:** elaboradora pelo autor (2024)

A etapa de P&D foi realizada com o intuito de otimizar as duas etapas principais para a obtenção de ferro metálico: dissolução do minério de ferro (tratamento ácido) e eletrólise da solução concentrada em íons  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{4-}$  obtido na etapa anterior. Entre os parâmetros estudados

na etapa de tratamento ácido tem-se a concentração de ácido, tempo de reação e temperatura. Para a etapa de eletrólise, realizou-se a otimização de fatores como: eletrodos utilizados e quantidade de eletrodos no sistema (circuito em série e paralelo).

Após a finalização do P&D, com otimização das etapas-chaves e caracterização dos produtos formados, obteve-se o produto de interesse (ferro metálico puro) pelo processo *Green Ferrum* com aproximadamente 70% de rendimento. Esse resultado obtido é promissor para a tecnologia em estudo, no entanto, sabe-se que há um grande potencial de aumentar esse rendimento. Estudos aprofundados dos parâmetros já estudados na eletrólise e o estudo/otimização de outros fatores relevantes à eletrólise não inclusos na proposta inicial, apresentam potencial para a melhoria do rendimento da reação.

A etapa de Pré-EVTE foi realizada em paralelo ao P&D, utilizando os dados obtidos durante sua execução. O Pré-EVTE tem como intuito realizar um estudo das aplicações e/ou processos possíveis de serem aplicados a tecnologia e uma análise inicial de dados de mercado, logística e produção. Os aspectos técnicos e econômicos estudados no projeto *Green Ferrum* em parceria com a Vale S.A podem ser consultados na tabela a seguir:

**Tabela 8:** Aspectos de Viabilidade Técnica e Econômica estudados durante o desenvolvimento da tecnologia *Green Ferrum* em parceria com a Vale S.A.

<b>Aspectos de viabilidade técnica do EVTE</b>	<b>Aspectos de viabilidade econômica do EVTE</b>
1. Fluxograma do processo produtivo; 2. Complexibilidade tecnológica; 3. Maturidade tecnológica.	1. Mercado e segmento para o produto obtido; 2. Valor agregado do produto final.

**Fonte:** elaboradora pelo autor (2024)

Após a finalização das etapas de P&D e Pré-EVTE, realizou-se uma reunião de encerramento do projeto e apresentação dos resultados finais obtidos que contou com a participação de representantes importantes da Vale S.A. Com os resultados obtidos, foi proposto à Vale S.A a continuação do projeto, com o intuito de promover o aumento do rendimento do processo *Green Ferrum* e prosseguir com as próximas etapas necessárias ao escalonamento da tecnologia: como a construção de protótipos e testes em plantas industriais. Os representantes da Vale S.A concluíram que a tecnologia *Green Ferrum* possui grande potencial de aplicação de acordo com os interesses da mineradora, solicitando desse modo, a execução de estudos de aprimoramento da tecnologia e testes em escala piloto. Desse modo, o projeto *Green Ferrum*



encontra-se atualmente em fase de estruturação do segundo projeto pela equipe Escalab, que será executora e fornecerá infraestrutura necessária para a continuação do projeto.

### **Análises de pontos positivos e aprendizados – Projeto *Green Ferrum***

Para o projeto *Green Ferrum*, realizado pelo Escalab em parceria com o inventor independente Haysler Apolinário Amoroso Lima, os pontos positivos do projeto foram:

- Projeto que possibilitou a interação entre Universidade e uma grande empresa representante do setor de mineração de ferro no Brasil;
- Desenvolvimento de uma solução alternativa e com alto valor agregado para os rejeitos provenientes do processo de beneficiamento do minério de ferro;
- Possibilidade de realização de um segundo projeto com a mineradora parceira, com o intuito de otimizar o processo de produção de ferro a partir de rejeito de mineração de ferro;
- Possibilidade de desenvolvimento de trabalho acadêmico (dissertação de mestrado) a partir da participação (pesquisa-ação) no projeto Escalab – *Green Ferrum*;

Assim como os pontos positivos do projeto *Green Ferrum*, esse projeto trouxe ao Escalab alguns aprendizados:

- Possibilidade de estudo de outros fatores relacionados à eletrólise do ferro em solução, que não estavam inclusos no projeto realizado, com o intuito de otimizar o processo e aumentar o rendimento obtido;
- Possibilidade de acompanhamento específico do projeto por pesquisador especialista na área de eletrólise, para melhor direcionamento do projeto e otimização dos resultados;

#### **5.4.4 CASE KEHINDE NATURE: Escalab atua em parceria com inventor independente na busca por financiamento (público ou privado) e oferece infraestrutura de P&D para o desenvolvimento de projetos**

