

A dimensão invisível da produtividade – quem decide o jogo: PD&I, sistemas microbianos e a evolução dos processos agrícolas

DR. HÉROS JOSÉ MAXIMO

Diretor científico - bioXyz

O **Que Está Em Jogo:** Neste artigo, propõe-se uma leitura estratégica da biotecnologia microbiana a partir de uma analogia com a formação de uma seleção de futebol de alto desempenho. **Cada microrganismo é tratado como um jogador com habilidades específicas e/ou multifuncionais** – enzimáticas, metabólicas e ecológicas –, cuja real performance emerge da interação coletiva, e não da atuação isolada.

Tal como em uma Copa do Mundo, o resultado não é definido apenas pela presença dos melhores jogadores, mas pela capacidade de integrá-los em um sistema funcional, coordenado e adaptativo. Essa lógica reflete, com precisão, o comportamento dos sistemas microbianos em ambientes biológicos complexos.

Aquilo que não se vê no campo – mas estrutura, modula e determina o desempenho dos sistemas produtivos – passa a ocupar o centro da

inovação agrícola. A biotecnologia microbiana, orientada por Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), estabelece as bases para compreender, governar e explorar essa dimensão invisível, onde se definem os resultados produtivos.

A agricultura entrou em uma nova fase: sai o insumo isolado, entra o sistema biológico

A agricultura moderna foi construída sobre previsibilidade operacional, escala e eficiência econômica. Durante décadas, o avanço das tecnologias químicas, mecânicas e genéticas elevou a produtividade e redesenhou o campo. No entanto, a **bioXyz** tem demonstrado, a partir de PD&I, que esse modelo também revelou limites técnicos, econômicos e ambientais, impulsionando a incorporação de soluções biológicas mais resilientes, adaptáveis

e integradas ao funcionamento real dos sistemas produtivos. Nesse novo cenário, a biotecnologia microbiana deixa de ser uma camada acessória e passa a ocupar função estrutural. O foco já não está apenas na simples introdução de microrganismos, mas no domínio dos processos que governam sua expressão funcional, sua estabilidade operacional e sua capacidade de gerar desempenho agrônomo consistente. Em outras palavras, a disputa tecnológica mais avançada do agro não se dá somente na escolha do “insumo”, mas na capacidade de organizar biologicamente o sistema como um todo.

É justamente aqui que a analogia com o futebol se torna mais potente. Em uma seleção campeã, **não basta reunir nomes fortes**; é preciso entender posição, complementaridade, leitura tática, entrosamento, *timing* e estratégia de jogo. Com os microrganismos, ocorre algo equivalente. O valor biotecnológico não está no organismo tomado de forma isolada,

mas em sua função **dentro de uma arquitetura viva maior**. Há microrganismos que organizam o ambiente, outros que transformam substratos, outros que ampliam a diversidade química do sistema, outros que conferem robustez ecológica, outros que produzem biomoléculas de alta densidade funcional. **O salto tecnológico acontece quando esse conjunto deixa de ser interpretado como mistura empírica e passa a ser desenhado como escalação**. A partir desse ponto, o Microbioma Ativo deixa de ser ruído biológico e passa a ser infraestrutura produtiva.

Escalação técnica: por que cada microrganismo precisa ser lido como um jogador multifuncional

Uma das maiores limitações das abordagens convencionais em microbiologia aplicada é reduzir espécies e cepas a uma única função presumida. As publicações de PD&I mais recentes da **bioXyz** mostram exatamente o contrário: o que importa não é apenas a presença do microrganismo, mas **a amplitude do seu repertório funcional** e a forma como esse repertório se manifesta sob condições controladas de processo. *Bacillus amyloliquefaciens*, por exemplo, foi reportado com biossíntese concomitante de iturina A, feniglicina, surfactina, ácido indolacético, VOCs como 2,3-butanodiol, além de amilase e exopolissacarídeos. Isso significa que a cepa não deve ser lida como “produtora de um composto”, mas como uma plataforma biológica capaz de atuar simultaneamente sobre interface, sinalização, transformação de substratos, organização de matriz extracelular e densidade funcional do cultivo.

O mesmo raciocínio vale para *Pseudomonas fluorescens*, cuja assinatura reportada inclui pirrolnitrina, fenazina-1-carboxilato, DAPG,

pioverdina, pioquelina, AIA, VOCs como 2,3-butanodiol e acetil metil carbinol, além de quitinase e protease. Trata-se de uma organização metabólica extremamente sofisticada, que reúne compostos aromáticos, sideróforos, enzimas extracelulares e sinais difusíveis em uma única arquitetura funcional. Em linguagem de jogo, **esse não é um atleta de uma jogada só**; é um jogador versátil, técnico, com leitura de campo e múltiplas valências. A implicação prática dessa leitura é decisiva: quando uma empresa domina a interpretação da multifuncionalidade microbiana, ela deixa de vender ou estudar “um microrganismo” e passa a trabalhar com ativos biológicos de alto conteúdo tecnológico.

