

## **STARTUPS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: COMO O EMPREENDEDORISMO E A BIOTECNOLOGIA SOLUCIONAM DEMANDAS DA SOCIEDADE NO SÉCULO XXI**

### **Resumo**

Regiões áridas e semiáridas enfrentam sérios desafios ambientais e humanitários, como escassez de água, desertificação e insegurança alimentar, agravados pelas mudanças climáticas. A biotecnologia marrom oferece soluções para esses problemas. A Agenda 2030 da ONU conecta essas questões aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), e startups biotecnológicas têm surgido para enfrentá-las, utilizando empreendedorismo e inovação para promover o desenvolvimento sustentável nessas regiões. Este estudo analisou o papel de startups na resolução de problemas sociais no semiárido brasileiro, sob a ótica dos ODS, com foco em práticas de inovação e empreendedorismo. Partindo dessa premissa, foram examinados sites institucionais, aplicativos e estratégias de mercado de startups de biotecnologia através de uma abordagem exploratória e qualitativa. A análise incluiu uma revisão sistemática da literatura e bases de dados com termos como "biotecnologia", "semiárido" e "sustentabilidade". Os dados foram organizados em categorias como modelo de negócio, impacto ambiental e social, e alinhamento com os ODS, permitindo a identificação de práticas replicáveis. Os resultados mostraram que as startups de biotecnologia oferecem soluções complementares focadas em água limpa, agricultura sustentável e bioeconomia. Essas empresas, alinhadas aos ODS, criam um ecossistema integrado que contribui para o desenvolvimento sustentável, socioeconômico e ambiental do semiárido. A metodologia de startup enxuta, aplicada com foco em biotecnologia e sustentabilidade, transforma os desafios socioambientais em oportunidades de inovação e crescimento econômico, criando soluções eficientes e minimizando desperdícios. Isso torna o semiárido um exemplo de transformação por meio da inovação ágil e sustentável.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Semiárido; Bioeconomia

### **1. Introdução**

Regiões áridas e semiáridas apresentam diversas problemáticas ambientais e humanitárias relacionadas ao escopo da biotecnologia, como restrição de recursos hídricos e terras agricultáveis, desertificação, acesso a fontes de energias renováveis e, conseqüentemente, acesso da população local à alimentação adequada, gerando ocorrências de insegurança alimentar.

Diante disso, regiões com essas características tornam-se mais fragilizadas com mudanças climáticas, devido a sensibilidade do ecossistema e das interações com atividades relativas às dinâmicas sociais dos seres humanos (Huang et al., 2015; Rodríguez-Núñez et al., 2015).

Nesse sentido, Da Silva (2004) e De La Vega (2015) apresentam a relação de ferramentas conhecidas como “biotecnologia marrom”, que se referem a práticas e

avanços biotecnológicos desenvolvidos em terras áridas e semiáridas, as problemáticas ambientais manejadas nessas regiões.

No Brasil, o Nordeste é a região que apresenta essas características, que aliadas à construção histórica do país, se desdobram em uma cadeia de demandas sociais relativas ao desenvolvimento econômico, educação, bem-estar e sustentabilidade. Além disso, a ausência de políticas públicas efetivas garante a manutenção da frágil estrutura social da região, evitando o acesso de parte da população aos direitos humanos constitucionais (Rodrigues *et al.*, 2022).

Em um cenário mais amplo, a Organização das Nações Unidas (ONU) tem abordado diversas questões globais – como as demandas do semiárido brasileiro – dentro da Agenda de Desenvolvimento do Milênio. Com a adoção da resolução 70/1 (United Nations, 2015), a ONU estabeleceu a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que contempla 17 objetivos e 169 metas, distribuídos nas dimensões social, ambiental, econômica e institucional.

Nesse contexto, nota-se que das problemáticas supracitadas, diversas são distribuídas nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS 2 trata de ‘Fome zero e agricultura sustentável’, relacionando-se à escassez de terras agricultáveis no semiárido brasileiro, bem como o destaque de um problema global significativo, relacionado à alimentação: o impacto ambiental da produção.

A prática agrícola frequentemente envolve desmatamento, uso de agroquímicos, erosão do solo, emissões de gases de efeito estufa e consumo excessivo de água, especialmente em monoculturas e na produção de ração para pecuária. Essas práticas têm um impacto considerável no meio ambiente e na desertificação do ecossistema semiárido, evidenciando a necessidade de aprofundar as discussões sobre os princípios que regem a produção agrícola, especialmente na seara da biotecnologia marrom.

