

INOVAÇÃO EM STARTUPS DE ALAGOAS: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS FUNDADORES ENTRE OS CONCEITOS OPERACIONAIS E ESTRATÉGICOS DA ABORDAGEM FRUGAL.

FRANCISCO JOSÉ PEIXOTO ROSÁRIO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (UFAL)

DAVID GABRIEL DOS SANTOS LINS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (UFAL)

VICTOR DIOGHO HEUER DE CARVALHO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (UFAL)

Agradecimento à órgão de fomento:

Agradecemos à Universidade Federal de Alagoas (UFAL) que por meio da cota da universidade do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) permitiu a pesquisa que originou o presente artigo.

INOVAÇÃO EM STARTUPS DE ALAGOAS: UM ESTUDO SOBRE A PERCEPÇÃO DOS FUNDADORES ENTRE OS CONCEITOS OPERACIONAIS E ESTRATÉGICOS DA ABORDAGEM FRUGAL.

1 – Introdução

A inovação frugal emerge como uma abordagem estratégica e multidimensional que redefine os paradigmas tradicionais da inovação ao operar sob condições de escassez. Diferentemente dos modelos convencionais centrados em abundância de capital e sofisticação tecnológica, a inovação frugal adota uma lógica de “fazer mais com menos”, lógica que induz a busca por eficiência no uso de recursos financeiros, humanos e materiais para o desenvolvimento de inovações.

Esse esforço por eficiência contínua se constitui como uma “filosofia” para o desenvolvimento de soluções inovadoras que sejam boas o suficiente, robustas, simples e eficazes para atender às necessidades essenciais de grupos de consumidores que frequentemente são negligenciados pelas soluções tecnológicas tradicionais (Annala et al., 2018).

Radjou e Prabhu (2015), lançaram o conceito geral da inovação frugal a partir da ideia de como o *jugaad* indiano se desenvolve como uma improvisação inteligente, adaptabilidade e engenho local que se transformam em ativos estratégicos, seja para a sobrevivência, seja para a construção de vantagens competitivas.

A mentalidade frugal é orientada à simplicidade, inclusão e sustentabilidade, como proposto por Bhatti (2012) e Radjou e Prabhu (2016). O processo de inovação frugal é redesenhado para eliminar complexidades desnecessárias, priorizando funcionalidades essenciais e adaptabilidade local. Já o resultado se manifesta em soluções que equilibram custo, desempenho e impacto social, promovendo acessibilidade econômica e regeneração dos sistemas sociais e naturais.

A literatura sobre inovação frugal já a apresenta como uma abordagem que pode ser aplicada em qualquer ambiente, mesmo os que não estão sob restrições severas (D’Angelo & Magnusson, 2022; Agarwal, Chung & Brem, 2020).

Alagoas, lócus da pesquisa que resultou nesse artigo, apresenta um ecossistema em consolidação, apesar de possuir o penúltimo IDH do Brasil e podendo ser caracterizada como uma região periférica e com várias restrições. Mas existem no estado 256 startups identificadas no banco de dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, n.d.), quatro das quais operando no exterior, além de infraestrutura para formação de pessoal, um centro tecnológico e de inovação em expansão, uma unidade EMBRAPPII, dois INCT, além de uma política de inovação orquestrada pelo governo do estado desde 2015.

Isto posto, dado as características gerais do ecossistema de inovação de Alagoas e a possibilidade de suas startups sofrerem a influência das restrições socioeconômicas locais, deixa em aberto uma questão, quando se estuda a abordagem da inovação frugal, que é: será que os processos operacionais e estratégicos para o desenvolvimento tecnológico das startups do ecossistema alagoano de inovação estão alinhados com os conceitos e princípios operacionais da abordagem de inovação frugal?

Assim, o presente artigo apresenta o resultado de uma pesquisa que tem como objetivo verificar se existe a percepção dos fundadores de startups em Alagoas em relação aos conceitos e princípios operacionais da abordagem de inovação frugal. E para a execução desse objetivo foi realizado uma análise da percepção dos fundadores de quarenta startups em Alagoas. Os dados sobre essa percepção foram coletados por meio de um questionário eletrônico e tratados com a técnica do escalonamento multidimensional.

2 – Revisão de literatura: os constructos centrais

Em um mundo onde a complexidade muitas vezes é confundida com sofisticação, a inovação frugal propõe um caminho oposto, com soluções mais simples e funcionais, a despeito de funcionalidades supérfluas e por vezes, pouco ergonômicas. A abordagem da inovação frugal convida para um olhar focado no essencial, a repensar o que realmente importa, e a criar soluções que entregam valor genuíno com o mínimo necessário (Radjou, 2024; Agarwal, Chung & Brem, 2020; Moreira et al., 2024).

Funcionalidade, na lógica frugal, não é sobre oferecer tudo, mas sobre identificar e oferecer o que realmente importa. Trata-se de desenvolver produtos e serviços que atendam às necessidades essenciais do usuário com desempenho satisfatório, sem adornos, sem excessos. É o “bom o suficiente” que, na prática, é mais do que suficiente porque resolve o problema central com eficiência e foco.

Startups que adotam essa abordagem operam com precisão cirúrgica. Elas desenvolvem MVPs (produtos mínimos viáveis) que priorizam funcionalidades essenciais, com interfaces intuitivas e design modular, normalmente evitando excessos na engenharia e focam em soluções robustas, fáceis de produzir localmente e simples de manter. O objetivo não é uma tecnologia de fronteira, mas resolver com inteligência o que é urgente e real para aquela comunidade ou um grupo de consumidores específicos (Agarwal, Chung & Brem, 2020; Corsini, Dammicco & Moultrie, 2021).

Considerando que a inovação frugal emerge de esforços locais como resposta as limitações de contexto, seja dentro da academia (Da Silva et al., 2023; Rosário, de Lima & de Oliveira Castro, 2023), ou via estratégia empresarial (D’Angelo & Magnusson, 2022; Winterhalter et al., 2017), nesses processos o objetivo é encontrar tecnologias que possam oferecer soluções de alto valor a custos baixos para públicos de baixa renda e com a maior disponibilidade de acesso possível.

A redução de custos, para a abordagem da inovação frugal se configura como uma necessidade central, envolvendo toda forma de otimização e minimizar gastos nas etapas de produção, desde o desenvolvimento tecnológico à distribuição (Tjahjana et al., 2020). Em pesquisa com pequenas empresas de gastronomia em Jakarta, Indonésia, Tjahjana et al. (2020), mostra empiricamente que a redução da complexidade, do custo e aumento do acesso as novas tecnologias digitais, por parte dos pequenos empresários pesquisados, tiveram efeito positivo e significativo sobre a inovação organizacional e o desempenho das PMEs estudadas.