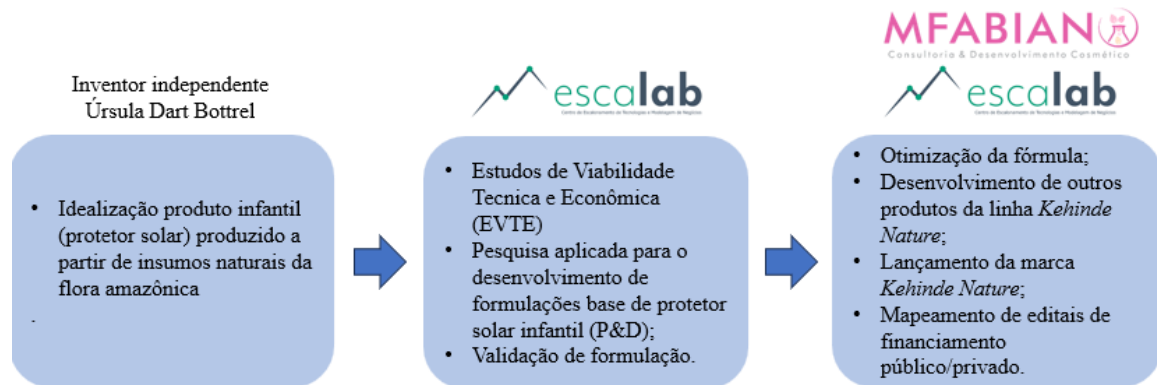
##### **Resumo**

A marca Kehinde Nature foi idealizada pela inventora independente Úrsula Dart Bottrel, com o intuito de oferecer ao público infantil produtos de origem natural, em especial o protetor solar com alto fator de proteção (FPS) desenvolvido a base de insumos naturais da flora brasileira. Para o desenvolvimento da sua linha Úrsula Dart necessitava de um parceiro para desenvolvimento dos seus produtos, desde os estudos iniciais para o desenvolvimento da formulação até o P&D direcionado para produção das formulações, validação da formulação e conexões com possíveis clientes/parceiros. Nesse cenário, o Escalab desenvolveu três projetos em conjunto a Úrsula Dart, com o objetivo final de lançamento da marca Kehinde Nature no mercado:

1. Estudos preliminares de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE);
2. Realização de P&D direcionado para o desenvolvimento das formulações e realização de análises de validação;
3. Otimização da fórmula / Mapeamento de editais públicos para desenvolvimento do produto / Lançamento da marca Kehinde Nature no mercado;

Em todos esses projetos, o Escalab atuou fornecendo infraestrutura necessária para o desenvolvimento do projeto, Know-How em cosméticos (através de conexões com pesquisadores especialistas na área) e mapeamento de editais para o desenvolvimento da tecnologia (Figura 20). Atualmente, o projeto Kehinde Nature encontra-se em etapa final de otimização da formulação do protetor solar (carro chefe da marca) e estudos para o desenvolvimento de outros produtos (shampoo e sabonete líquido infantis).

**Figura 20:** Etapas gerais do projeto Kehinde Nature



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

## O projeto Kehinde Nature

O projeto Kehinde Nature tem como objetivo o desenvolvimento de uma formulação fotoprotetora (protetor solar) voltado ao público infantil, utilizando-se insumos naturais da flora brasileira (principalmente insumos provenientes da Amazônia). O interesse no desenvolvimento do cosmético natural foi idealizado em 2021 pela mestra em comunicação e territorialidades (Universidade Federal do Espírito Santo UFES) Úrsula Dart Bottrel do Nascimento, a partir do seu interesse em proteger seu filho pequeno (8 anos) dos efeitos nocivos das radiações solares utilizando-se de um produto natural. O nome Kehinde foi proposto tendo como base a personagem africana “*Kehinde*” do livro “Um defeito de cor”, personagem negra que após a morte da sua mãe e irmã, começa a trabalhar para tentar comprar sua liberdade, conquistando diversas coisas e enriquecendo durante sua trajetória. No caso do Nature, o nome remete a tudo que é natural, sendo o pilar para a composição dos produtos da marca.

Como idealizadora independente, Úrsula Nascimento não tinha acesso a infraestrutura e especialistas na área de cosmetologia para o desenvolvimento do produto de interesse. Além disso, Úrsula Nascimento não continha todos os recursos necessários para o financiamento de um projeto desse porte. Nesse cenário, o Escalab possui toda a infraestrutura necessária de P&D, acesso a pesquisadores na área de cosmetologia e um setor especializado no mapeamento de recursos (públicos e/ou privados) para o desenvolvimento de projetos.

Desse modo, desde o ano de 2021, O Escalab tem atuado em parceria com a Ursula Nascimento para o desenvolvimento do produto de interesse: protetor solar natural infantil desenvolvido a partir de insumos naturais da flora amazônica. Em 3 anos de parceria foram

desenvolvidos 3 projetos do Escalab em parceria com o Kehinde Nature: 1) Estudos preliminares de Viabilidade Técnica e Econômica, 2) Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para o desenvolvimento de formulações fotoprotetoras e 3) P&D direcionado finalização da formulação e testes de validação. Dos três projetos desenvolvidos em parceria com o Escalab, os dois primeiros encontram-se finalizado e o terceiro em fase de execução.

Como primeira etapa ao desenvolvimento do protetor solar voltada ao público infantil, a equipe Escalab realizou uma prospecção das principais tendências do setor de cosméticos (principalmente o de protetor solar) seguido pela realização do Pré-EVTE (Projeto 1). Durante a realização do Pré-EVTE diversos aspectos foram estudados (Tabela 9), englobando desde uma análise de mercado (principais legislações que regem o setor, concorrentes, entre outros) até o mapeamento de insumos a serem utilizados de acordo com os critérios da cliente e proposição de formulações (spray e creme) a serem desenvolvidas.