Por outro lado, a agricultura sustentável surge como um paradigma que busca equilibrar a produção de alimentos com a preservação dos recursos naturais, promovendo a saúde do solo, a biodiversidade e a eficiência no uso de insumos, especialmente com aplicação de ciência biotecnológica (Das *et al.*, 2023).

A complexidade da agricultura, por sua vez, se ramifica em diversas áreas de discussão, relacionando-se intrinsecamente também aos ODS 6, 12, 13 e 15, que abordam, respectivamente, ‘Água potável e saneamento’, ‘Consumo e produção responsáveis’, ‘Ação contra a mudança global do clima’ e ‘Vida terrestre’ (United Nations, 2015). Esses objetivos estão fortemente relacionados às demandas de práticas agrícolas inovadoras em regiões semiáridas, discutidas por Águila (2013), que objetivam preservar esses ecossistemas, com o intuito também de salvaguardar a herança genética do bioma. Em destaque, o ODS 15 cita especificamente terras semiáridas, confirmando a necessidade de trabalhar todas as demandas discutidas no arcabouço teórico supracitado.

Nesse contexto, a identificação desses desafios instiga a busca por soluções através de iniciativas empresariais. Assim, o mercado tem respondido a esses cenários com negócios inovadores e disruptivos, que aplicam tecnologia avançada derivada das ciências biológicas – biotecnologia. Por isso, torna-se necessária também a inserção do conceito de empreendedorismo ao estado da arte de soluções para demandas do semiárido brasileiro.

Nesse sentido, o empreendedorismo surge como um processo de identificação de oportunidades para desenvolver ideias inovadoras, criar algo ou melhorar o que já existe, com o objetivo de gerar valor (Drucker, 2011). Portanto, o empreendedorismo envolve assumir riscos calculados, mobilizar recursos e liderar iniciativas para criar

produtos, serviços ou empresas que atendam às necessidades do mercado ou demandas sociais. Isso se alinha ao conceito de inovação, que visa aumentar a competitividade estratégica e o desempenho financeiro de uma empresa (Mone, McKinley, & Barker, 1998).

Mais especificamente, uma abordagem empreendedora e inovadora tem transformado o mercado através da modelagem “enxuta” de negócios. A metodologia de startup enxuta, desenvolvida por Eric Ries (Ries, 2012), tem como objetivo construir validações contínuas de hipóteses, produtos mínimos viáveis (MVP), pivotar, criar métricas de aprendizado e desperdiçar ao mínimo, o que gera negócios dinâmicos, inovadores e altamente resolutivos. Logo, a abordagem de startups proporciona estruturas ágeis para inovação eficiente, minimizando riscos e maximizando as chances de sucesso em ambientes de constante mudança. Portanto, ao relacionar esses conceitos com as demandas do semiárido brasileiro e as potencialidades da biotecnologia, entende-se que a inovação sobre as restrições ambientais são variáveis-chave para desenvolvimento dessas soluções.

Em virtude disso, as startups de base biotecnológica têm ganhado relevância nos últimos anos ao abordar desafios sociais específicos do semiárido brasileiro. Seu foco principal inclui não apenas a inovação em produtos biotecnológicos, mas também a mitigação de impactos ambientais e a promoção do desenvolvimento sustentável.

No entanto, devido à natureza dinâmica e inovadora desses empreendimentos, há uma escassez de literatura e artigos científicos que discutam adequadamente seu impacto no mercado e na resolução dos problemas sociais da região semiárida. Diante dessa premissa, o objetivo do presente trabalho é analisar o papel das startups biotecnológicas na solução de demandas sociais, por meio de práticas de inovação e empreendedorismo no semiárido brasileiro sob a ótica dos ODS.

## 2. Fundamentação Teórica

### Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, Empreendedorismo e Biotecnologia

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, definem uma agenda para transformar o mundo até 2030, com 17 objetivos e 169 metas que articulam dimensões sociais, econômicas e ambientais (ONU, 2015). Nos últimos anos, observa-se uma crescente atenção acadêmica e prática às sinergias entre os ODS e iniciativas inovadoras, destacando-se o papel do empreendedorismo sustentável como vetor fundamental para alcançá-los (Cohen et al., 2022).