Isso mostra que a redução dos custos está associada a capacidade empresarial de combinar ou recombinar soluções já existentes como alternativa para obter vantagens competitivas e melhorar o desempenho, conforme já apresentado por Dost e Umrani (2024).

Em se tratando de acessibilidade, esse conceito aplicado à abordagem da inovação frugal vai além do preço baixo, englobando a facilidade de aquisição, manutenção e uso do produto, além da presença em locais remotos e a adaptação ao poder aquisitivo do público-alvo (Agarwal, Chung & Brem, 2020). Isso significa pensar modos de precificação, forma de pagamentos, permutas de serviços e até em novas moedas, como as moedas sociais, que de certa forma, rompem com os padrões tradicionais de acesso para bens e serviços.

Além da dimensão financeira do acesso, existe a necessidade em garantir que a solução seja fácil de operar, com design simples e experiência de uso fluida para qualquer tipo de usuário, independentemente do grau de literacia. É dessa forma, que a abordagem da inovação frugal permite transformar desafios em oportunidades, promovendo inclusão, eficiência e sustentabilidade em mercados de alta restrição financeira.

A partir do esforço para redução dos custos, com a redução de funcionalidades supérfluas e redesenho para o uso simplificado das soluções, há um importante impacto causal na sustentabilidade. Portanto, inovação frugal propõe uma abordagem estratégica que

une sustentabilidade, simplicidade no design e acessibilidade econômica para criar soluções viáveis em contextos de restrição (Ahuja & Chan, 2020).

Corsini; Dammicco e Multrie (2021), em sua pesquisa em startups oriundas do movimento maker que responderam à crise da COVID-19 com inovações frugais baseadas em fabricação digital, na Itália e na Índia, identificaram que houve uso reduzido de recursos, e produção a partir de materiais locais, cuja inovação estava nos designs mais sustentáveis de soluções para a impressão 3D de válvulas para respiradores/ventiladores e na produção de protetores faciais (face shields), utilizando tanto impressão 3D quanto cortes a laser.

Ou seja, nesse estudo empírico, sinaliza que em situações ou ambiente com escassez, como foi o caso na crise mundial da pandemia de COVID-19, iniciativas baseadas na abordagem da inovação frugal, caracterizadas pela rápida adaptação, uso de recursos locais e mais sustentáveis, colaboração em redes de startups e fabricação digital, foram capazes de entregar soluções eficazes e acessíveis para suprir lacunas críticas no sistema de saúde.

Os princípios de acessibilidade, já apresentados, da sustentabilidade e do uso de recursos locais como forma de reduzir custos, promovem, em alguma medida a inclusão produtiva de atores econômicos locais, mas que ao propor fazer mais com menos a inovação frugal vai além da proposta de inovação inclusiva tradicional (inclusive innovation), que foca diretamente em populações vulneráveis ou marginalizadas, a inovação frugal "não é limitada em sua aplicação aos desassistidos e desfavorecidos", mas sim "preocupada com escala global" e com "fazer mais com menos" para múltiplos públicos beneficiários (Bhatti & Ventresca, 2013).

Assim, é possível supor que a abordagem frugal surge não apenas em ambientes de escassez extrema, mas em condições de escassez relativa ou outras dificuldades que não ocorrem em regiões mais desenvolvidas, indicando que a inclusão de atores locais (produtivos e sociais) acontece não só no sentido de proporcionar acesso, mas também em integrar esses atores em processos produtivos geradores de valor, ampliando o alcance e o impacto da inovação.

Nesse processo de inclusão produtiva e social, a co-criação com os usuários finais da inovação se estabelece como um fundamento indispensável, haja vista que a necessidade de simplicidade e uma experiência fluida do usuário, criar soluções eficazes exige mais do que domínio técnico, mas requer sensibilidade, escuta ativa e uma colaboração genuína com aqueles que enfrentam os desafios no dia a dia. Nesse contexto, o usuário deixa de ocupar uma posição passiva e assume o papel de protagonista no processo inovador (Radjou, 2024).

Co-criação significa envolver usuários e stakeholders no desenvolvimento do produto para identificar necessidades reais e garantir aderência cultural e funcional. Para startups, isso implica em métodos participativos, feedback contínuo e adaptação do produto conforme as experiências dos usuários, garantindo relevância e aceitação no mercado (Agarwal, Chung & Brem, 2020).

O processo de co-criação, associado as características intrínsecas da abordagem da inovação frugal, por sua vez, garantem robustez e confiabilidade das soluções digitais em ambientes com infraestrutura tecnológica precária. Ahuja e Chan (2020, p. 93), argumentam que a fusão e orquestração de recursos digitais e físicos disponíveis no ecossistema das startups, mesmo que estes sejam ordinários em valor, escassez e distintividade, motivam o desenvolvimento de soluções boas e robustas o suficiente, mesmo em contextos de infraestrutura limitada.

Annala et al (2018), em uma pesquisa realizada na Índia, sobre o uso de filtros de água de osmose reversa, identificou que a capacidade de inovar entregar robustez e confiabilidade nos filtros é fruto, principalmente, da co-produção entre os empreendedores locais e os usuários finais, justamente tendo a proximidade geográfica produtor-usuário como elemento facilitador para a solução bem-sucedida. Os autores argumentam que a inovação frugal, neste contexto, não se limita apenas à redução de custos, mas envolve também o atendimento das necessidades

dinâmicas dos usuários por meio da personalização e adaptação tecnológica baseada no conhecimento local e na interação contínua com clientes.

Dost e Umrani (2024, p. 410), também argumentam que a co-criação facilita a entrega de soluções robustas e confiáveis para condições específicas quando há a priorização das funcionalidades essenciais e simplificação dos produtos, características básicas da abordagem frugal. Mesmo em ambientes com infraestrutura tecnológica limitada, as características intrínsecas da inovação frugal, simplicidade, adaptação local, uso de redes colaborativas e processos iterativos, colaboram para garantir que as soluções entregues sejam robustas, confiáveis e funcionais.