**Tabela 9:** Aspectos de Pré-EVTE realizados durante o Projeto 1 para o desenvolvimento de protetor solar infantil a base de insumos naturais da flora brasileira

Item em estudo	Aspectos levantados
1. Tecnologia e Mercado	<p><b>Tecnologia:</b> Levantamento de informações sobre os insumos básicos a serem utilizados em uma formulação de protetor solar (ingredientes ativos e veículos).</p> <p><b>Mercado:</b> posicionamento do Brasil no ranking mundial do mercado de protetores solares, potencial financeiro do mercado dos protetores solares, levantamento de dados sobre a conscientização ambiental da população mundial em relação aos produtos naturais</p>
2. Legislações	<p>Levantamento dos órgãos responsáveis pela fiscalização, estabelecimento de normas técnicas, levantamento de dados e análise do setor de cosméticos (com foco nos protetores solares);</p> <p>Levantamento das principais legislações que regulamentam a produção dos protetores solares e que regulamento os requisitos para a certificação orgânica desses produtos.</p>

**Tabela 9:** Aspectos de Pré-EVTE realizados durante o Projeto 1 para o desenvolvimento de protetor solar infantil a base de insumos naturais da flora brasileira (continuação)

Item em estudo	Aspectos levantados
3. Selos e Certificações	<p>Levantamento de certificações e/ou selos que possam agregar valor ao produto a ser desenvolvido e ao consumidor. Exemplos: Cruelty Free, Vegano, Ecocert entre outros.</p> <p>Requisitos necessários para a obtenção dos referidos selos e certificações.</p>
4. Proposição de formulações	<p>Levantamento em banco de dados (artigos e patentes) e mercado de informações para a proposição de formulações e definição dos insumos a serem utilizados.</p> <p>Proposição de duas formulações base: spray e loção, utilizando como princípio ativo óleos essenciais da flora amazônica (óleo de buriti, copaíba e cenoura). Busca na literatura do FPS (Fator de Proteção Solar) esperado na utilização desses óleos vegetais.</p> <p>Descrição de características, funções e concentração a ser adicionadas nas formulações de cada insumo mapeado.</p>
5. Identificação de concorrentes	<p>Estudo para a identificação dos principais concorrentes do Kehinde Nature no Brasil a partir das características do produto (mercado onde está inserido, diversidade da marca, preço estipulado, selos e certificados, entre outros);</p>
6. Complexibilidade tecnológica	<p>Levantamento de informações sobre a complexibilidade para a produção do protetor solar em laboratório, como equipamentos necessários e etapas do processo produtivo.</p> <p>Estimativa de preços para a aquisição de equipamentos para a produção em batelada (protótipo).</p>

**Tabela 8:** Aspectos de Pré-EVTE realizados durante o Projeto 1 para o desenvolvimento de protetor solar infantil a base de insumos naturais da flora brasileira (continuação)

Item em estudo	Aspectos levantados
7. Unidades industriais no Brasil	Identificação de unidades industriais no Brasil para a terceirização das atividades – produção, análises de validação do produto, assessoria de marketing, registro do produto junto a ANVISA, comercialização do protetor solar, entre outros.
8. Embalagens	Estudo das tendências atuais no mercado de embalagens (embalagens sustentáveis produzidas a partir de materiais recicláveis e matérias primas biodegradáveis);  Mapeamentos de embalagens alternativas que estejam alinhadas com o valor Kehinde Nature.

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2024)

Como finalização do projeto 1 - prospecção das principais tendências do setor de cosméticos (principalmente o de protetor solar) seguido pela realização do Pré-EVTE, o Escalab apresentou a Kehinde Nature os próximos passos a serem seguidos para a produção do protetor solar voltado ao público infantil a partir de insumos naturais: a etapa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Nessa próxima etapa, tem-se como intuito a validação das formulações propostas (de acordo com as diretrizes da ANVISA) e definição da melhor formulação base para o produto requerido, de acordo com critérios definidos pela Kehinde Nature. A descrição resumida do projeto 2 desenvolvido pelo Escalab em parceria com a Kehinde Nature será descrito a seguir.

Para o segundo projeto do Kehinde Nature em parceria com o Escalab o objetivo principal estava relacionado ao desenvolvimento de uma formulação base de protetor solar (etapa de P&D) utilizando-se os insumos e informações mapeadas no projeto anterior. Durante sua execução, o projeto foi composto de 4 etapas principais, como mostrado na figura a seguir:

**Figura 21:** Etapas principais do segundo projeto (P&D) do Kehinde Nature em parceria com o Escalab



**Fonte:** elaboradora pelo autor (2024)

A primeira etapa do projeto dedicou-se a aquisição de insumos já mapeados no projeto anterior, em fornecedores cujos produtos possuíam pelo menos um dos seguintes selos: Cruelty

Free, Vegano, Ecocert, entre outros, de modo a garantir que o produto final atenda aos requisitos pré-definidos pelo cliente. Na etapa seguinte – Desenvolvimento de formulações (P&D), a equipe técnica do Escalab realizou o estudo de formulações de modo a obter uma ou mais formulações de protetores solares que se adequem às legislações vigentes. Ao término dessa etapa, desenvolveu-se em escala laboratorial aproximadamente 60 formulações, obtendo-se formulações fotoprotetoras a base de óleo de copaíba, buriti e cenoura. Dessas formulações, 6 amostras foram selecionadas para validação pela cliente (Kehinde Nature), de acordo com três: homogeneidade, espalhabilidade (esbranquiçado deixado na pele) e FPS esperado (quantidade de filtros físicos - óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e óxido de zinco (ZnO) e quantidade de princípio ativo – óleos vegetais).

