



Decodificando e solucionando limitações do desempenho de frangos de corte por meio de análises transcriptômicas baseadas em IA

L.F. Romero*, K. Patel*, L. Payling*, M.C. Walsh*.
Biofractal, Loulé, Portugal*

Otimização biológica do desempenho: para onde estamos indo

Um argumento científico sobre como decodificar e solucionar limitações do desempenho de frangos de corte com o auxílio da IA

01 O problema da variação de desempenho

Por que o desempenho de frangos de corte é moldado por limitações subclínicas e nutricionais

02 Decodificação funcional baseada em IA

Como IA + transcriptômica decodificam limitações funcionais ao desempenho

03 Validação e casos de uso

Evidências de que a estrutura funciona em diferentes desafios, aditivos e condições de campo

04 O futuro da otimização biológica impulsionada por IA

Multiômicas, modelos fundacionais e o caminho para a otimização biológica

A maior parte da perda de desempenho é subclínica, e grande parte dela é nutricional

- Lesões macroscópicas
- Sinais clínicos
- Picos de mortalidade
- Quedas bruscas de desempenho

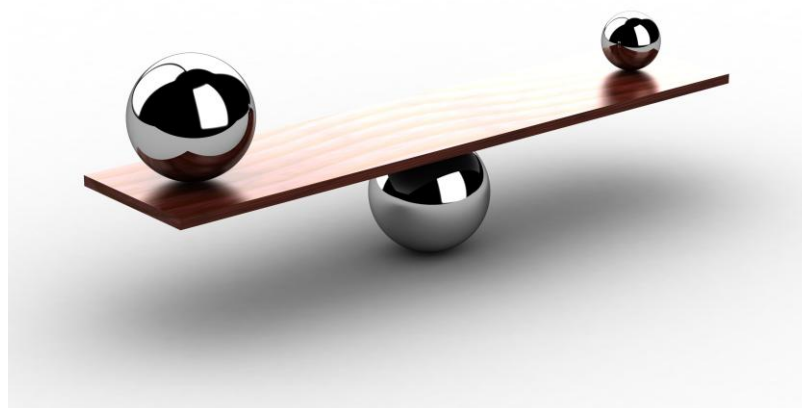
- Inflamação persistente
- Aumento da permeabilidade da barreira intestinal
- Estresse oxidativo
- Digestão e absorção comprometidas
- Desequilíbrio do microbioma
- Desregulação do eixo intestino-cérebro
- Desvio silencioso da conversão alimentar (+3–8 pontos)



Cada ave está resolvendo um trade-off entre desempenho e defesa

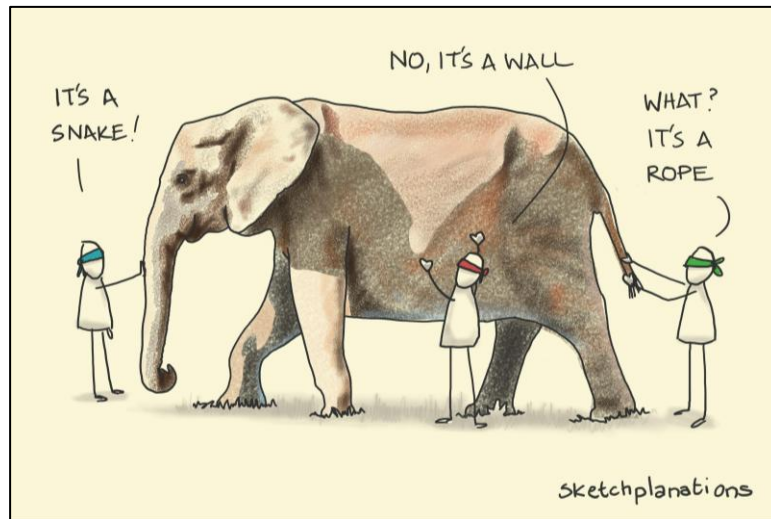
**Absorção e
metabolismo
de nutrientes**