Essas características gerais da abordagem da inovação frugal, permite, portanto, entender que sua força está justamente na capacidade de adaptação das soluções. Em vez de soluções rígidas e padronizadas, com a co-criação, a abordagem enseja um modelo flexível, modular e profundamente sensível às realidades locais, reconhecendo a diversidade de culturas, infraestruturas e recursos, como ponto de partida para o design e produção de produtos e serviços que realmente podem funcionar onde são necessários (Annala et al., 2018; Agarwal, Chung & Brem, 2020).

A adaptabilidade das soluções desenvolvidas por meio de uma abordagem frugal, como sugerida no parágrafo anterior, permite também, que essas soluções possam obter escala maiores na produção e de entradas em novos mercados, considerado pela literatura como inovação reversa, nos moldes do que aponta McCausland (2023).

O processo apontado pelo autor, mostra as possibilidades de replicação de uma inovação frugal regionalmente descrita em uma inovação com escala mais ampliada, pois uma inovação frugal regional torna-se inovação reversa quando (McCausland, 2023):

- Ela é criada para resolver desafios locais com recursos limitados (inovação frugal/jugaad).
- Empresas multinacionais reconhecem o valor dessas soluções e passam a adaptá-las ou implantá-las em mercados desenvolvidos.
- Há um esforço estratégico, cultural e operacional para integrar a inovação frugal no modelo de negócio global, transformando-a em vantagem competitiva internacional.

Ademais, em relação as startups digitais, o uso de tecnologias mais universais e plataformas digitais reduz barreiras culturais e geográficas, tornando a adaptação local mais fluida e diminuindo os custos de replicação. A interoperabilidade tecnológica e a padronização flexível dos modelos de desenvolvimento, permitem que as soluções sejam rapidamente ajustadas para diferentes mercados, sem perder a essência de uma proposta original. Canais digitais aceleram a penetração em novos territórios, enquanto a manufatura digital, como a impressão 3D, elimina gargalos logísticos e viabiliza a produção descentralizada (Tjahjana et al., 2020; Ahuja & Chan, 2020; Agarwal, Chung & Brem, 2020).

Do ponto de vista da mentalidade e economia frugal, preconizada por Radjou (2024), um modelo de negócios deve ser estruturado a partir de forte cooperação B2B local, compartilhamento de ativos e recursos, produção distribuída, e agilidade nos processos, reduzindo a necessidade de grandes investimentos adicionais para crescimento com baixo custo e menos dependente de grande volume de capital. Em alguma medida, alguns ecossistemas de inovação de startups no Brasil, tendem a replicar alguns desses elementos, particularmente a cooperação B2B, o compartilhamento de ativos e recursos que reduzem a necessidade de grandes investimentos adicionais individuais que fomentem o crescimento das startups (Laplaine, Borghi & Torracca, 2023, p. 12; La Rovere, Santos & Vasconcelos, 2021; Barros & Paixão, 2021).

Isso posto, é possível sugerir que os ecossistemas regionais de inovação no Brasil, ecossistemas esses que sejam minimamente maduros e funcionais, podem permitir a existência de economias de compartilhamento, produção local e processos colaborativos entre as startups

envolvidas de modo a induzir a maturidade da empresa até a finalização do encaixe do modelo de negócio antes dos processos de tração e escala das startups.

Ao longo dessa revisão buscou-se mostrar que a inovação frugal se destaca como uma estratégia que transforma limitações em oportunidades, promovendo soluções acessíveis, funcionais e sustentáveis para contextos de escassez. Essa abordagem não apenas democratiza o acesso à tecnologia e seu manuseio, mas também favorece a adaptabilidade e a escalabilidade das soluções, ampliando seu impacto social e econômico. Nos ecossistemas regionais, como os brasileiros, a inovação frugal pode ser uma base para o desenvolvimento de políticas locais que impulsionem a maturidade das startups, estimulando as economias de colaboração entre os atores locais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e inclusivo.

3 - Metodologia

A pesquisa, de natureza exploratória e abordagem qualitativa, utilizou questionários online via Google Forms para coleta de dados. A análise foi realizada com estatísticas descritivas e com a Escala Multidimensional Não Métrica (nMDS), por meio do algoritmo PROXSCAL, ajustado para distância euclidiana no SPSS v.25. Essa técnica permitiu a construção de um mapa perceptual que evidenciou as diferenças nas percepções dos respondentes sobre as variáveis relacionadas às práticas operacionais das startups.

O questionário foi elaborado para as respostas possíveis codificadas entre 1 e 7 (1 = Discordo totalmente; 7 = Concordo totalmente), para se chegar ao questionário, foi realizado o levantamento da literatura presente no item 2 desse artigo, permitindo a elaboração dos constructos e do conjunto de variáveis operacionais para a análise (tabela 1).

Tabela 1: Constructos e variáveis operacionais para a pesquisa.

Constructo	Variáveis	Definição das Variáveis	Autores
Funcionalidade e Simplicidade	Soluções com foco as funcionalidades e requisitos essenciais	Foco em resolver o problema central com desempenho satisfatório, sem excessos ou adornos.	Agarwal, Chung e Brem (2020); Corsini et al. (2021); Annala et al. (2018); Radjou e Prabhu (2016)
	Soluções simples	Interfaces intuitivas, fácil manutenção e produção local.	
	Soluções boas o suficiente	resolve o problema central com eficiência e foco.	
Custo e Acessibilidade	Soluções para baixa renda	Minimização de gastos em todas as etapas do processo produtivo.	Tjahjana et al. (2020); Dost e Umrani (2024); Radjou e Prabhu (2016), Bhatti (2012); Corsini et al. (2021)
	Estratégia de redução de custos	Preço acessível, facilidade de aquisição, manutenção e uso.	
	Uso de soluções e insumos locais	Aquisição de soluções e insumos	

		na região de origem da inovação frugal	
Sustentabilidade	Reutilização de material e redução de desperdícios	Minimização de desperdícios, uso de materiais locais.	Ahuja e Chan (2020); Corsini et al. (2021)
	Economia de recursos no desenho da solução	Uso de produtos com baixo impacto de descarte ou uso de materiais recicláveis	Corsini et al. (2021)
Inclusão e Co-criação	Co-criação com usuários	Envolvimento ativo dos usuários no desenvolvimento e adaptação das soluções.	Radjou (2024); Agarwal, Chung e Brem (2020)
	Inclusão produtiva e social	Iterações com base na experiência do usuário para garantir aderência cultural e funcional.	Annala et al. (2018); Dost e Umrani (2024)
Robustez e Adaptação	Entregas de soluções úteis mediante infraestrutura limitada	Soluções confiáveis mesmo com infraestrutura limitada.	Ahuja e Chan (2020); Annala et al. (2018)
	Entregas de soluções adaptadas	Personalização com base no conhecimento e nas necessidades locais.	Annala et al. (2018); Agarwal, Chung e Brem (2020)
Escalabilidade e Modelo de Negócio	Crescimento do negócio em outras regiões com infraestrutura limitada	Soluções locais que ganham escala e são adaptadas para outros mercados.	McCausland (2023)
	Crescimento do modelo de negócio pouco dependente de mais recursos	Crescimento com poucas inversões	Tjahjana et al. (2020); Ahuja e Chan (2020)
Mentalidade frugal	Mentalidade frugal	Criatividade orientada pela escassez, foco no essencial e regeneração local.	Bhatti (2012); Radjou e Prabhu (2015, 2024)

Fonte: elaborado pelos autores.