Nesse contexto, a biotecnologia desponta como área estratégica para a inovação com impacto positivo, integrando soluções tecnológicas para desafios globais como saúde, fome, mudanças climáticas e uso sustentável dos recursos naturais (Wang et al., 2024).

Os ODS não são apenas um pacto entre governos; cada vez mais são considerados uma bússola para o setor privado, universidades e empreendedores moldarem suas estratégias e inovações (Sachs et al., 2022). Segundo Brandli Filho et al. (2023), o alinhamento das atividades empresariais aos ODS aumenta a legitimidade social das organizações, fortalece sua reputação e abre novas oportunidades de mercado, especialmente nos setores de base tecnológica.

A literatura recente evidencia que os ODS não devem ser vistos isoladamente. Negócios que criam soluções para o ODS 2 (fome zero), por exemplo, também podem

impactar positivamente os ODS 3 (saúde e bem-estar) e 12 (consumo e produção responsáveis) (Rocha & Cavalcanti, 2024). Assim, os empreendimentos que incorporam uma visão sistêmica da sustentabilidade têm maior probabilidade de gerar impacto positivo.

Os investidores de impacto têm buscado startups que contribuam para o atingimento dos ODS, aumentando a atratividade de negócios que demonstrem potencial socioambiental (Heikkinen et al., 2023). No entanto, muitos empreendedores ainda carecem de instrumentos para medir e reportar tais impactos, o que evidencia a necessidade de metodologias robustas para avaliar a contribuição dos negócios para os ODS.

Os desafios globais representados pelos ODS demandam soluções inovadoras e colaborativas. O empreendedorismo sustentável em biotecnologia tem potencial para transformar profundamente sistemas alimentares, de saúde, energia e indústria, contribuindo para alcançar múltiplos objetivos simultaneamente.

Para que esse potencial seja plenamente realizado, é fundamental um ecossistema favorável, com políticas públicas de apoio, mecanismos de financiamento de impacto e infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, é necessário que empreendedores incorporem práticas transparentes de mensuração de impacto e considerações éticas na condução de seus negócios. Dessa forma, a tríade ODS-empreendedorismo-biotecnologia representa uma aliança estratégica para enfrentar os principais desafios do século XXI e construir um futuro mais sustentável, inclusivo e próspero para todos.

A biotecnologia — definida como o uso de organismos vivos ou seus sistemas para desenvolver produtos ou processos úteis — tem sido um campo fértil para inovações que avançam múltiplos ODS simultaneamente. O avanço das biotecnologias verdes (agro), vermelhas (saúde), azuis (marinhas) e brancas (industriais) permite criar soluções menos intensivas em recursos, mais saudáveis e mais resilientes (Wang et al., 2024).

Segundo Kumar et al. (2023), biotecnologias agrícolas contribuem para o ODS 2, ao melhorar a produtividade e a resistência de culturas a pragas e mudanças climáticas, além de reduzir o uso de insumos químicos, alinhando-se ao ODS 15 (vida terrestre). No campo da saúde, a biotecnologia vermelha oferece avanços significativos no desenvolvimento de vacinas, terapias gênicas e diagnósticos acessíveis, com impacto direto nos ODS 3 e 10 (redução das desigualdades).

Os biorrefinamentos industriais e enzimas para processos produtivos (biotecnologia branca) reduzem as emissões e o uso de energia fóssil (ODS 7, 9 e 13). Por sua vez, a biotecnologia azul, ainda emergente, explora o potencial dos oceanos para medicamentos, biopolímeros e alimentos, contribuindo para o ODS 14 (vida na água).

No entanto, como destacam Silva et al. (2022), a implementação responsável da biotecnologia requer considerar riscos éticos, sociais e ambientais, além de garantir acesso equitativo às inovações.

## **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, Empreendedorismo e Biotecnologia**

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, definem uma agenda para transformar o mundo até 2030, com 17 objetivos e 169 metas que articulam dimensões sociais, econômicas e ambientais (ONU, 2015). Nos últimos anos, observa-se uma crescente atenção acadêmica e prática às sinergias entre os ODS e iniciativas inovadoras, destacando-se o papel do empreendedorismo sustentável como vetor fundamental para alcançá-los (Cohen et al., 2022).