**Barreira, defesa
e reparo**

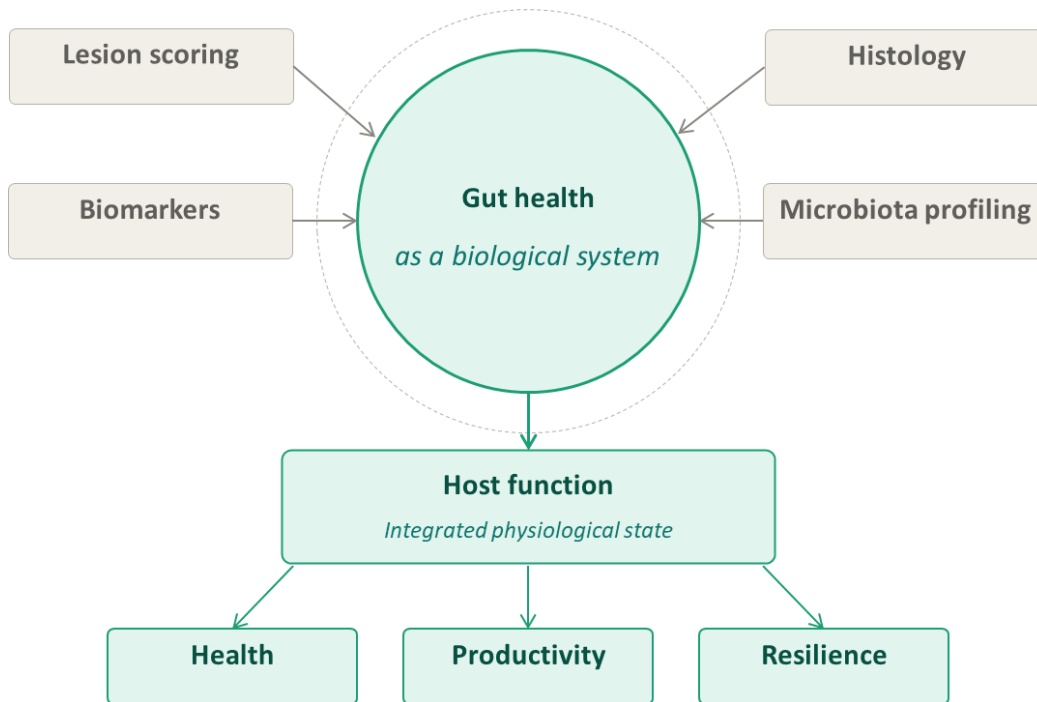


Como medimos limitações subclínicas hoje

Desempenho zootécnico (CA, PC, mortalidade) • Escore de lesões • Histomorfometria
• Patógenos e anticorpos • Biomarcadores sanguíneos • Perfil da microbiota



Função do hospedeiro: uma peça crítica ausente



Por que essa mudança de paradigma é possível agora

A convergência entre tecnologias multiômicas e modelagem biológica orientada por IA está criando uma classe fundamentalmente nova de ferramentas de mensuração

Tecnologias ômicas

-  **Transcriptômica** Expressão gênica → estado funcional do tecido
-  **Metagenômica** Comunidade e função microbiana, não apenas composição
-  **Metabolômica** Produtos metabólicos que conectam hospedeiro e microbioma
-  **Proteômica** Confirmação da atividade biológica em nível proteico