Para determinação do FPS esperado, utilizou-se a plataforma “Sunscreen Simulator” da Basf para cálculo do FPS esperado dos filtros físicos (TiO<sub>2</sub> e ZnO) de acordo com a porcentagem utilizada para cada um desses componentes (BASF, 2023) e dados disponíveis na literatura para o FPS esperado para os óleos vegetais (Tabela 9).

**Tabela 9:** Fator de Proteção Solar esperado para os óleos de buriti, copaíba e cenoura de acordo com a literatura

<b>Óleo vegetal</b>	<b>FPS esperado</b>
Buriti ( <i>Mauritia flexuosa</i> )	28 a 45
Copaíba ( <i>Copaifera langsdorffii</i> )	Aproximadamente 25
Cenoura ( <i>Daucus carota</i> )	38 a 40

**Fonte:** adaptado de (GOSWAMI, 2013)

Após a validação e feedback das amostras enviadas pela Kehinde Nature, uma amostra (contendo como princípio ativo o óleo de buriti – Figura 22) foi selecionada pela Kehinde Nature para validação de acordo com os critérios definidos na Resolução RDC N° 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022 que dispõe sobre protetores solares e produtos multifuncionais em cosméticos e internaliza a Resolução GMC MERCOSUL n° 08/2011.

**Figura 22:** Formulação escolhida pela Kehinde Nature para as análises de validação (RDC Nº 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022)



**Fonte:** elaborado pelo autor (2024)

De acordo com essa resolução, em seu artigo 12, os protetores solares devem cumprir com os seguintes requisitos:

I - FPS mínimo de 6;

II - FPUVA cujo valor corresponda a, no mínimo,  $\frac{1}{3}$  de FPS declarado na rotulagem e

III - comprimento de onda crítico mínimo de 370 nm.

Além disso, para que o protetor solar tenha em seu rótulo expressões como: “Resistente à água”, “Muito resistente à água”, “Resistente à água/transpiração” deve-se comprovar tais alegações com metodologia indicada na própria resolução (Art 7) (UNIÃO, 2022).

Para comprovação desses requisitos, realizou-se a contratação de serviço em laboratório credenciado pela ANVISA, o Ecolyzer dos seguintes serviços: Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) *in vivo* com prova de resistência a água (metodologia ISSO 24444:2019 e COLIPA – Guidelines for Evaluating Sun Product Water Resistance, 2005) e determinação da capacidade fotoprotetora UVA *in vitro* e comprimento de onda crítico (metodologia ISSO 24444:2019). Os resultados obtidos após a realização dos testes de validação podem ser visualizados na tabela a seguir:



**Tabela 10:** Resultados das análises de validação realizadas de acordo com a RDC N° 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022 para a amostra selecionada e comparação com a os requisitos mínimos exigidos

Teste realizado	Resultado obtido	Requisitos para protetores solares RDC N° 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022 (artigo 12) e interpretação
1. Determinação do FPS <i>in vivo</i> com prova de resistência a água	FPS estático 51,2 FPS úmido 29,1 Percentual de resistência a água de 55,3%	I. FPS de no mínimo 6 O produto é considerado resistente a água e pode ser destinado a pessoas com pele extremamente sensível a queimadura solar (FPS maior que 50 e menor que 100)
2. Determinação da capacidade fotoprotetora para UVA: FPUVA <i>in vitro</i> e comprimento de onda crítico	FPUVA médio igual a 17,3 Comprimento de onda crítico (COC) igual a 380,0 nm	II. FPUVA cujo valor corresponda a no mínimo 1/3 do valor do FPS declarado na rotulagem. III. Comprimento de onda crítico de no mínimo 370 nm

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Desse modo, como conclusão das análises de validação realizadas no laboratório Ecolyzer, para a amostra selecionada, tem-se que o produto formulado pela equipe do Escalab cumpre com todos os requisitos necessários descritos para um protetor solar descrito na RDC 629 de março de 2022 que dispõe sobre protetores solares e produtos multifuncionais em cosméticos e internaliza a Resolução GMC MERCOSUL n° 08/2011. Após a validação inicial da formulação base desenvolvida, de acordo com a legislação vigente, entendeu-se que para a formulação desenvolvida e análise ainda havia pontos de melhoria como: coloração, oleosidade em contato com a pele, espalhabilidade e estabilidade da formulação. Desse modo, após a finalização do projeto 2: P&D e análises de validação, a equipe Escalab em conjunto com o Kehinde Nature deu prosseguimentos aos estudos para a otimização da formula de protetor solar infantil, iniciando-se o projeto 3.

O terceiro projeto do Kehinde Nature em parceria com Escalab, tem como objetivo final o lançamento da marca Kehinde Nature no mercado, tendo como produto principal o protetor solar

natural infantil contendo o óleo de buriti em sua formulação. Para atingir esse objetivo, foram propostas 4 etapas para a execução do projeto, descritas na Tabela 11.