Nesse contexto, a biotecnologia desponta como área estratégica para a inovação com impacto positivo, integrando soluções tecnológicas para desafios globais como saúde, fome, mudanças climáticas e uso sustentável dos recursos naturais (Wang et al., 2024).

Os ODS não são apenas um pacto entre governos; cada vez mais são considerados uma bússola para o setor privado, universidades e empreendedores moldarem suas estratégias e inovações (Sachs et al., 2022). Segundo Brandli Filho et al. (2023), o alinhamento das atividades empresariais aos ODS aumenta a legitimidade social das organizações, fortalece sua reputação e abre novas oportunidades de mercado, especialmente nos setores de base tecnológica.

A literatura recente evidencia que os ODS não devem ser vistos isoladamente. Negócios que criam soluções para o ODS 2 (fome zero), por exemplo, também podem impactar positivamente os ODS 3 (saúde e bem-estar) e 12 (consumo e produção responsáveis) (Rocha & Cavalcanti, 2024). Assim, os empreendimentos que incorporam uma visão sistêmica da sustentabilidade têm maior probabilidade de gerar impacto positivo.

Os investidores de impacto têm buscado startups que contribuam para o atingimento dos ODS, aumentando a atratividade de negócios que demonstrem potencial socioambiental (Heikkinen et al., 2023). No entanto, muitos empreendedores ainda carecem de instrumentos para medir e reportar tais impactos, o que evidencia a necessidade de metodologias robustas para avaliar a contribuição dos negócios para os ODS.

Os desafios globais representados pelos ODS demandam soluções inovadoras e colaborativas. O empreendedorismo sustentável em biotecnologia tem potencial para transformar profundamente sistemas alimentares, de saúde, energia e indústria, contribuindo para alcançar múltiplos objetivos simultaneamente.

Para que esse potencial seja plenamente realizado, é fundamental um ecossistema favorável, com políticas públicas de apoio, mecanismos de financiamento de impacto e infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, é necessário que empreendedores incorporem práticas transparentes de mensuração de impacto e considerações éticas na condução de seus negócios. Dessa forma, a tríade ODS-empreendedorismo-biotecnologia representa uma aliança estratégica para enfrentar os principais desafios do século XXI e construir um futuro mais sustentável, inclusivo e próspero para todos.

A biotecnologia — definida como o uso de organismos vivos ou seus sistemas para desenvolver produtos ou processos úteis — tem sido um campo fértil para inovações que avançam múltiplos ODS simultaneamente. O avanço das biotecnologias verdes (agro), vermelhas (saúde), azuis (marinhas) e brancas (industriais) permite criar soluções menos intensivas em recursos, mais saudáveis e mais resilientes (Wang et al., 2024).

Segundo Kumar et al. (2023), biotecnologias agrícolas contribuem para o ODS 2, ao melhorar a produtividade e a resistência de culturas a pragas e mudanças

climáticas, além de reduzir o uso de insumos químicos, alinhando-se ao ODS 15 (vida terrestre). No campo da saúde, a biotecnologia vermelha oferece avanços significativos no desenvolvimento de vacinas, terapias gênicas e diagnósticos acessíveis, com impacto direto nos ODS 3 e 10 (redução das desigualdades).

Os biorrefinamentos industriais e enzimas para processos produtivos (biotecnologia branca) reduzem as emissões e o uso de energia fóssil (ODS 7, 9 e 13). Por sua vez, a biotecnologia azul, ainda emergente, explora o potencial dos oceanos para medicamentos, biopolímeros e alimentos, contribuindo para o ODS 14 (vida na água).

No entanto, como destacam Silva et al. (2022), a implementação responsável da biotecnologia requer considerar riscos éticos, sociais e ambientais, além de garantir acesso equitativo às inovações.

### **Empreendedorismo Sustentável: Inovação Orientada aos ODS**

O conceito de empreendedorismo sustentável ganhou destaque nos últimos anos, ao integrar os pilares ambiental, social e econômico no processo de criação e gestão de novos negócios (Muñoz et al., 2022). Esse tipo de empreendedorismo vai além da mera geração de lucro, procurando soluções para desafios complexos, como escassez de recursos, desigualdade e mudanças climáticas.

Muñoz e Kimmitt (2023) argumentam que empreendedores sustentáveis não apenas respondem a regulamentações ou demandas do mercado, mas se posicionam como agentes de mudança institucional, criando novas normas, práticas e mercados alinhados a uma economia mais justa e regenerativa. Essa postura é particularmente visível em áreas como agricultura regenerativa, energias renováveis, economia circular e biotecnologia.