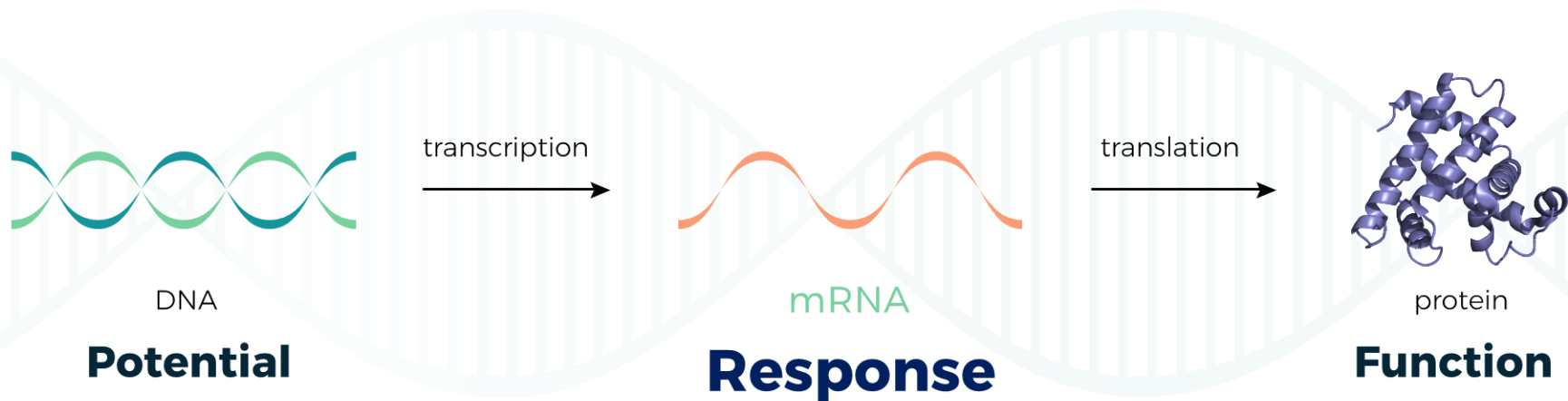
IA e modelagem biológica

-  **Dados de alta qualidade** Referenciais de doença e saúde em diferentes contextos
-  **Computação em nuvem** Acesso a recursos computacionais
-  **Anotação** Lacunas preenchidas em algumas áreas e sendo preenchidas em outras
-  **Modelos sensíveis ao contexto** A IA interpreta sinais considerando desafio, idade, dieta e linhagem



Uma classe diferente de leitura biológica: não mais dados, mas dados que leem função

Por que transcriptômica como ponto de partida



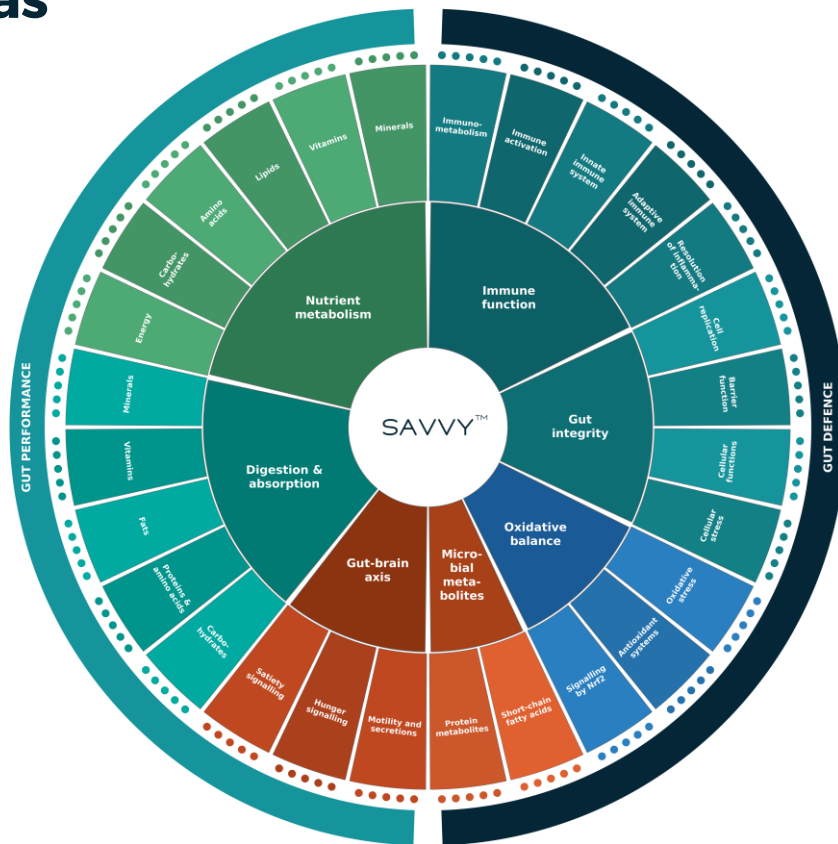
- ✓ Relação direta com as funções do animal
- ✓ Visão ampla e não enviesada do estado biológico do animal
- ✓ Múltiplos problemas detectados na mesma amostra