As variáveis foram organizadas com o objetivo de construir um questionário aplicável a amostra escolhida, buscando responder a seguinte questão de pesquisa: os processos operacionais e estratégicos para o desenvolvimento tecnológico das startups estão alinhados com os conceitos e princípios operacionais da abordagem de inovação frugal?

Com a aplicação do nMDS, teve como objetivo compreender as percepções dos respondentes sobre as variáveis que explicam uma inovação frugal e plotar os resultados em um mapa de percepção bidimensional que explique melhor como os conceitos de inovação frugal são internalizados nas ações operacionais e estratégicas das startups.

O ambiente de pesquisa foi o estado de Alagoas e as startups de seu ecossistema de inovação. Essa escolha deve ao fato que a presente pesquisa ter sido financiada pelo Programa de Iniciação Científica da Universidade Federal de Alagoas (PIBIC/UFAL), por cota da própria universidade. Ademais, Alagoas é um estado que apresenta, de forma recorrente, os indicadores sociais mais desfavoráveis do Brasil e ser uma região periférica que apresenta fortes restrições quanto a) a demanda do mercado local; b) a disponibilidade de tecnologias e recursos materiais; c) a disponibilidade de financiamento para o tipo de empresa alvo desta pesquisa; e d) a qualificação da mão-de-obra local.

Portanto, considerou-se como um ambiente próprio para a verificação da ocorrência da mentalidade frugal entre os empreendedores de empresas de base tecnológica (startups), mesmo de forma intuitiva e motivada pelas condições do ambiente local.

Uma vez construído o questionário, a amostra foi extraída de um universo de 256 startups identificadas no banco de dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, n.d.). A amostra inicial foi estabelecida por acessibilidade dos respondentes e ficou em 40 empresas.

O questionário foi respondido em sua totalidade pelos empreendedores e após a aplicação do questionário se procedeu a análise dos dados coletados utilizando técnicas de estatísticas descritivas e as de escalonamento multidimensional e nuvem de palavras.

4 – Análise dos resultados

4.1 – O contexto de atuação das startups pesquisadas: o ecossistema de inovação em Alagoas.

O ecossistema de inovação alagoano está imerso em um ambiente sócio-econômico marcado pela escassez e fragilidades de renda, educação e empregos. O IDH do estado, segundo o IBGE (2024) é o 26º no Brasil (0,684), além de ser o estado nordestino que mais perdeu população segundo os dados no último censo. Ademais, o PIB estadual é produzido majoritariamente por pequenas empresas do setor de comércio e serviços (72%), apesar da grande empresa alagoana está nos setores da agroindústria do açúcar, na mineração e na indústria química.

Barros e Paixão (2021) consideram o ecossistema de inovação de Alagoas como em expansão, mas que ainda não está maduro, apesar da forte presença de atores público, do desenvolvimento de conhecimento e institucional. Os últimos feitos locais do ecossistema é a entrada de dois Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), com aportes do governo federal e do governo estadual, um voltado para o desenvolvimento de bioinovações e outro voltado para o desenvolvimento de IA para a educação incorporando a mentalidade frugal, a IA desplugada.

Além do governo federal e estadual nos aportes para o financiamento da CTI em Alagoas, outros atores institucionais operam no ecossistema, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Alagoas (SEBRAE/AL), que por questões de projeto institucional opera em Alagoas na articulação de Ecossistemas Locais de Inovação (ELI) em diferentes regiões, como Maceió, Agreste, Sertão e Sul do estado. Os setores identificados como prioritários para a agenda do SEBRAE/AL são as TIC, a economia criativa, o turismo, a saúde, alimentos e bebidas, além de agroprodução (Rosário e Santana, 2025).

A governança local do ecossistema é induzida pelo setor público, particularmente o governo do estado e, mais recentemente, há um esforço da prefeitura municipal de Maceió, capital do estado, se viabilizar como partícipe dessa governança. A atuação do governo estadual é coordenada pela Secretaria de Estado da Ciência, da Tecnologia e da Inovação (SECTI), responsável pela formulação de políticas públicas e editais de incentivo à inovação. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) exerce papel fundamental no fomento à inovação, financiando bolsas e projetos de pesquisa em universidades e centros universitários, além de promover vários editais de fomento que aproximam academia e o setor produtivo.

Do ponto de vista da geração de conhecimento, a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) destaca-se como protagonista acadêmica, oferecendo infraestrutura de laboratórios, incubadoras, o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT/UFAL) e programas de pós-graduação, como o PROFINIT, que contribuem para a formação de profissionais e para a elaboração de políticas públicas, como as leis estadual e municipal de inovação. O Centro Universitário CESMAC também se insere como ator relevante, com incubadora e Centro de Inovação próprios. Os Institutos Federais de Alagoas (IFAL), especialmente os campi de Batalha e Arapiraca, ampliam o alcance da inovação ao interior do estado, realizando pesquisas em agroindústria, TI para o comércio local e gestão pública. No âmbito da saúde, a Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL) contribui com o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT UNCISAL), promovendo ações de proteção intelectual e transferência de tecnologia, fortalecendo o elo entre pesquisa e aplicação prática.

O setor privado de tecnologia é representado por empresas de base tecnológica como NTech Tecnologia, Doity Plataforma de Eventos, CTEC, BET MONITOR e AUTO SERVICE MOTORS, Handtalk, Trakto, Wenny, entre outras que desenvolvem soluções em TIC, IoT, inteligência artificial, robótica e serviços digitais.

A Associação das Empresas Brasileiras de Tecnologia da Informação em Alagoas (Assespro-AL) atua como elo entre empresas de tecnologia, poder público e setores produtivos, promovendo eventos como o Meeting Assespro e incentivando a articulação de projetos inovadores.