Empreender de maneira sustentável, entretanto, enfrenta desafios significativos: incertezas regulatórias, altos custos iniciais de pesquisa e desenvolvimento, e barreiras culturais. Por isso, políticas públicas que incentivem tais iniciativas são cruciais para ampliar o impacto desses empreendimentos.

### **Empreendedorismo Sustentável: Inovação Orientada aos ODS**

O conceito de empreendedorismo sustentável ganhou destaque nos últimos anos, ao integrar os pilares ambiental, social e econômico no processo de criação e gestão de novos negócios (Muñoz et al., 2022). Esse tipo de empreendedorismo vai além da mera geração de lucro, procurando soluções para desafios complexos, como escassez de recursos, desigualdade e mudanças climáticas.

Muñoz e Kimmitt (2023) argumentam que empreendedores sustentáveis não apenas respondem a regulamentações ou demandas do mercado, mas se posicionam como agentes de mudança institucional, criando novas normas, práticas e mercados alinhados a uma economia mais justa e regenerativa. Essa postura é particularmente visível em áreas como agricultura regenerativa, energias renováveis, economia circular e biotecnologia.

Empreender de maneira sustentável, entretanto, enfrenta desafios significativos: incertezas regulatórias, altos custos iniciais de pesquisa e desenvolvimento, e barreiras culturais. Por isso, políticas públicas que incentivem tais iniciativas são cruciais para ampliar o impacto desses empreendimentos.

### 3. Metodologia

Este estudo adotou uma abordagem exploratória e qualitativa, utilizando análise documental, *benchmarking* e comparação de práticas empresariais através de sites institucionais, aplicativos e outras estratégias de mercado das startups de biotecnologia que atuam no semiárido brasileiro. Esse método permitiu uma compreensão ampla e sistêmica das estratégias de inovação e empreendedorismo desses negócios.

Assim, a identificação das startups de biotecnologia foi conduzida por meio de uma revisão sistemática da literatura e consulta a bases de dados abertas, utilizando termos como "startup", "inovação", "biotecnologia", "semiárido", "Nordeste brasileiro" e "sustentabilidade" como palavras-chave.

Dessa forma, foram selecionadas empresas reconhecidas por suas práticas inovadoras e empreendedoras, considerando a diversidade de modelos de negócio, escalas operacionais e contribuições para resolver desafios inseridos na seara da biotecnologia marrom, específicos do semiárido brasileiro.

Após a identificação das startups, os dados coletados foram organizados e analisados com base em categorias pré-definidas, como modelo de negócio, escopo tecnológico, impacto ambiental e social, e alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A análise foi conduzida de forma comparativa, utilizando as estratégias de benchmarking para identificar práticas inovadoras e bem-sucedidas que pudessem ser replicadas ou adaptadas a outras realidades do semiárido.

Além disso, os dados foram triangulados com informações extraídas da literatura científica, garantindo maior consistência e confiabilidade nas interpretações. Dessa forma, a metodologia permitiu uma avaliação crítica e abrangente das contribuições dessas startups para a solução de demandas sociais e ambientais no semiárido brasileiro.

### 4. Análise e Discussão dos Resultados

Parte das problemáticas do semiárido brasileiro relativas à biotecnologia marrom possui relação com a agricultura e alimentação. De fato, as demandas de desertificação, escassez hídrica e ausência de terras agricultáveis estão diretamente ligadas à produção de alimentos. No Brasil, entretanto, como um país em que a maior parte da matriz energética é oriunda de hidrelétricas (EPE, 2022), essas problemáticas de escassez em regiões áridas também estendem-se a fontes renováveis de energia. Portanto, a complexidade envolvida no semiárido brasileiro abrange várias ramificações, distribuídas nos ODS 2, 6, 8, 12, 13 e 15.

Nesse sentido, a interseção entre empreendedorismo, inovação tecnológica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no semiárido brasileiro revela um cenário de complementaridade entre startups que buscam solucionar desafios críticos da região. A combinação de soluções voltadas para o acesso à água, agricultura sustentável e bioeconomia reflete um ecossistema no qual tecnologias inovadoras, como as oferecidas pela SDW (Safe Drinking Water for All), In Soluções Biológicas, BioIn, OPARA Produtos Naturais e o Projeto Bioágua, não atuam de maneira isolada, mas como partes de um sistema integrado.