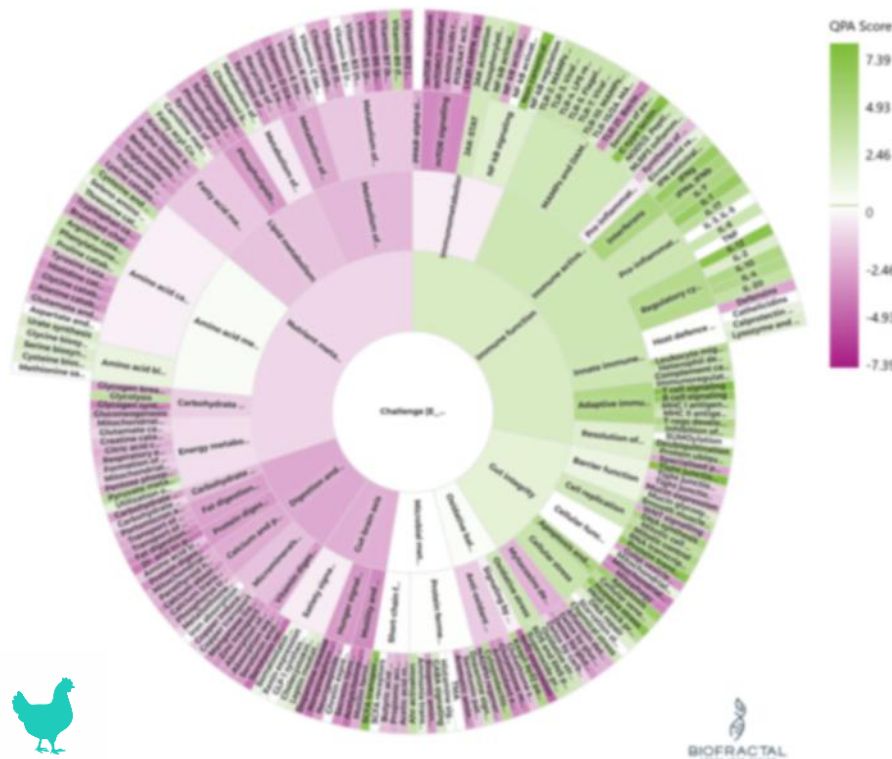
- ✓ Conhecimento robusto sobre genes e vias biológicas
- ✓ Sequenciamento maduro, com alto retorno sobre o investimento
- ✓ Aplicável entre espécies e tecidos

Centenas de vias, organizadas nas funções que importam

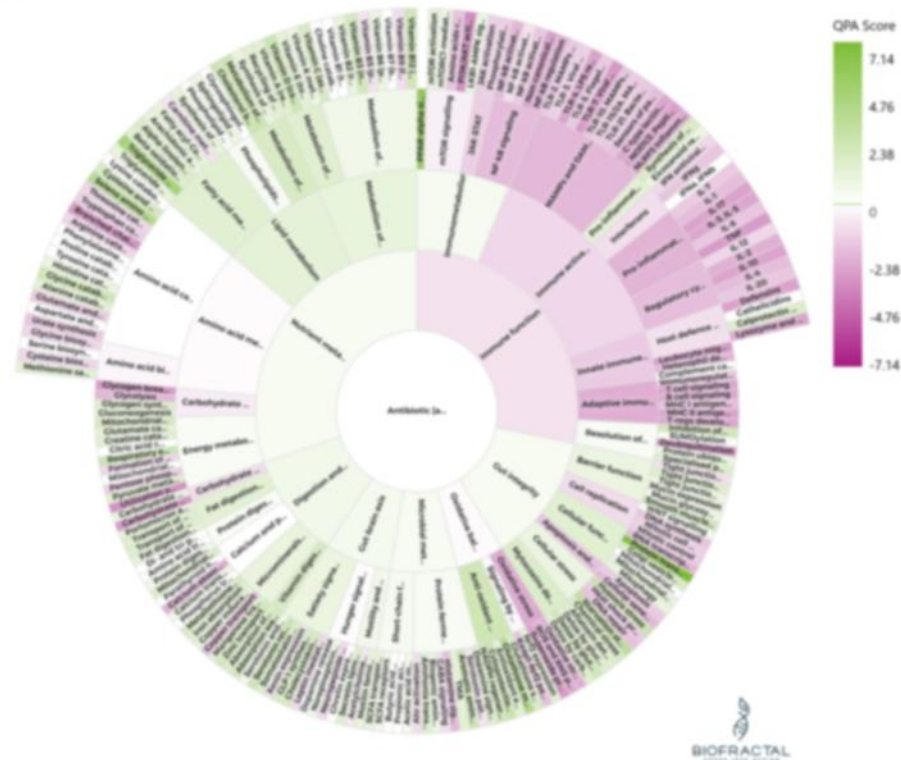
- Catálogos funcionais de vias e genes específicos por espécie e tecido
- >6000 genes, 250 vias metabólicas
- Avaliação quantitativa da ativação ou inibição de vias
- Modelos de IA para conectar funções e desempenho