Em nossos resultados de PD&I, o fungo filamentoso *Trichoderma asperellum* também ilustra esse princípio com clareza. Nos dados reportados, a cepa foi associada à produção de harzianolida, lactonas, ácido indolacético, VOCs como octenol e acetil metil carbinol, além de glucanase e protease. Em termos científicos, isso revela um organismo que conjuga capacidades enzimáticas, metabólicas e sinalizadoras em uma única unidade biológica. Em termos editoriais, ele representa aquele jogador que, **além de cumprir sua função principal, também cria espaço, reorganiza o jogo e melhora a performance coletiva**. Esse tipo de leitura é especialmente importante para o agro moderno porque **desloca o olhar da biologia “de catálogo” para a biologia “de processo”**, na qual o valor da espécie/cepa depende de como ela é cultivada, induzida, combinada e analisada.

A mesma lógica se aplica a *Streptomyces griseoviridis*, cuja produção reportada incluiu griseoviridina, VOCs, quitinases, sideróforos, enzimas hidrolíticas e peptídeos antimicrobianos. Nesse caso, o destaque recai sobre a densidade biossintética. Actinobactérias como *Streptomyces* ampliam o repertório químico do sistema, introduzindo uma camada de complexidade particularmente

valiosa para plataformas de PD&I. Em uma seleção de alto desempenho, seriam os **jogadores que adicionam criatividade, profundidade tática e capacidade de desequilibrar partidas complexas**. Em biotecnologia, são organismos que aumentam a sofisticação do secretoma, do metaboloma e das possibilidades de desenvolvimento de processos, ingredientes, frações funcionais e novos arranjos biológicos.

Camisa 10 biológico: o valor não está no jogador mais forte, mas na leitura correta dos atributos

A metáfora do “camisa 10” ajuda a traduzir, sem simplificar, a lógica funcional dos microrganismos. Em uma seleção de alto nível, o camisa 10 não é necessariamente o mais forte, o mais rápido ou o mais resistente – é aquele que entende o jogo, lê o campo, conecta as jogadas e potencializa o desempenho coletivo. **Ele não vence sozinho; ele faz o time jogar melhor**.

No plano biotecnológico, os “atributos” equivalentes não são físicos, mas funcionais: capacidade enzimática, diversidade metabolômica, robustez de crescimento, plasticidade biossintética, produção de sideróforos, emissão de compostos orgânicos voláteis microbianos (mVOCs), geração de biomassa e, principalmente, desempenho em consórcio sob condições controladas de processo. Cada microrganismo carrega um conjunto próprio dessas competências, e seu valor não está em um atributo isolado, mas **na forma como esse conjunto pode ser explorado em um sistema**.

O erro estratégico, tanto no futebol quanto na biotecnologia, é imaginar que exista um jogador universalmente superior. O que existe, na realidade, é adequação de perfil ao contexto. Em microbiologia aplicada,

da, isso significa compreender **qual microrganismo deve entrar em campo, em qual posição funcional, em combinação com quais parceiros, sob qual janela temporal e com qual arquitetura de cultivo e processo.**

Essa mudança de visão é profundamente estratégica – e altamente comercial. Ela desloca o mercado de uma lógica simplista de comparação entre organismos para uma lógica de inteligência aplicada. A pergunta deixa de ser “qual espécie usar” e passa a ser: **qual arranjo biológico entrega o melhor desempenho funcional para um objetivo específico?**

Quem domina essa pergunta domina o próximo estágio da bioeconomia agrícola. E é exatamente nesse ponto que a **bioXyz**, orientada por PD&I, se diferencia: a **bioXyz** não realiza pesquisa e desenvolvimento apenas com presença de microrganismos, mas com **desenho de sistemas**, combinação de atributos, governança de processo e rastreabilidade de resultados. Esse é o tipo de posicionamento que eleva o valor percebido, qualifica a demanda, aproxima parceiros estratégicos e transforma conhecimento técnico em vantagem competitiva real.