A SDW, com seu sistema Aqualuz, utiliza radiação solar para purificar a água de cisternas, uma solução essencial em uma região onde a escassez hídrica é um desafio constante. Esse projeto está diretamente alinhado ao ODS 6 (Água Potável e Saneamento), garantindo que as comunidades rurais tenham acesso à água limpa. O impacto do Aqualuz, no entanto, é maximizado quando combinado com outras tecnologias, como as oferecidas pela In Soluções Biológicas e pela BioIn, que atuam

no desenvolvimento de biofertilizantes e biopesticidas. Estas tecnologias não apenas melhoram a qualidade do solo, mas promovem a sustentabilidade da produção agrícola. Ambas contribuem para os ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao reduzir a dependência de agroquímicos que degradam o meio ambiente.

Essas soluções se complementam com o Projeto Bioágua, que reaproveita águas residuais para irrigação agrícola, proporcionando uma otimização do uso da água em regiões áridas. Ao garantir que pequenos produtores possam irrigar suas lavouras com eficiência, o Bioágua promove uma agricultura sustentável e alivia a pressão sobre os recursos hídricos. Como descrito por Oliveira e Silva (2018), o reaproveitamento da água é essencial em regiões onde a disponibilidade de recursos hídricos é baixa, criando um ciclo sustentável que permite a produção agrícola mesmo em condições ambientais adversas.

Além disso, a OPARA Produtos Naturais, localizada em Petrolina, Pernambuco, utiliza a biodiversidade da Caatinga para criar cosméticos, fitoterápicos e suplementos alimentares. Essa startup está alinhada ao ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 15 (Vida Terrestre), ao promover a bioeconomia e criar uma cadeia produtiva que valoriza a biodiversidade local. O uso de plantas nativas, como o licuri e o umbu, fortalece a preservação do bioma da Caatinga e gera uma cadeia produtiva de valor agregado, de forma similar à atuação da Raízes Desenvolvimento Sustentável, que também se concentra na bioeconomia e no desenvolvimento inclusivo.

A atuação dessas startups demonstra como as inovações tecnológicas e as práticas de bioeconomia estão interconectadas. A OPARA Produtos Naturais e a Raízes Desenvolvimento Sustentável integram as comunidades locais na cadeia produtiva, criando emprego e renda por meio do uso sustentável dos recursos naturais. A sinergia entre a bioeconomia e as soluções de otimização da água e melhoria do solo gera um impacto positivo no desenvolvimento socioeconômico e ambiental do semiárido. O uso de bioinsumos promovido pela In Soluções Biológicas e pela BioIn potencializa as práticas agrícolas sustentáveis e produtivas, que são viabilizadas pela água limpa fornecida pela SDW e pela eficiência hídrica promovida pelo Projeto Bioágua.

A BioIn adiciona uma camada adicional de inovação no setor agrícola, ao desenvolver insumos biológicos que otimizam a produção sem impactar negativamente o meio ambiente. Como destacado por Assis et al. (2020), a introdução de bioinsumos nas práticas agrícolas do semiárido melhora a qualidade do solo e contribui para a sustentabilidade a longo prazo. A geração de energia limpa também desempenha um papel fundamental nesse ecossistema de startups, especialmente com a atuação da Sertão Solar, que oferece soluções de energia solar em áreas rurais do semiárido. A energia solar possibilita a implementação de tecnologias, como as da SDW e do Projeto Bioágua, em regiões com acesso limitado à eletricidade. De acordo com Lima e Gomes (2021), a adoção de energia solar em sistemas de irrigação e purificação de água otimiza o uso dos recursos naturais e reduz os custos energéticos para pequenos produtores.