7 domínios • 250 vias • ontologia funcional





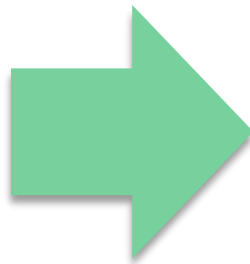
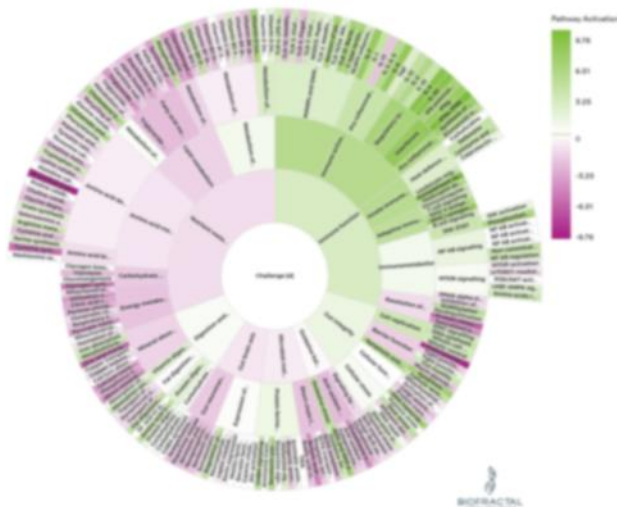
Coccidiose (intestino)



Antimicrobiano (intestino)

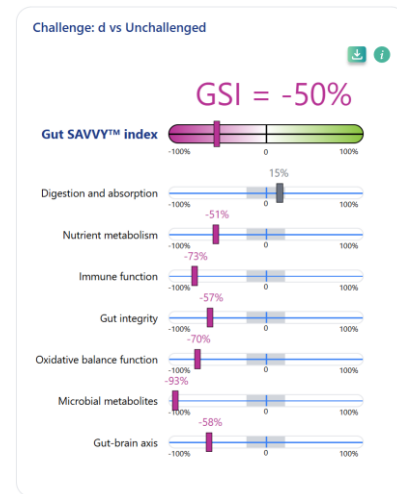
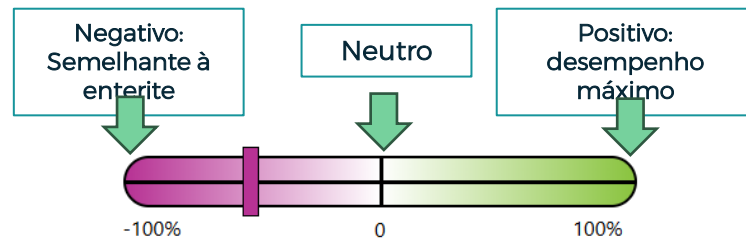
Gut SAVVY Index: a primeira implementação

O efeito deste tratamento é positivo ou negativo para a saúde intestinal?