**Tabela 11:** Etapas do terceiro projeto do Kehinde Nature em parceria com o Escalab

Etapas / Parceiros	Descrição geral das atividades
<p>1. Otimização da formulação – P&amp;D avançado</p> <p>Parceria Kehinde</p> <p>Parceria Nature/Escalab com especialista em consultoria e desenvolvimento de cosméticos: MFabiano Consultoria e Desenvolvimento cosméticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliação da formulação desenvolvida pela equipe Escalab;</li> <li>- Indicação de ajustes necessários na formulação;</li> <li>- Testes de bancada para o desenvolvimento de formulação otimizada;</li> <li>- Envio de protótipos para avaliação da cliente (Kehinde Nature/Escalab);</li> <li>- Testes de estabilidade preliminar e avançada;</li> <li>- Preparo da amostra para testes de validação para registro do produto;</li> <li>- Definição do processo de fabricação;</li> <li>- Acompanhamento de produção de lote piloto em empresa terceirizada.</li> </ul>
<p>2. Realização de testes de validação do produto final</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) <i>in vivo</i> com prova de imersão em água;</li> <li>- Determinação da capacidade fotoprotetora para UVA: FPUVA <i>in vitro</i> e comprimento de onda crítico;</li> <li>- Testes de segurança: Irritabilidade Dérmica Primária + Irritabilidade Dérmica Acumulada + Sensibilização Dérmica (HRIPT), fotoalergenicidade e fototoxicidade.</li> </ul>

**Tabela 11:** Etapas do terceiro projeto do Kehinde Nature em parceria com o Escalab (continuação)

<b>Etapas / Parceiros</b>	<b>Descrição geral das atividades</b>
3. Definição de embalagens e fornecedores / produtos predecessores da marca	- Definição da embalagem a ser utilizada seguindo os critérios: embalagens sustentáveis recicladas, biodegradáveis ou que fazem uso de plástico verde; -Alinhamento das embalagens a serem adquiridas de acordo com os produtos a serem lançados: protetor solar, shampoo e sabonete líquido infantil. - Definição de fornecedores; Observação: essa etapa caminha em conjunto com as etapas 1 e 2;
4. Definição da empresa terceirizada	- Definição da empresa terceirizada para a produção de lote piloto do protetor solar;
5. Registro do produto	- Registro do produto na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)
6. Mapeamento de editais	Mapeamento de recursos (públicos e privados) para o financiamento do projeto para o desenvolvimento do protetor solar natural para o público infantil e lançamento da marca no mercado. Observação: essa etapa ocorre simultaneamente às outras etapas.

**Fonte:** elaborado pelo autor (2024)

Para a execução da primeira etapa do terceiro projeto Kehinde Nature/Escalab - Otimização da formulação – P&D avançado, o Escalab entendeu a importância de trazer para o projeto um especialista na área de cosmético que permitisse o aprimoramento da fórmula e registro do produto na ANVISA de acordo com os critérios da Kehinde Nature. Nessa etapa o Escalab conectou-se a 3 especialistas na área, dos quais um foi selecionado, em conjunto com a Kehinde Nature, para realizar a execução da etapa de P&D direcionado. A empresa escolhida foi a MFabiana Consultoria e Desenvolvimento Cosméticos, idealizada em 1998 através dos trabalhos e experiências da atual diretora Márcia Fabiano, cujo foco era desenvolver soluções criativas e personalizadas para diversos públicos. Atualmente, a empresa proporciona aos clientes tecnologias inovadoras em cuidado e beleza, desenvolvendo seus produtos de forma colaborativa com seus clientes (alinhamento empresa-cliente). Além disso, a empresa atua em Pesquisa e Desenvolvimento de novos produtos,

otimização de produtos já existentes e realizada o acompanhamento das tendências e normas do mercado nacional e internacional. Diretora da empresa, a Márcia Fabiano possui formação em farmácia pela UFMG e possui MBA em cosmetologia com ênfase em formulação cosmética pelo ICosmetologia. Além disso, a especialista em cosmetologia possui mais de 25 anos de atuação, vasta experiência no desenvolvimento cosmético e no mercado de matérias primas. Com esses pontos, a Kehinde Nature/Escalab possui como parceira uma empresa que permite o desenvolvimento de produtos exclusivos, de acordo com os interesses do cliente e necessidades do público alvo (“Mfabiana Consultoria e Desenvolvimento cosméticos”, 2023).

Com a parceria firmada com o MFabiano Consultoria e Desenvolvimento, a primeira etapa do terceiro projeto do Kehinde Nature/Escalab teve início em setembro de 2023, contando com o prazo de 180 dias para sua execução. Até o presente momento, a Márcia Fabiano já realizou o contato com os fornecedores de matérias primas e realizou o desenvolvimento de 60 formulações, das quais 4 foram enviadas para avaliação pela Kehinde Nature. Em relação a essa etapa, pretende-se iniciar os testes de estabilidade preliminar e avança até o final de novembro de 2023, seguida pelas análises de validação.

Durante a etapa 1, o Escalab tem atuado com uma ponte de conexão entre a Kehinde Nature (representante residente no estado do Espírito Santo), acompanhando o desenvolvimento das formulações no laboratório da MFabiana e conectando MFabiana a Kehinde Nature. Paralelamente a essa etapa, a equipe Escalab tem atuado em solicitações de orçamento em laboratórios certificados pela ANVISA para a realização das análises de validação do produto final (etapa 2), em pesquisas para a determinação da embalagem (recipiente) ideal para o envase do produto final obtido (etapa 3) e no mapeamento de editais (recursos públicos e privados) para o financiamento do projeto.

Em relação a etapa 3, a equipe Escalab tem mapeado fornecedores de embalagens que sejam sustentáveis recicladas, biodegradáveis ou que fazem uso de plástico verde, mapeando os tipos de embalagens mais adequados a formulação (exemplo: bisnagas), quantidade mínima e preço. Ainda nessa etapa a equipe Escalab tem atuado em parceria com a pesquisadora Alessandra Lucas, especialista na área de embalagem, a qual tem direcionado a equipe na escolha da embalagem ideal.