A sinergia entre as soluções das startups mencionadas se torna ainda mais evidente quando analisada em termos da eficiência dos recursos e do impacto social nas comunidades do semiárido. O tratamento de água da SDW, por exemplo, quando combinado com as tecnologias de irrigação eficiente do **Projeto Bioágua**, permite uma maximização do uso de um recurso vital em uma das regiões mais áridas do Brasil. Além disso, o acesso à água potável e a otimização do uso da água na

agricultura criam condições favoráveis para que tecnologias agrícolas sustentáveis, como as desenvolvidas pela **In Soluções Biológicas** e **BioIn**, possam ser implementadas com maior sucesso. Essas startups são interdependentes, pois a produtividade agrícola promovida pelos biofertilizantes e biopesticidas da In Soluções e BioIn depende diretamente de um fornecimento estável de água, algo possibilitado pelos sistemas da SDW e do Bioágua. Esse modelo de colaboração entre tecnologias de diferentes setores se reflete no cumprimento de metas interligadas dos ODS, como ODS 6 (Água Potável e Saneamento), ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

Adicionalmente, o impacto dessas startups não se limita ao campo da sustentabilidade ambiental. A **OPARA Produtos Naturais** e a **Raízes Desenvolvimento Sustentável** demonstram que a bioeconomia pode ser uma força motriz para a inclusão social e o desenvolvimento econômico em regiões de alta vulnerabilidade. Ao promover a utilização de plantas nativas da Caatinga em seus produtos, a OPARA estimula uma cadeia produtiva sustentável que não só preserva o bioma, mas também oferece oportunidades de emprego e renda para as comunidades locais. Esse foco no desenvolvimento de cadeias produtivas locais, que valoriza o uso sustentável dos recursos naturais, se reflete diretamente no cumprimento do ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 15 (Vida Terrestre). Da mesma forma, a **Raízes Desenvolvimento Sustentável**, ao integrar as comunidades no processo produtivo, fortalece a economia regional e fomenta práticas sustentáveis que geram benefícios sociais, econômicos e ambientais simultaneamente. Essa interconexão entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental reforça a importância de um ecossistema de startups que atuam de forma complementar e que compartilham o objetivo de criar soluções resilientes para o semiárido.

Em síntese, a integração das soluções promovidas pelas startups SDW, In Soluções Biológicas, BioIn, OPARA Produtos Naturais, Raízes Desenvolvimento Sustentável e o Projeto Bioágua evidencia uma abordagem multivariada para os desafios do semiárido brasileiro. Essas empresas formam um ecossistema interconectado, onde água, agricultura sustentável, bioeconomia e energia renovável convergem para gerar impactos amplos e sustentáveis. Ao combinar inovação tecnológica com práticas de sustentabilidade, essas startups promovem significativamente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, contribuindo para a transformação socioeconômica e ambiental das regiões mais vulneráveis do Brasil.

## 5. Conclusão e Contribuições

A aplicação da metodologia de startup enxuta no semiárido brasileiro, com foco na biotecnologia e sustentabilidade, demonstra ser uma estratégia eficaz para transformar desafios socioambientais em oportunidades de inovação e crescimento econômico. Startups como SDW, In Soluções Biológicas, BioIn, OPARA Produtos Naturais, Raízes Desenvolvimento Sustentável e o Projeto Bioágua exemplificam como a inovação pode ser direcionada para solucionar problemas locais, enquanto contribuem para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ao adotar práticas de validação contínua, desenvolvimento de produtos mínimos viáveis (MVPs) e métricas de aprendizado, essas empresas criam soluções que respondem diretamente às necessidades regionais.

Entretanto, o estudo enfrenta algumas limitações, principalmente devido à predominância de fontes secundárias e à ausência de uma análise empírica aprofundada sobre o impacto financeiro e social dessas startups a longo prazo. No futuro, é recomendada a realização de estudos que colem dados de campo, de forma

a validar os resultados e acompanhar o desempenho dessas iniciativas no tempo, além de explorar sua possível replicação em outras regiões áridas.

Ainda assim, os esforços dessas startups para minimizar desperdícios e otimizar os recursos disponíveis têm promovido um ecossistema de negócios resilientes, capazes de prosperar em ambientes desafiadores. Ao atuar em áreas como o acesso à água potável, manejo de resíduos hídricos, e desenvolvimento de bioinsumos e produtos naturais, essas startups colaboram para o desenvolvimento socioeconômico sustentável, enfrentando desafios como desertificação e insegurança alimentar.

Esse modelo de negócios dinâmico e adaptável, que alia tecnologia e sustentabilidade, demonstra que o desenvolvimento sustentável é possível até em regiões tradicionalmente marginalizadas. O semiárido brasileiro, por meio da inovação ágil e sustentável, pode se tornar um exemplo de transformação social, econômica e ambiental, servindo como referência para outras áreas com desafios semelhantes.