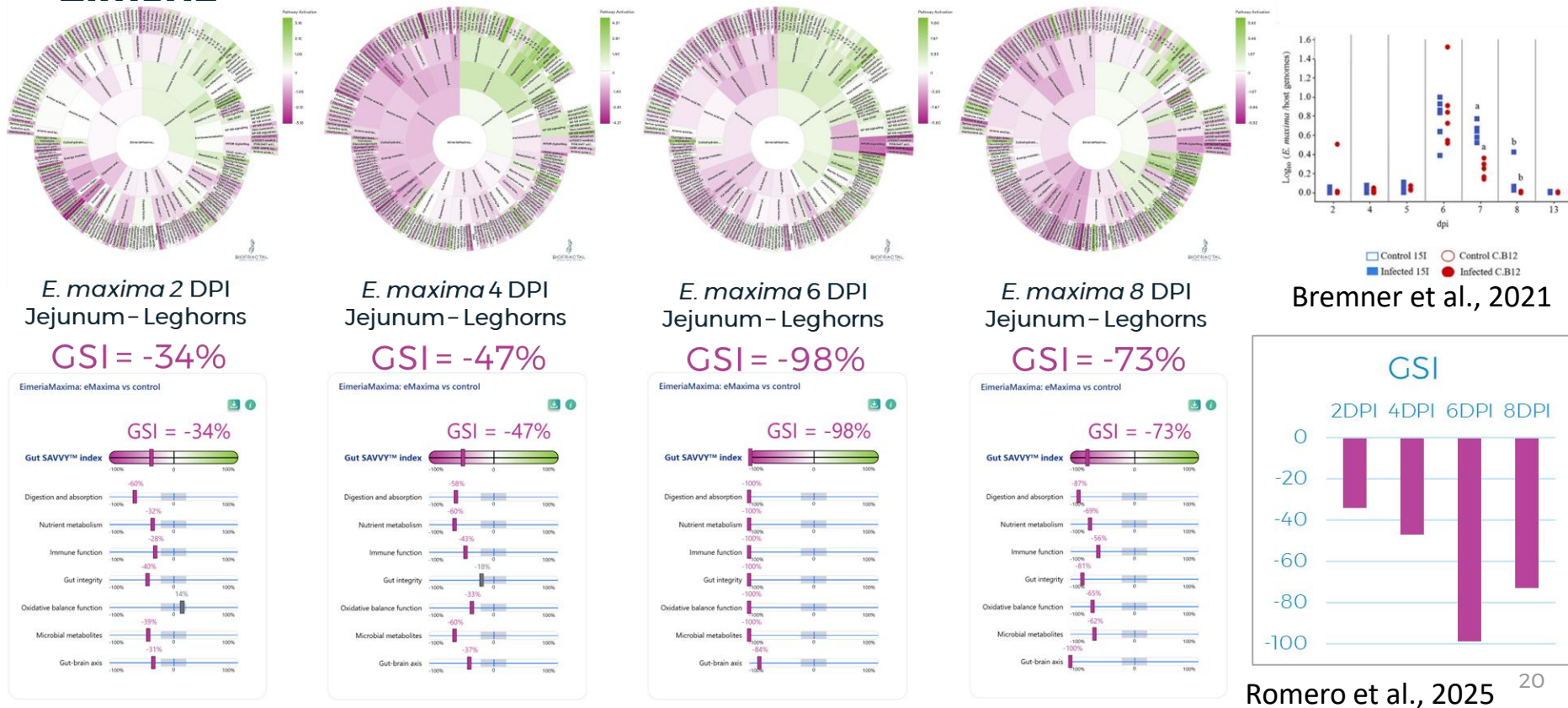


Modelo de IA

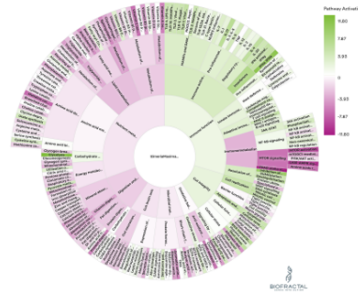
avalia o perfil em comparação com populações extremas com enterite ou alto desempenho



Acompanhando a progressão da doença em um modelo de desafio com *Eimeria*

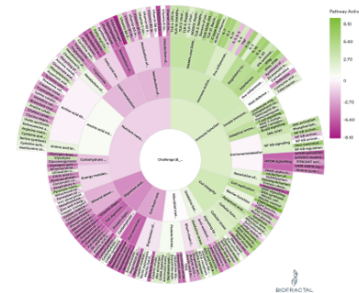
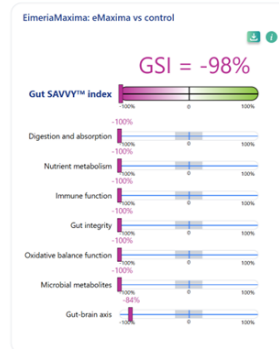


Resultados semelhantes em experimentos independentes com linhagem diferente (Ross 308) e tecido diferente (íleo) aos 6 DPI com *E. maxima*