Os ambientes de inovação, como a Incubadora da UFAL (INCUBAL), recentemente reativada, e o Centro de Inovação do Polo Tecnológico (CIPT), localizado em Maceió, oferecem suporte fundamental para o desenvolvimento de startups e empresas inovadoras. O CIPT abriga não apenas empresas, mas também parceiros institucionais como UFAL, SEBRAE/AL, uma unidade EMBRAPPII junto com a UFAL, no intuito de promover a integração entre pesquisa, empreendedorismo e mercado.

Em relação a distribuição dos atores do ecossistema de inovação em Alagoas, a maioria das empresas de base tecnológica está concentrada em Maceió, com predominância de pequenas empresas jovens, com até dois anos de existência. Muitas delas ainda não estão inseridas em ambientes formais de inovação, como incubadoras ou aceleradoras, embora iniciativas como a INCUBAL e o Programa Centelha estejam em expansão e contribuam para o fortalecimento do setor (Rosário & Santana, 2025).

Assim, é possível entender que o ecossistema de inovação de Alagoas, apesar do ambiente geral ser marcado pela escassez e limitações econômicas, encontra-se em uma fase de expansão, impulsionado por uma articulação crescente entre governos locais, academia e setor produtivo. Embora ainda não tenha atingido plena maturidade, os avanços recentes demonstram um esforço coordenado para consolidar o papel do desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação no estado.

4.2 – A percepção de inovação frugal nas startups alagoanas.

A caracterização geral da amostra de startups pesquisadas, apresentada no quadro 3, indica que cerca de 60% das empresas respondentes atuam de forma concentradas em quatro

setores tecnológicos, com vantagens para as Digitechs (25%), que são voltadas para o desenvolvimento de softwares sob encomenda; Agrotechs (12,5%) e Healthtechs (12,5%), que operam nos mercados da agropecuária e de saúde e bem-estar; e Socialtechs (10%), que operam com ações de impacto social.

Essas características da amostra podem estar indicando as condições do ambiente local, conforme explicitado no item 3.1, estejam direcionando as capacidades empreendedoras para as áreas tecnológicas em destaque.

Tabela 2: Distribuição do número de empresa por área tecnológica.

Área tecnológica da empresa	Frequência	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Agrotech	5	12,5	12,5
Biotech	1	2,5	15,0
Digitech	9	22,5	37,5
Digitech	1	2,5	40,0
Edtech	3	7,5	47,5
Femtech	1	2,5	50,0
Greentech	3	7,5	57,5
Healthtech	5	12,5	70,0
IAtech	3	7,5	77,5
Lawtech	1	2,5	80,0
Martech	1	2,5	82,5
Socialtech	4	10,0	92,5
Turistech	3	7,5	100,0
Total	40	100,0	

Fonte: output SPSS.

A tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas de características mais gerais das startups pesquisadas:

Tabela 3: Características gerais da amostra e estatísticas descritivas.

	Tempo de Fundação	Nº de fundadores	Nº de empregados
N	40	40	40
Média	3,30	2,38	6,68
Mediana	3,00	2,00	1,00
Mínimo	0	1	0
Máximo	12	7	130

Fonte: output SPSS.

Note que em média as startups possuem 3,3 anos, o que significa que estão sobrevivendo para além dos dois anos críticos de sobrevivência, o que pode ser reflexo das condições locais da oferta de *funding* público via editais. Do ponto de vista da capacidade humana local, medianamente são dois fundadores por startup e um funcionário, mostrando que são de fato micronegócios dependentes de um ambiente de inovação que funcione como uma grande incubadora.

Com base nos resultados obtidos por meio do escalonamento multidimensional, que ordenou as variáveis pesquisadas espacialmente em distâncias representadas em espaço bidimensional, conforme as percepções dos fundadores pesquisados.

A validação do modelo nMDS pode ser confirmada na tabela 4, que mostra que o modelo conseguiu representar as distâncias originais dos dados em um espaço de duas dimensões com excelente fidelidade.

Tabela 4: Estresse e medidas de ajuste do modelo

Estresse Normalizado	Bruto	,00907
Stress-I		,09521 ^a
Stress-II		,16714 ^a
Estresse S		,01371 ^b
Dispersão contabilizada (D.A.F.)	para	,99093
Coefficiente de congruência de Tucker		,99546

PROXSCAL minimiza o estresse bruto normalizado.

a. Fator de escala ideal = 1,009.

b. Fator de escala ideal = 1,000.

Fonte: output SPSS.

Os indicadores S-stress e Stress estão relacionados com a soma dos quadrados dos erros, logo, quanto menor for o valor destes indicadores, maior será a qualidade do modelo. Segundo a classificação proposta por Kruskal (Borg, Groenen & Mair, 2018, p. 34), os valores atingidos pelos modelos são considerados razoáveis. O indicador DAF (Dispersão das Proximidades Explicadas) se relaciona com a correlação quadrática, assim sendo, quanto mais próximo de 1,0 for o seu valor, maior será a capacidade de explicação do modelo. Segundo a classificação apresentada por Borg, Groenen e Mair (2018, p. 34), ambos os modelos possuem alto poder explicativo. Em razão dos resultados alcançados, em especial por este último indicador, optou-se pelo modelo com duas dimensões.

Iniciando a análise da percepção pela tabela 5, de coordenadas finais, que representam a posição relativa de cada variável no espaço bidimensional reduzido (figura 1), se identifica as dimensões relevantes que sumarizam as variáveis de percepção. Na interpretação da nMDS, se considera que as dimensões geradas sejam arbitrárias em termos de direção e origem (posições podem ser invertidas ou transladadas sem alterar o ajuste geral), o que importa é a distância relativa entre pontos, e não o sinal isolado dos valores. Portanto, coordenadas próximas, mesmo que com sinais distintos (positivo e negativo pequenos próximos do zero), indicam que os pontos estão próximos no espaço multidimensional (Saeed et al., 2018, p.1.13; Borg, Groenen & Mair, 2018, p. 35).

Isto posto, a interpretação das percepções dos respondentes sobre práticas de inovação frugal nas startups sugere que as duas dimensões refletem eixos conceituais centrais da inovação frugal:

- **Dimensão 1:** relacionada à inclusão social, impacto e acessibilidade.
- **Dimensão 2:** associada à sustentabilidade, adaptação local e eficiência de recursos.

Essas dimensões emergem da análise empírica e se alinham fortemente aos pilares teóricos da inovação frugal, que enfatizam a busca por soluções acessíveis, funcionais e sustentáveis em contextos de escassez.