### Referências Bibliográficas

ÁGUILA, P. C. M. Agricultura en zonas áridas y semiáridas. *Idesia* (Arica), v. 31, n. 2, p. 3-4, 2013.

Cohen, B., Muñoz, P., & Kimmitt, J. (2022). Sustainable entrepreneurship: A systematic review and future directions. *Journal of Business Venturing*, 37(5), 106181. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2022.106181>

DA SILVA, E. J. The colours of biotechnology: science, development and humankind. **Electronic journal of biotechnology**, v. 7, n. 3, p. 01-02, 2004.

DAS S., RAY M. K., PANDAY D., MISHRA P.K. Role of biotechnology in creating sustainable agriculture. **PLOS Sustain Transform**. v. 2, n. 7, e0000069, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000069>

DE LA VEGA, I.; REQUENA, J.; FERNÁNDEZ-GÓMEZ, R. The colors of biotechnology in Venezuela: A bibliometric analysis. **Technology in society**, v. 42, p. 123–134, 2015. DOI 10.1016/j.techsoc.2015.03.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.03.007>

DRUCKER, P. F. A administração na próxima sociedade. NBL Editora. 2011  
EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional 2022. Ministério de Minas e Energia, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-BEN>.

Filho, W. L., Brandli, L., & Salvia, A. L. (2023). How businesses contribute to the SDGs: Evidence from case studies. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 30(1), 1–12.

Heikkinen, M., Lindeman, M., & Syrjä, P. (2023). Impact investing and SDGs: Aligning investments with sustainability goals. *Sustainability*, 15(4), 2746.

HUANG, J., JI, M., XIE, Y., WANG, S., HE, Y., & RAN, J. Global semi-arid climate change over last 60 years. **Climate Dynamics**. v. 46, p. 1131-1150, 2016.

Kumar, A., Singh, B., & Sharma, V. (2023). Biotechnological interventions for food security: Progress and prospects. *Plant Biotechnology Journal*, 21(6), 1052–1065

MONE, M. A.; MCKINLEY, W.; BARKER, V. L., III. Organizational decline and innovation: A contingency framework. **Academy of management review**, v. 23, n. 1, p. 115–132, 1998. DOI 10.5465/amr.1998.192965. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5465/amr.1998.192965>.

Muñoz, P., & Kimmitt, J. (2023). Institutional entrepreneurship and sustainability transitions. *Business Strategy and the Environment*, 32(3), 1176–1192.

RIES, E. A Startup enxuta: como os empreendedores atuais utilizam a inovação contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas. São Paulo: Lua de Papel, 2012.

RODRIGUES, E. A. M.; COUTINHO, A. P.; DE SOUZA, J. D. S.; COSTA, I. R. A.; NETO, S. M. S.; ANTONINO, A. C. D. Rural Sanitation: Scenarios and Public Policies for the Brazilian Semi-Arid Region. *Sustainability*. v. 14, n. 12, p. 7157, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14127157>.

RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, K.; RODRÍGUEZ-RAMOS, F.; LEIVA-PORTILLA, D.; IBÁÑEZ, C. Brown biotechnology: a powerful toolbox for resolving current and future challenges in the development of arid lands. *SN applied sciences*, v. 2, n. 7, 2020. DOI 10.1007/s42452-020-2980-0. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s42452-020-2980-0>.

Rocha, G., & Cavalcanti, R. (2024). SDG interlinkages and business practices: A framework for integrated sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 441, 140651.

Sachs, J. D., Schmidt-Traub, G., & Lafortune, G. (2022). *Sustainable Development Report 2022*. Cambridge University Press.

Silva, R. C., Oliveira, M. G., & Santos, E. (2022). Ethical challenges of biotechnology in sustainable development. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 22(1), 1–12.

UNITED NATIONS. (2015). **A/RES/70/1: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Seventieth session**, 25 Set. 2015.

TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Sustainable Development Goals**. [S. l.]: Nomos/Hart, 2022.

WATANABE, FERNANDO PASCHOALETO. Análise dos ecossistemas de inovação e *startups* aceleradas do Nordeste. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ensino e Pesquisa. Faculdade de Economia e Administração. **Insper**: São Paulo. 2021

Wang, Z., Li, Y., & Chen, X. (2024). Biotechnology and the sustainable development goals: Recent advances and future perspectives. *Biotechnology Advances*, 66, 108232.

36º ENANGRAD