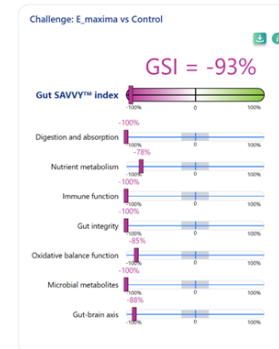
E. maxima 6 DPI
Jejunum – Leghorns

GSI = -98%



E. maxima 6 DPI
Ileum – Ross 708 broilers

GSI = -93%

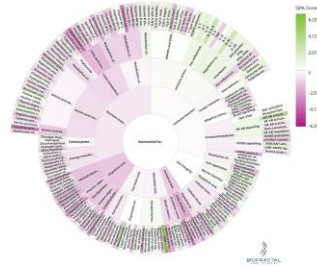


Ghareeb et al., 2024

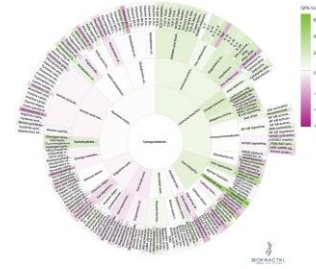


Bremner et al., 2021

Detectando disfunção em outros modelos de desafio e tecidos

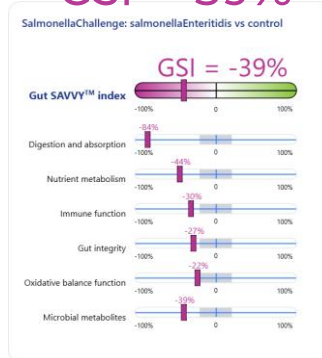


Salmonella Enteritidis 3 DPI
Tonsilas cecais – frangos de corte



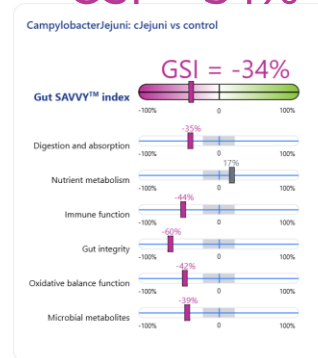
Campylobacter jejuni 5 DPI
Tonsilas cecais – frangos de corte