Metaboloma funcional: onde o jogo realmente é decidido

Se o microrganismo é o jogador, o metaboloma é a partida em andamento. A **bioXyz**, por meio de divulgação técnica e científica (edições anteriormente publicadas), demonstra, tecnicamente, que o metaboloma microbiano representa a camada funcional do metabolismo responsável pelas interações bioquímicas críticas que ocorrem no solo, na rizosfera e na fitosfera. Lipopeptídeos, poliquetídeos, peptídeos não ribossômicos e híbridos, sideróforos, compostos orgânicos voláteis, enzimas especializadas e fitormônios microbianos participam de processos essenciais como

competição biológica, comunicação química, mobilização de nutrientes, adaptação a estresses ambientais e modulação da microbiota associada às plantas. Sob a perspectiva produtiva, esses compostos não são apenas moléculas isoladas; são mecanismos biológicos de desempenho.

A assinatura metabolômica comparativa recentemente publicada na edição 113 pela **bioXyz**, aprofunda essa compreensão ao reportar produção relativa de moléculas como subtilosina A, espinosinas A e D, ácido glucônico, 2,3-butanodiol, VOCs, ácido harziânico, geosmina, iturina A, pyochelina, quitinases e β -1,3-glucanases, 6-pentil- α -pirona, difficidina, sideróforo tipo catecol, bacillaeno, ácido fenazina-1-carboxílico, beauvericina, tricondermina, cordicerpina, surfactina, bacillomicina D, bacilisina, pyoverdina, lichenisina, fengicina, macrolactina, destruxinas A e E, pirrolnitrina, ácido indol-3-acético, acetoina e DAPG. Os resultados gerados pela **bioXyz** destacam que a modulação das variáveis de processo altera, significativamente, o perfil biossintético, sugerindo ativação coordenada de vias metabólicas anteriormente subexpressas. **Isso reforça um ponto decisivo: o que se controla não é só a biomassa; controla-se o fenótipo metabólico funcional do sistema.**

Essa constatação muda tudo do ponto de vista tecnológico e comercial. Quando o mercado passa a entender que o desempenho depende do metaboloma e não apenas de UFC por mililitro, **a conversa sai da superficialidade e entra no território da engenharia biológica de alta resolução.** Nesse contexto, a **bioXyz** se destaca por sua capacidade de integrar crescimento microbiano, análises metabolômicas, cromatografia, espectrometria de massas e controle de bioprocessos em diferentes janelas temporais. Mais do que trabalhar com microrganismos, a empresa organiza e traduz sistemas biológicos em dados mensuráveis, rastreáveis e técnica-

mente reproduzíveis. Em um cenário orientado por produtividade, previsibilidade e eficiência, essa abordagem não é apenas técnica – é posicionamento estratégico de mercado.

O jogo coletivo vence: por que consórcios microbianos são mais do que misturas

Em futebol de alto nível, não vence quem reúne os melhores nomes em uma prancheta; vence quem transforma talentos individuais em comportamento coletivo coerente. Com consórcios microbianos, a lógica é a mesma. Nossos dados/resultados de PD&I apontam que a funcionalidade biológica emerge da **interação entre espécies**, envolvendo mecanismos como *quorum sensing*, *cross-feeding* metabólico, cooperação fisiológica e competição dirigida por nutrientes. Consórcios funcionalmente desenhados reproduzem essas interações em ambiente controlado, ampliando a diversidade metabólica e ativando vias biossintéticas silenciosas. Quando essas interações passam a ser governadas por engenharia de processo, a complexidade deixa de representar risco e passa a constituir fonte mensurável de desempenho produtivo.

Essa compreensão é central para o agro contemporâneo. Ela permite abandonar a lógica do “produto genérico” e avançar para **arranjos biológicos sob medida**, pensados para **desafios específicos, resíduos específicos, ambientes específicos e metas específicas**. Nossos resultados de PD&I dedicados à composição mostram isso com clareza ao anotar, funcionalmente, um conjunto amplo de bactérias, fungos, leveduras e actinobactérias com papéis distintos e complementares ao longo das fases mesofílica, termofílica e de maturação. Mais importante ainda, indicam que a seleção do consórcio passa por dados ômicos, cromatográ-

ficos e espectrométricos, e que cada microrganismo é escolhido por sua função metabólica específica após modelos experimentais e validações. Isso é exatamente o oposto de improvisação. É escalação tática baseada em inteligência biológica.

Comercialmente, essa é uma mensagem poderosa. Ela diz ao mercado que o valor não está em uma “mistura”, mas na **inteligência** que desenha a mistura. Diz que o ativo central não é apenas o organismo, mas a capacidade de organizar complementaridade funcional, estabilidade de coexistência, sincronização metabólica e resposta de processo. E diz, sobretudo, que soluções biotecnológicas de alto desempenho não são *commodities*; são arquiteturas vivas de conhecimento. Para quem busca lucratividade sustentável e vantagem competitiva real, essa diferença é enorme.