Tabela 5: Coordenadas das dimensões resultantes.

Variáveis	Dimensão	
	1	2
Soluções com foco as funcionalidades e requisitos essenciais	-,409	-,117
Soluções simples	-,020	-,288
Soluções boas o suficiente	-,054	,067
Soluções para baixa renda	,874	-,273
Estratégia de redução de custos	-,138	-,044
Uso de soluções e insumos locais	,523	1,149
Reutilização de material e redução de desperdícios	-,464	,382
Economia de recursos no desenho da solução	-,388	,181
Co-criação com usuários	-,169	,248
Inclusão produtiva e social	1,504	-,085
Entregas de soluções uteis mediante infraestrutura limitada	,115	-,806
Entregas de soluções adaptadas	-,380	,038
Crescimento do negócio em outras regiões com infraestrutura limitada	-,458	-,111
Crescimento do modelo de negócio pouco dependente de mais recursos	-,148	-,319
mentalidade frugal	-,388	-,022

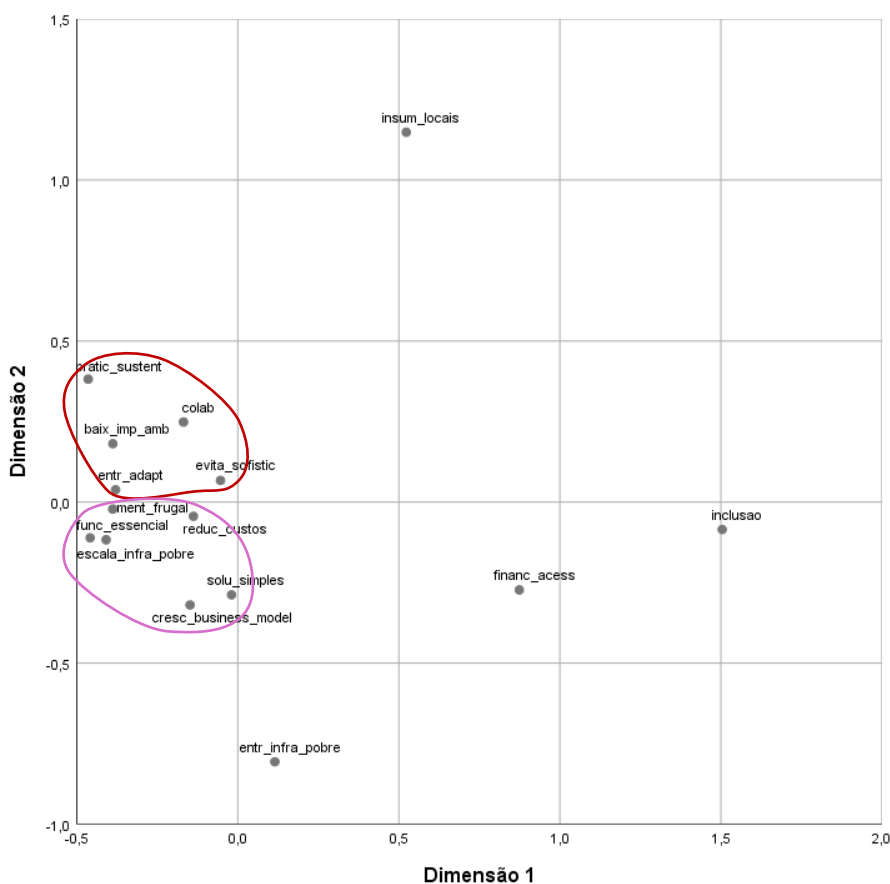
Fonte: saída do SPSS

Analisando a tabela 5, observa-se que estratégias como “Inclusão produtiva e social (inclusão)”, “Soluções para baixa renda (financ_aceess)” e “Uso de soluções e insumos locais (insum_locais)” apresentam valores positivos elevados na **dimensão 1**, sugerindo forte correlação com a inclusão e impacto social. Do lado oposto, para essa mesma dimensão, com altas cargas negativas, itens como “Reutilização de material (pratic_sustent)”, “Crescimento do negócio em outras regiões com infraestrutura limitada (escala_infra_pobre)”, “Soluções com foco as funcionalidades e requisitos essenciais (func_essencial)”, “Entregas de soluções adaptadas (entr_adapt)” e “Mentalidade frugal (ment_frugal)” têm valores negativos, indicando um agrupamento distinto, que pode ser associado à sustentabilidade e replicabilidade.

Na análise da **dimensão 2** na tabela 5, com os dados da tabela 5, se identifica o peso em estratégias das startups indicadas pelas variáveis “Uso de soluções e insumos locais (insum_locais)”, que se destaca com valor positivo elevado, mas ainda no campo positivo as variáveis “Reutilização de material e redução de desperdícios (pratic_sustent)” e “Co-criação com usuários (colab)”, sugerem sustentabilidade e adaptação local. “Entregas de soluções uteis mediante infraestrutura limitada (entr_infra_pobre)” apresenta valor negativo acentuado, indicando um polo oposto, talvez ligado à superação de deficiências estruturais e busca pelo uso eficiente de recursos.

De modo geral, as duas dimensões apresentam variáveis com coordenadas próximas e por isso tendem a compartilhar características conceituais, que nessa análise é explorado para identificar sinergias ou redundâncias entre estratégias percebidas pelos fundadores e utilizadas nas startups. A noção de proximidade conceitual é explorada ao se apresentar a figura 1 com o mapa de percepção das variáveis explicativas para a abordagem de inovação frugal.

Figura 1: Mapa de percepção das variáveis explicativas para a abordagem de inovação frugal.



Fonte: saída do SPSS

A análise dos dados dispostos no espaço bidimensional, na figura 1, permitiu a identificação de dois grupos de variáveis com maior peso na orientação estratégica percebidas pelos fundadores das startups pesquisadas, além de quatro *outliers*.

A análise parte da consideração que a inovação frugal é uma abordagem estratégica e multidimensional, orientada para o desenvolvimento de soluções inovadoras que sejam acessíveis, funcionais e sustentáveis, especialmente desenhadas para contextos marcados por restrições de recursos, como os mercados emergentes e comunidades vulneráveis (Bhatti, Y., 2012; Ahuja & Chan, 2020).