### **Análises de pontos positivos e aprendizados – Projeto *Kehinde Nature***

Como um projeto de extensão em desenvolvimento, o Escalab ao término de cada projeto realiza com seus colaboradores e clientes (parceiros) reuniões de feedback do projeto, com o intuito de analisar os pontos positivos do projeto (a serem perpetuados para os próximos projetos) e os aprendizados (pontos a serem melhorados ou aprimorados para projetos futuros).

Para o projeto *Kehinde Nature*, realizado pelo Escalab em parceria com a inventora independente Úrsula Dart Bottrel, os pontos positivos do projeto foram:

- Projeto que possibilitou ao Escalab aumento de *know-how* na área de cosméticos;
- Desenvolvimento de relação de confiança com a inventora independente, relacionada ao desenvolvimento de formulação fotoprotetora infantil com insumos naturais da flora brasileira, a partir da realização de estudos de mercados, revisão da literatura, EVTE e P&D direcionado e fornecimento de recursos financeiros (INCT-Midas) para auxílio no projeto;
- Possibilidade de interação entre Universidade (Escalab) e empresa especialista na área de cosméticos;
- Desenvolvimento de formulação com Fator de Proteção Solar (FPS) elevado, validado de acordo com a legislação RDC N° 629, DE 10 DE MARÇO DE 2022, que dispõe sobre protetores solares e produtos multifuncionais em cosméticos e internaliza a Resolução GMC MERCOSUL n° 08/2011.

**Aprendizados:** Assim como os pontos positivos do projeto realizado com o Grupo Lhoist, esse projeto trouxe ao Escalab alguns aprendizados:

- Possibilidade de acompanhamento durante todo o projeto (em especial desde o início) de especialista na área de cosmético, com o intuito de proporcionar melhor direcionamento ao projeto;

## 6.0 CONCLUSÃO

O processo de inovação para tecnologias químicas nascidas em universidades pode ser descrito de forma simplificada por meio das seguintes etapas: realização de ciência de qualidade, proteção da propriedade intelectual, avaliação da oportunidade e a realização de prova de conceito/protótipo. O “Vale da Morte” no processo de inovação e no processo de transferência de uma tecnologia da universidade para o mercado tem início durante as etapas do estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) e, especialmente, nas etapas de escalonamento e prova de conceito. O Escalab tem trabalhado nesses aspectos desde 2019 com uma série de ações, entre elas mapeamentos tecnológicos e P&D para demandas tecnológicas da indústria, escalonamento de tecnologias, programas de inovação aberta com indústria e inserção de *startups* de química no mercado através do “Programa *go-to-market*”. Compartilhar essas experiências e metodologias com pesquisadores, principalmente da área de química de todo o Brasil, pode ter um impacto significativo na transferência de tecnologia e, especialmente, na formação da cultura de inovação e empreendedorismo dentro do meio acadêmico. Iniciativas como a do Escalab, outros laboratórios e pesquisadores mostram que o nível de maturidade em termos de inovação de nossa comunidade e nossas ICTs tem aumentado fortemente nesses últimos anos, mas ainda temos um longo caminho a percorrer.

## 7.0 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. *Que taxas preciso pagar para registrar minha marca ou patente?* Disponível em: <<https://ilupi.com.br/destaque/que-taxas-preciso-pagar-para-registrar-minha-marca-ou-patente/>>. Acesso em: 12 ago. 2023.

AMBIENTAIS, B. S. *Biosfera Soluções Ambientais - O nosso forte*. Disponível em: <<https://www.biosferasolucoes.com.br/institucional>>. Acesso em: 19 set. 2023.

AMPEC. *O que são as Hard Science*. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/ampesc/admiravel-mundo-novo/noticia/2019/01/17/o-que-sao-as-hard-sciences.ghtml>>. Acesso em: 27 mar. 2024.

ANDRADE, L. P. C. DA S.; DA SILVA, R. C.; MASCARENHAS, L. A. B. 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.

ARAÚJO, M. H.; LAGO, R. M.; OLIVEIRA, L. C. A.; CABRAL, P. R. M.; CHENG, L. C.; BORGES, C.; FILION, L. J. “Spin-Off” acadêmico: criando riquezas a partir de conhecimento e pesquisa. *Química Nova*, v. 28, n. 18, 2005. Disponível em: <[www.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28suplemento/05-CGEE18.pdf](http://www.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28suplemento/05-CGEE18.pdf)>.

ARAUJO, D. *Sanctio NanoFormulação Antiqueda Capilar Yeva 20 mL*. Disponível em: <<https://www.araujo.com.br/sanctio-nanoformulacao-antiqueda-capilar-yeva-20ml/91087.html>>. Acesso em: 27 mar. 2024.

BARBIERI, J. C. *et al.* Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *23/04/2010*, v. 50, n. 2, p. 146–154, 2010.

BARBIERI, M. A.; CARLOS, J.; SIMANTOB, M. *Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações*. São Paulo: Atlas, 2007.

BARBOSA, E. R. *et al.* *Escale-se: Etapa de Pré-Aceleração de Tecnologias em Hard-Science*. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2022.