O treinador e o centro de treinamento: bioprocessos, escala e governança

Se os microrganismos são os jogadores e o consórcio é o time, o bioprocessos é simultaneamente o **treinador, a metodologia de treino e o centro de alto rendimento**. É ele quem governa pH, oxigenação, tempo de fermentação, composição do meio, transferência de massa, regime operacional e janela de coleta. Os processos proprietários da **bioXyz** insistem nesse ponto ao mostrar que o diferencial não está apenas na seleção de cepas, mas no controle das variáveis críticas que definem sucesso ou fracasso do escalonamento, tanto em etapas *upstream* quanto em etapas *downstream*. Nosso posicionamento é explícito ao reconhecer e provar que *scale-up* não obedece à lógica linear ou matemática simples e que o estabelecimento de protocolos, controles e boas práticas é determinante para a qualidade do processo produtivo.

Os protocolos proprietários de bioprocessos da **bioXyz** integram dados de crescimento microbiano e produção de metabólitos ao longo de ciclos controlados de até 96 horas, com monitoramento por UFC/mL e OD600, aliado à identificação e quantificação de compostos por técnicas como HPLC, GC-MS e LC-MS/MS. Mais do que um conjunto de resultados experimentais, essa abordagem consolida um modelo de governança de sistemas biológicos, no qual é possível correlacionar cinética celular, fases do processo e expressão metabólica funcional.

Essa capacidade permite estruturar uma base científica robusta para desenvolvimento tecnológico, rastreabilidade e organização de processos produtivos descentralizados, orientados ao uso próprio sob critérios técnicos. Em termos de posicionamento, esse nível de controle desloca a atuação da **bioXyz** de uma lógica operacional para uma lógica de engenharia: **não se trata apenas de conduzir sistemas biológicos, mas de compreendê-los, organizá-los e governá-los com precisão.**

Nesse contexto, a **bioXyz** consolida essa abordagem por meio de sua arquitetura proprietária, o **Sistema S2DNÄ 8pp.®**, concebido e protegido como uma plataforma integrada de bioprocessos capaz de estruturar, padronizar e escalar sistemas microbiológicos sob condições controladas. O **Sistema S2DNÄ 8pp.®**, opera como um verdadeiro núcleo biotecnológico, no qual o conhecimento e informações sobre parâmetros físico-químicos, cinética de crescimento, indução metabólica e dinâmica consorcial são organizados de forma modular, rastreável e reproduzível. Essa estrutura permite não apenas conduzir processos, mas construir **inteligência operacional** sobre eles, transformando dados em protocolos, protocolos em performance e performance em ativos tecnológicos. Do ponto de vista de mercado, isso posiciona a **bioXyz** em um nível diferenciado: não como executora de processos bioló-

gicos, mas como desenvolvedora de plataformas capazes de converter complexidade biológica em sistemas produtivos controlados, escaláveis e tecnicamente validados.

Esse é um ponto particularmente valioso para o mercado, porque dominar o processo significa reduzir variabilidade, aumentar consistência, encurtar a curva de aprendizagem, melhorar previsibilidade e criar base para expansão. Em um ambiente competitivo, organizações que conseguem oferecer não apenas conhecimento microbiológico, mas também **controle de processo, protocolos operacionais, rastreabilidade e suporte técnico** ocupam posição muito superior. Elas deixam de ser vistas como fornecedoras pontuais e passam a ser entendidas como **parceiras de infraestrutura biotecnológica**. É esse reposicionamento que abre portas para negócios mais sofisticados, alianças mais sérias e projetos de maior valor agregado.

PD&I como chave para a evolução – e para novos negócios

Biotecnologia de verdade não é improviso – é treinamento de alto rendimento. Exige tempo, método, infraestrutura e leitura de jogo. Assim como em uma seleção de Copa do Mundo, não basta ter bons jogadores; é preciso treinar, testar, ajustar estratégia e entender o momento certo de cada jogada. No contexto biotecnológico, **isso significa transformar perguntas científicas em sistemas funcionais validados**, capazes de gerar eficiência, previsibilidade e retorno econômico.