Isto posto, o primeiro grupo de variáveis analisado se alinha com os conceitos centrais da inovação frugal, que passa pela oferta de **soluções boas o suficiente** com a priorização na resolução de problemas com foco na eficiência, evitando funcionalidades supérfluas e concentrando-se no essencial. Contudo, a **co-criação** de soluções com o usuário é fundamental, já que ele é um agente ativo no processo de inovação frugal e por meio de práticas lean no desenvolvimento de clientes as startups costumam estabelecer canais constantes de interação e aprendizado com usuários finais, conforme apontado por Annala et al (2018) e observado nas práticas das startups no ecossistema local.

Assim, surgem as **soluções adaptadas**, que incorporam o conhecimento local e as especificidades culturais, tornando-se mais robustas, aceitas e eficazes no contexto em que são aplicadas.

A busca por esse tipo de solução está diretamente relacionada à **economia de recursos no desenho da solução**, ou a engenharia da solução, onde a **reutilização de materiais e redução de desperdícios** reflete menor impacto ambiental. Essa última característica bem explorada no trabalho de Corsini et al (2021).

Ahuja e Chan (2020) e Tjahjana (2020) mostram em seus trabalhos que as startups podem empregar tecnologias digitais para criar soluções lean, que minimizam desperdícios e utilizam plataformas digitais para otimizar operações, diminuir necessidades físicas (como espaços físicos para atendimento), e facilitar o acesso a mercados e clientes sem grandes investimentos.

Enfim, esse **primeiro grupo de variáveis** sugere que as startups estão propensas a desenvolverem soluções de baixo custo, de forma incremental, testadas e iteradas com os usuários de modo a encontrar o melhor ajuste do produto (product-fit), e assim permitir o acesso da startup a um mercado maior.

O segundo grupo de variáveis está alinhado com as práticas que se inter-relacionam para gerar soluções eficazes e de baixo custo em contextos de escassez, articulando as variáveis com maior impacto na operação das startups. A variável **foco nas funcionalidades e requisitos essenciais**, é o ponto de partida da abordagem frugal. No caso de startups digitais ou que operam para a transformação digital essa simplicidade se reflete em interfaces intuitivas, fácil manutenção e produção local, tornando as soluções mais acessíveis e adaptadas ao contexto de uso, como preconizado no trabalho de Agarwal et al (2020, p. 139, 144).

A busca por **soluções simples** faz parte de uma **estratégia de redução de custos**, que ofereça preços acessíveis, facilidade de aquisição, manutenção e uso são prioridades para democratizar o acesso e ampliar o impacto social (Bhathi, 2012, p. 15). A partir dessa estratégia, os fundadores sugerem que é possível **replicar a solução para outras regiões com escassez de recursos**, o que implica, segundo Agarwal, Chung e Brem (2020) na flexibilidade e modularidade dessas soluções, que podem ser escaladas e adaptadas a novos mercados sem exigir grandes investimentos adicionais, permitindo **crescimento pouco dependente de mais recursos**, como apresentado por Ahuja e Chan (2020, p. 104).

A **mentalidade frugal**, é uma característica que permite o fundador a transformar restrições em oportunidades, por meio do esforço inovador, que seja inclusivo e socialmente relevante (Radjou, 2024).

Por fim, esse **segundo grupo de variáveis** sugere que os fundadores focados na operação de suas startups com forte orientação para o desenvolvimento tecnológico com baixo custo na busca por adaptar suas entregas à realidade do ecossistema de inovação local. Ecossistema esse que está imerso em um contexto de limitações, apesar dos esforços locais para aprofundamento do desenvolvimento tecnológico autóctone.

Os outliers observados na figura 1, demonstram, por outro lado, que não há percepção dos fundadores em relação as demandas de populações socialmente fragilizadas. Isso pode ser afirmado ao se observar as variáveis com alto grau de dissimilaridade (outliers), que foram: a) inclusão via aquisições de fornecedores locais (insum_local); b) inclusão produtiva e social

(inclusão); c) desenvolvimento de soluções para baixa renda (finan_ access) e; d) entregas de soluções úteis mediante infraestrutura limitada (entr_infra_pobre). Portanto, todas relacionadas com a inclusão social e produtiva de populações socialmente frágeis.

5 – Considerações finais

Este artigo teve como objetivo identificar se os processos operacionais e estratégicos para o desenvolvimento tecnológico das startups estão alinhados com os conceitos e princípios operacionais da abordagem de inovação frugal. Para atingir esse objetivo foi aplicado o método analítico do escalonamento multidimensional ao conjunto de respostas originadas dos fundadores das startups.

O objetivo da aplicação do método foi compreender as percepções dos respondentes sobre as variáveis que explicam uma inovação frugal e plotar os resultados em um mapa de percepção bidimensional que explicou visualmente como os conceitos de inovação frugal são internalizados nas ações operacionais e estratégicas das startups. Os resultados centrais mostraram que:

- 1) análise da percepção da abordagem de inovação frugal nas startups em Alagoas revela que as startups, de um lado estão propensas a desenvolverem soluções de baixo custo, de forma incremental, testadas e iteradas com os usuários de modo a encontrar o melhor ajuste do produto (product-fit), como instrumento para atingir mais mercados.
- 2) Os fundadores são muito mais orientados para a operação cotidiana das startups, como forma de manter o baixo custo e adaptar as soluções de acordo com as condições do ecossistema local, do que para a inclusão produtiva e social de populações fragilizadas socialmente.
- 3) As práticas de inclusão social e produtiva ainda não são plenamente percebidas ou internalizadas pelos fundadores, indicando uma lacuna na integração de populações socialmente fragilizadas.

Para pesquisa futuras, o presente artigo sugere:

- 1) a ampliação do escopo de respondentes para a realização de inferências generalizáveis a partir da amostra.
- 2) Identificar o impacto dos editais públicos de fomento no tipo de desenvolvimento tecnológico dessas startups.
- 3) Identificar se a pouca maturidade do ecossistema pode ser impeditivo à transferência tecnológica (escalabilidade e replicabilidade) das soluções frugais locais para outros contextos regionais ou nacionais.

Sobre as limitações do estudo, estas podem surgir devido a diferentes fatores, como: metodologia utilizada; características da amostra; base teórica utilizada; tratamento estatístico adotado; etc. Nesta pesquisa, algumas limitações podem ser destacadas:

- dadas as características apresentadas pela amostra (não-probabilística), os resultados obtidos não permitem generalizações para todas as startups do ecossistema de inovação em Alagoas.
- as técnicas estatísticas utilizadas geram representações estruturais das relações entre as variáveis investigadas, mas não são apropriadas para a realização de inferências estatísticas que vão além dos próprios resultados obtidos.