BASF. *Sunscreen Simulator*. Disponível em: <[https://sunscreensimulator.basf.com/Sunscreen\\_Simulator/login](https://sunscreensimulator.basf.com/Sunscreen_Simulator/login)>. Acesso em: 17 out. 2023.

BOER, H.; DURIGN, W. Innovation, What Innovation? A comparison between product, process and organizational Innovatio. *Int. J. Technology Management*, v. 22, n. 1/2/3, 2001.

BUCHNER, G. A. *et al.* Specifying technology readiness levels (TRL) for the chemical industry. *Chemical Industry, Industrial & Engineering JChemistry Research*, v. 58 (17), p. 6957–6969, 2019.

CAMBOIM, V. S. C. *Avaliação da Interação Universidade - Empresas - Governo no Desenvolvimento de Projetos Inovadores no RN por Micro e Pequenas Empresas*. 2013. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

CARAYANNIS, E. G.; CHEREPOVITSYN, A. E.; ILINOVA, A. A. Sustainable development of the Russian arctic zone energy shelf: the role of the quintuple innovation helix model. *Journal of Knowledge Economy*, v. 8, n. 2, p. 456–470, 2017.

*Censo Atual - Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil - Lattes*. Disponível em: <<https://lattes.cnpq.br/web/dgp/censo-atual/>>. Acesso em: 27 mar. 2024.

CERTI, F. *Guia prático do TRL - Technology Readiness Levels*. 1. ed. Florianópolis: [s.n.],

2023. Disponível em: <<https://info.certifi.org.br/campanha-trl>>.

CREPALDE, J. C. M. *NOVO ARRANJO PARA INOVAÇÃO NAS INSTITUIÇÕES CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS E DE INOVAÇÃO (ICT): AMBIENTE TEMÁTICO CATALISADOR DE INOVAÇÃO (ATCI) E A EXPERIÊNCIA DA UFMG*. 2020. 170–202 f. Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/36100>>.

DA SILVA, A. G. *et al. Guia prático de Escalonamento de Tecnologias Da bancada à planta piloto: discussões sobre como inovar com sua pesquisa e se aproximar da indústria*. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2019.

DA SILVA, C. L. *et al. Inovação e Sustentabilidade*. [S.l: s.n.], 2012. v. 2.

DALLACORTE, C.; ALCIDES, C. Estudo dos indicadores de propriedade industrial - um caminho para a promoção do desenvolvimento de cidades emergentes. *Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação (RBCTI)*, v. 2, n. 1, p. 23–35, 2017. Disponível em: <<https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/rbcti/article/view/1661/2508>>.

DE OLIVEIRA, M. P. D. *Desenvolvimento de metodologia de escalonamento de tecnologias químicas: aplicação no projeto Álcool-COVID 19*. 2021. Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

ELKINGTON, J. *Canibais com garfo e faca*. São Paulo: [s.n.], 2001.

FAGUNDES, M. V. C. Influências da universidade na criação e no desenvolvimento de sistemas locais de inovação. *Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas*, v. 9, p. 61–79, 2010.

GOMES, M. A. S.; COELHO, T. T.; GONÇALO, C. R. Tríplice Hélice: A relação Universidade-Empresa em busca da inovação. *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, v. 12, n. 1, p. 1679–1827, 2016.

GOSWAMI, P. K. ET AL. Natural Sunscreen Agents: A Review. *Scholars Academic Journal Of Pharmacy*, v. 2, p. 458–463, 2013.

INPI, I. N. DE P. I. *Manual Básico para Proteção por Patentes de Invenções, Modelos de Utilidade e Certificados de Adição*. [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/materiais-de-consulta-e-apoio>>.

JOHNSON, W. H. A. Roles, resources and benefits o intermediate organizations supporting



triple helix collaborative R&D: The case o Precan. *Technovation*, v. 28, n. 8, p. 495–505, 2008.

KEMP, R; PEARSON, P. Final report of the project Measuring Eco-Innovation; 2008, [S.l: s.n.], 2008. p. 113. Disponível em: <<http://www.merit.unu.edu/MEI/index.php>>.

LHOIST. *Lhoist - História*. Disponível em: <[https://www.lhoist.com/br\\_br/história](https://www.lhoist.com/br_br/história)>. Acesso em: 18 ago. 2023a.

LHOIST. *Processamento metalúrgico de metais não ferrosos*. Disponível em: <[https://www.lhoist.com/br\\_br/market-segment/processamento-metalurgico-de-metais-nao-ferrosos-0](https://www.lhoist.com/br_br/market-segment/processamento-metalurgico-de-metais-nao-ferrosos-0)>. Acesso em: 18 ago. 2023b.

LIMA, H. A. A. “*PROCESSO DE RECICLAGEM DE LAMAS DE SIDERÚRGICAS PARA A PRODUÇÃO DE SULFATO FERROSO, FÉRRICO E CLORETO FÉRRICO*”. . Brasil: [s.n.], , 2014

LIMA, H. A. A. *Produção do Ferro metálico através do ataque ácido do minério de ferro e posterior eletrólise e reciclagem do ácido*. . Brasil: [s.n.], , 2021

LINDBERG, M.; LINDGREN, M.; PACKENDORFF, J. Quadruple Helix as a Way to bridge the gender gap in entrepreneurship: The case of an Innovation System Project in the Baltic Sea Region. *Journal of the Knowledge Economy*, v. 5, n. 1, p. 94–113, 2014.