É por isso que PD&I deve ser entendido como um **ativo estratégico de alto valor**. Conhecimento estruturado e rastreável não apenas resolve problemas – ele cria vantagem competitiva. Empresas que dominam prospecção microbiana, desenho de consórcios, metabólica e gover-

nança de bioprocessos atuam como verdadeiros treinadores: **não colocam apenas o time em campo, mas definem como ele joga, como evolui e como vence.**

Nesse cenário, o mercado também muda. Produtores, cooperativas, usinas e indústrias deixam de buscar soluções genéricas e passam a demandar **estratégia de jogo sob medida**: desenvolvimento tecnológico, validação, estruturação de processos e construção conjunta de sistemas biológicos adaptados à sua realidade.

É exatamente nesse campo que a **bioXyz** atua. Mais do que fornecer tecnologia, posiciona-se como uma plataforma de PD&I capaz de escalar soluções, estruturar operações e transformar complexidade biológica em desempenho técnico e econômico. Em outras palavras, não entrega apenas jogadores – organiza o time, define a estratégia e prepara o sistema para competir em alto nível.

Em um setor onde produtividade, previsibilidade e margem definem o resultado, quem domina biotecnologia e bioprocessos não apenas participa – **decide o futuro.**

Quem decide o jogo

A dimensão invisível da produtividade não é uma metáfora poética; é uma realidade técnica. Sob os pés do produtor, ao longo do perfil do solo, na matéria orgânica, nos fluxos de carbono, na química do meio, na fisiologia dos microrganismos e na expressão de seus metabólitos, ocorre um **jogo de altíssimo nível**. E como em toda grande competição, quem vence não é quem grita mais alto, mas quem entende melhor o campo, escala melhor o time, treina melhor o sistema e governa melhor o processo. As publicações da revista já mostraram que **o futuro da agricultura é biológico, descentralizado, tecnificado e orientado por governança**. Mostraram também que o diferencial competitivo não está apenas na disponibilidade de (micro) organismos, mas na capacidade de

transformar sistemas biológicos complexos em operações controláveis, reprodutíveis e economicamente eficientes.

No fim, essa é a grande mensagem deste artigo. Microrganismos não são apenas coadjuvantes invisíveis do campo. **São jogadores de uma seleção de altíssimo desempenho**. Seus metabólitos são a dinâmica do jogo. Seus consórcios são a estratégia coletiva. Seus secretomas as jogadas finas. E o bioprocessos é a governança que separa improviso de tecnologia. Quem compreender isso primeiro não apenas produzirá melhor. **Produzirá com mais inteligência, mais consistência, mais autonomia, mais valor agregado e mais margem**. O futuro não será definido apenas por quem tem acesso ao biológico, mas por quem sabe organizar biologicamente a produtividade.

Você apresenta a necessidade. Nós criamos a solução

É nesse cenário que a **bioXyz** transforma conhecimento em negócio. Atuando como uma plataforma estruturada de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a empresa entrega soluções completas em biotecnologia – desde o fornecimento de soluções técnicas para bioprocessos, em escala industrial ou na modalidade *on farm*, até a concepção, estruturação e validação de processos biotecnológicos de ponta.

A atuação é de ponta a ponta: parte da compreensão do problema, passa pelo desenho de ferramentas de base biológica, desenvolvimento e organização de sistemas microbianos e avança até a execução da produção assistida, com suporte técnico especializado e infraestrutura laboratorial preparada para demandas reais de mercado.

Com capacidade analítica robusta – incluindo controle de qualidade, rastreabilidade e caracterização técnica – a **bioXyz** não apenas executa, mas estrutura inteligência sobre os processos. Isso permite não apenas resolver demandas imediatas, mas também viabilizar a **transferência e o licenciamento de tecnologias de alto valor agregado**, permitindo que parceiros desenvolvam, operem e escalem suas próprias soluções biotecnológicas na indústria ou no próprio ambiente produtivo, onde a modalidade *on farm* pode ser implementada sob critérios técnicos, com controle de processo, rastreabilidade e consistência operacional.

Em um mercado onde desempenho, previsibilidade e diferenciação definem quem cresce e quem fica para trás, a **bioXyz** não oferece apenas soluções – oferece **capacidade tecnológica aplicada**, transformando complexidade biológica em resultado técnico, econômico e estratégico. Venha conhecer nossos produtos e serviços. Entre em contato com nosso departamento técnico. **Você traz o desafio. Nós montamos a escalação vencedora.** – Nenhum potencial conflito de interesse é relatado pelo autor. 🌱

BIOXYZ BIOTECNOLOGIA MICROBIANA E BIOPROCESSOS INDUSTRIAIS LTDA.

Inovação biotecnológica aplicada ao agro e à indústria

www.bioxyz.com.br

comercial@bioxyz.com.br

(19) 99982-9900

MICROBIOMAS
ATIVOS
bioXyz