Mas, essa pesquisa contribui com o avanço de uma teoria de inovação frugal ao sugerir que mesmo em ambientes com restrições de recursos e lacunas institucionais, nem sempre é possível observar a integralidade dos princípios norteadores para o desenvolvimento de inovação frugal.

Por fim, apesar da inovação frugal emergir na literatura como um caminho promissor para transformar desafios em soluções de alto impacto, pelo potencial de promover o desenvolvimento sustentável e a inclusão em ambientes com restrições, pela novidade do

conceito e a falta de uma estrutura teórica mais sólida, os princípios analíticos e operacionais são pouco ou totalmente não entendidos pelos operadores dos processos de inovação e policy makers, particularmente nas regiões que seriam o palco principal das inovações frugais, as regiões periféricas.

6 – Referências

- Ahuja, S., & Chan, Y. E. (2020). Frugal innovation and digitalisation: A platform ecosystem perspective. In A. J. McMurray & G. A. de Waal (Eds.), *Frugal innovation: A global research companion* (Cap. 5). Routledge. Recuperado de <https://doi.org/10.4324/9780429025679-5>
- Annala, L., Luikila, T., Krishnan, R. T., Singh, A., & Kiran, A. (2018). Co-production and frugal innovation in drinking water provision in Ahmedabad, India. *Journal of Cleaner Production*, 171, S110–S118. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.037>
- Agarwal, N., Chung, K., & Brem, A. (2020). New technologies for frugal innovation. In A. J. McMurray & G. A. de Waal (Eds.), *Frugal innovation: A global research companion* (Cap. 8). Routledge. Recuperado de <https://doi.org/10.4324/9780429025679-8>
- Agarwal, N., Shiva Prasad, A., Herstatt, C., & Tiwari, R. (2024). Constraint-based thinking: A structured approach for developing frugal innovations. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(2), 742–754.
- Barros, J. G., & Paixão, A. E. A. (2021). Análise empreendedora de três ecossistemas de inovação do Nordeste do Brasil. *Revista GEINTEC*, 11(1), 5747–5759. Recuperado de <https://doi.org/10.7198/geintec.v11i1.1477>
- Bhatti, Y. (2012). What is frugal, what is innovation? Towards a theory of frugal innovation (Working paper). Said Business School and Green Templeton College. Recuperado de <https://ssrn.com/abstract=2005910>
- Borg, I., Groenen, P. J. F., & Mair, P. (2018). The fit of MDS and unfolding solutions. *Applied multidimensional scaling and unfolding* (pp. 28–42). Springer. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73471-2>
- Corsini, L., Dammico, V., & Moultrie, J. (2021). Frugal innovation in a crisis: The digital fabrication maker response to COVID-19. *R&D Management*, 51(2), 197–212. Recuperado em 10 de maio de 2025, de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/radm.12446>
- D’Angelo, V., & Magnusson, M. (2022). Frugal approaches to innovation: Industrial settings and innovation strategies. *IEEE Engineering Management Review*, 50(2), 88–92. Recuperado de <https://doi.org/10.1109/EMR.2022.3171133>
- da Silva, L. F., Berti, A. P., dos Santos Barros, F., Rosário, F. J. P., & de Lima, A. A. (2023). O programa institucional de bolsas de iniciação em desenvolvimento tecnológico e inovação (PIBITI) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS como potencial fonte de inovação frugal. *P2P e Inovação*, 10(1), 155–177.
- Dost, M., & Umrani, W. A. (2024). Managerial proactiveness, frugal innovation and firm performance. *The Journal of Entrepreneurship*, 33(2), 393–417. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/09713557241256212>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024). *Alagoas: Cidades e Estados*. Recuperado em 10 de maio de 2025, de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al>
- Laplane, M. F., Borghi, R. A. Z., & Torracca, J. (2023). Ecossistema de inovação e digitalização: Uma análise da adoção digital entre as empresas da região de Campinas. *Revista Brasileira de Inovação*, 22, e023017.
- McCausland, T. (2023). Reverse innovation, frugal innovation, and jugaad. *Research-Technology Management*, 66(1), 68–70. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/08956308.2023.2142444>

- Moreira, G. G., dos Santos, R. J. R., de Carvalho, V. D. H., Rosário, F. J. P., & dos Santos, A. J. (2024). Potential for frugal innovation in a Brazilian regional system: A study based on a multicriteria approach. *Societies*, *14*, Article 95. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/soc14060095>
- Radjou, N. (2024). *The frugal economy: A guide to building a better world with less*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Radjou, N., & Prabhu, J. (2015). *Frugal innovation: How to do more with less*. Londres, Reino Unido: The Economist.
- Rosário, F. J. P., de Lima, A. A., & de Oliveira Castro, G. F. (2023). O programa institucional de bolsas de iniciação científica em desenvolvimento tecnológico e inovação (PIBITI) como fonte de inovação frugal na Universidade Federal de Alagoas. *Cadernos de Prospecção*, *16*(5), 1428–1442.
- Rosário, F. J. P., & Santana, L. C. F. (2025). *Missão Alagoas: Políticas públicas e turismo sustentável*. Maceió, AL: EDUFAL.
- Rovere, R. L. L., Almeida, F. A., Silva, J. T., & Costa, M. R. (2021). Desafios para a mensuração de ecossistemas de inovação e de ecossistemas de empreendedorismo no Brasil. *REGEPE - Revista de Gestão, Educação e Pesquisa*, *10*(1), e1971. Recuperado de <https://doi.org/10.14211/regepe.v10i1.1971>
- Saeed, N., Nam, H., Haq, M. I. U., & Muhammad Saqib, D. B. (2018). A survey on multidimensional scaling. *ACM Computing Surveys*, *51*(1), 1–25. Recuperado de <https://doi.org/10.1145/3178155>
- Sebrae. (n.d.). *Ecossistemas de inovação*. Observatório Sebrae Startups. Recuperado em 10 de maio de 2025, de <https://observatorio.sebraestartups.com.br/pt-br/indicadores/ecossistemas-de-inovacao>
- Tjahjana, D., Manurung, A. H., Setiadi, N. J., & Kosasih, W. (2020). Innovation, digital business and frugal innovation type. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, *7*(3), 820–831.
- Winterhalter, S., Zeschky, M., Gassmann, O., & Snihur, Y. (2017). Business models for frugal innovation in emerging markets: The case of the medical device and laboratory equipment industry. *Technovation*, *66–67*, 3–13. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.07.002>