LINDGREN, R. .; HENFRIDSSON, O.; SCHULTZE, U. . Design Principles for Competence Management Systems: a Synthesis of an Action Research Study. *MIS Quarterly*, v. 28, n. 3, 2004.

MAIA, C.; CLARO, J. The role of a proof of concept center in a university ecosystem: an exploratory study. *The Journal of Technology Transfer*. *The Journal of Technology Transfer*, v. 38, n. 5, 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-012-9246-y>>.

MAIA, C.; CLARO, J. The role of a proof of concept center in a university ecosystem: an exploratory study. *The Journal of Technology Transfer*. *V. 38, Nº 5, 2013. Nader, H. B.*, 2014.

MANKINS, J. . Technology Readiness Levels. *A White Paper - Advanced Concepts Office. Office of Space Access and Technology NASA*, 1995. Disponível em: <[http://www.artemisinnovation.com/images/TRL\\_White\\_Paper\\_2004-Edited.pdf%3E](http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf%3E)>.

MENDONÇA, I. *Desvendando o Direito sobre Patentes: Diferenças, direitos e como o Critt pode ajudar*. Disponível em: <<https://www2.ufjf.br/critt/2023/06/30/desvendando-o-direito-sobre-patentes-diferencas-direitos-e-como-o-critt-pode-ajudar/>>. Acesso em: 7 out. 2023.

*Mfabiana Consultoria e Desenvolvimento cosméticos*. Disponível em: <<https://www.mfabiano.com.br/site/sobre.php>>.

NATÁRIO, M. M.; JOÃO, PEDRO ALMEITA, C.; CARLOS, F. R. DE A. Tre triple helix model and dynamics of innovatio. *Journal of Knowledge-based innovation in China*, v. 4, n. 1, p. 36–54, 2012.

NICOLAU, J. A.; PARANHOS, J. Notas sobre conceito de inovação. *Textos de Economia*, v. 9, p. 23–27, 2006.

OSAWA, Y.; 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.

PIRES, E. A.; QUINTELLA, C. M. A. L. T. Política De Propriedade Intelectual E Transferência De Tecnologia Nas Universidades: Uma Perspectiva Do Nit Da Universidade Federal Do Recôncavo Da Bahia. *Holos*, v. 6, p. 178–195, 2015.

RABÊLO, O. S. *EcoInovação: principais condu-tores e performance das empresas industriais brasileiras*. 2015. 77 f. Universidade Federal de Pernambu-co-UFPE, 2015.

RAUEN, C. V. *O Novo Marco Legal da Inovação no Brasil: O que muda na relação ICT-Empresa?*

RESENDE, R. G. *et al.* Processo de desenvolvimento de produtos integrado com a metodologia de avaliação de prontidão tecnológica: proposta para um centro de tecnologia em nanomateriais. 2017, São Paulo: [s.n.], 2017.

REZENDE, E. *Escale-se: Transformando pesquisa da universidade em uma solução inovadora para o mercado*. Disponível em: <<https://escalab.com.br/escalse-transformando-pesquisas-da-universidade-em-solucoes-inovadoras/>>. Acesso em: 23 ago. 2022.

ROMAN, V. B.; LOPES, M. T. DE P. IMPORTÂNCIA DA TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA REALIZADA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS PARA A ALAVANCAGEM DA COMPETITIVIDADE DO PAÍS NO CENÁRIO ECONÔMICO

MUNDIAL. *Revista Iberoamericana de engenharia industrial*, v. 4, n. 1, p. 111–124, 2012.

SEBRAE. *A importância da inovação em empresas de base tecnológica*. Disponível em: <<https://sebraemg.com.br/a-importancia-da-inovacao-em-empresas-de-base-tecnologica/>>. Acesso em: 19 dez. 2022.

SEBRAE. *Investimento para startup*. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/investimento-e-confidencialidade,626a39407feb3410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 7 out. 2023.

SPEZIALLI, M. G. *Fundamentos de Patentes para estudantes dos cursos de Química, Farmácia e Engenharia Química*. 1. ed. Belo Horizonte: [s.n.], 2021.

SUNDHOLM, J. L. ET AL. The Making, Shaping and Treating of Steel, Ironmaking. *Manufacture of metallurgical coke and recovery of coal chemicals*, p. 405–406, 1999.

THIOLLENT, M. Pesquisa-Ação nas Organizações. *Atlas*, 1997.

THORPE, M.; RIDGMAN, T. Escalonamento de tecnologias: desenvolvimento de produto e processo do laboratório à escala piloto conectado ao mercado (parte 1). *International Journal of Innovation*, v. 13, n. 1750006, 2016.

UFMG. *Relatório de Gestão*. . [S.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-de-Gestao-2021.pdf>>. , 2021

ULRICH, J.; FIGUEIREDO, J.; MACIEL, C. Transferência de Tecnologia e Estratégia Tecnológica se Completam. *Cadernos de Prospecção*, v. 12, n. 5, 2019.

VASCONCELLOS, E. P. *et al.* ESCALONAMENTO DE TECNOLOGIAS: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO E PROCESSO DO LABORATÓRIO À ESCALA PILOTO CONECTADO AO MERCADO (PARTE 1). *Química Nova*, v. 44, n. 3, p. 377–394, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170665>>.

VIEIRA, W. P. *Estudo de corrosão em tubulações de gás de coqueria*. 2004. 50–53 f. Universidade Federal do Espírito Santo, 2004.