GSI = -39%



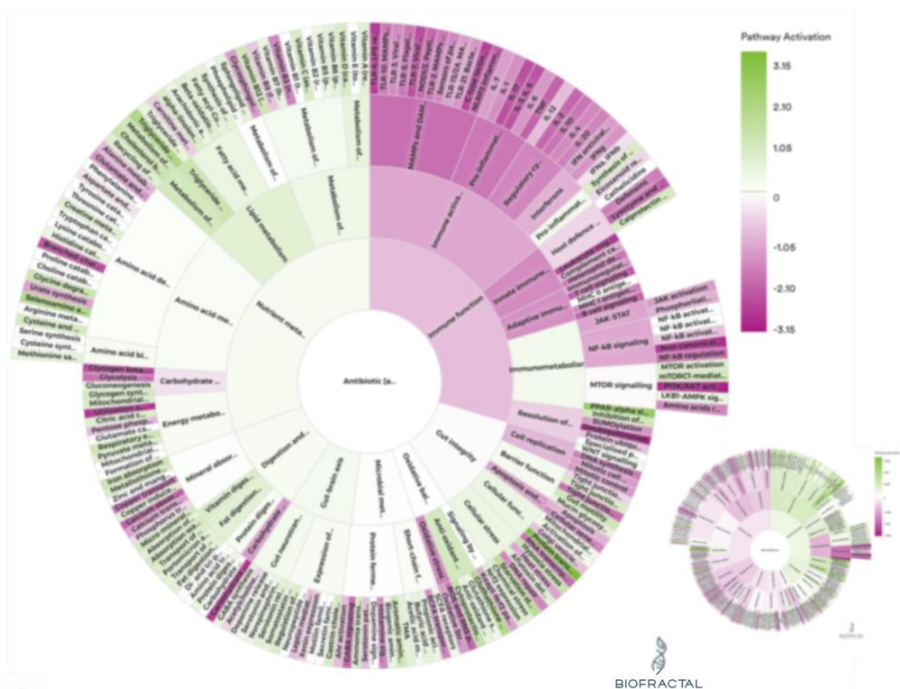
Khin et al., 2021

GSI = -34%



Russell et al., 2021

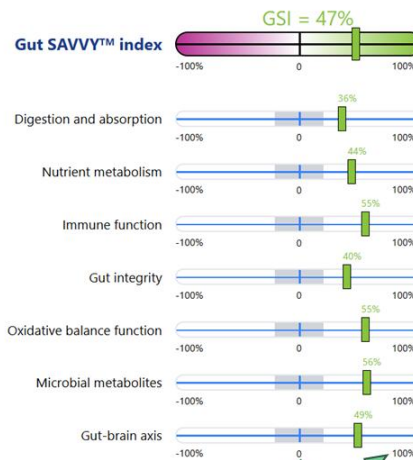
Caracterizando referências positivas



Avilamycin in feed vs healthy birds
Ileum – Ross 308 broilers

GSI = +47%

Antibiotic [avilamycin] vs control



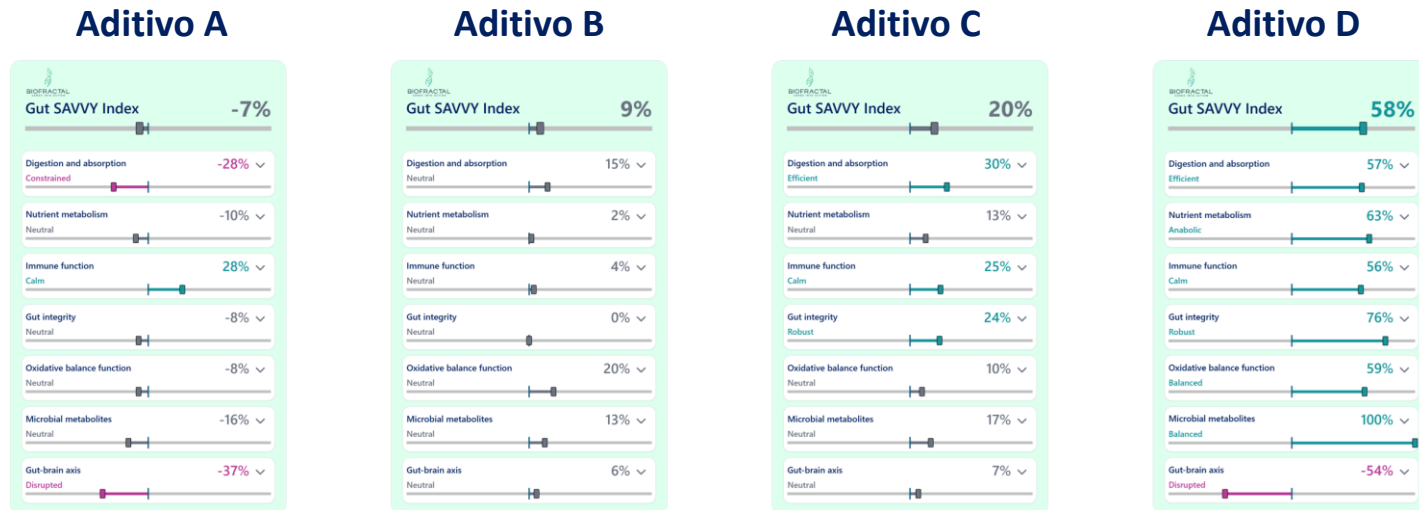
Healthy control

Avilamycin

Fibi-Smetana et al., 2020



Aditivos têm assinaturas funcionais únicas e dependentes do contexto

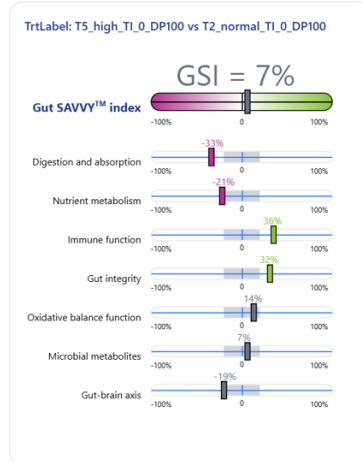


Pontuações de GSI para 4 aditivos eubióticos sem desafio explícito. Jejuo de frangos de corte, 21 dias

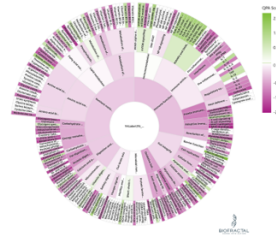
- O GSI foi testado em >50 experimentos com aditivos e ingredientes alimentares: probióticos, pós-bióticos, prebióticos, aditivos fitogênicos, enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, vitaminas, emulsificantes, microminerais, macrominerais, fibras, antibióticos, anticoccidianos e vacinas contra coccidiose

Efeitos de altos níveis de inibidores de tripsina e da suplementação com protease no jejuno

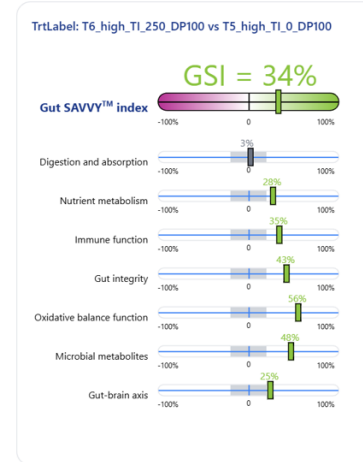
High TI *versus* Low TI
(Jejunum)



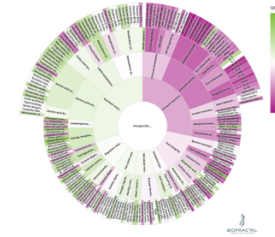
At 24 d, trypsin Inhibitors primarily affected nutrient digestion, absorption and metabolism in jejunum



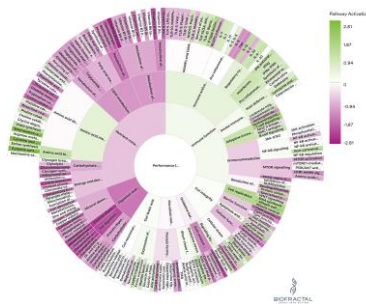
High TI + Protease *versus* High TI
(Jejunum)



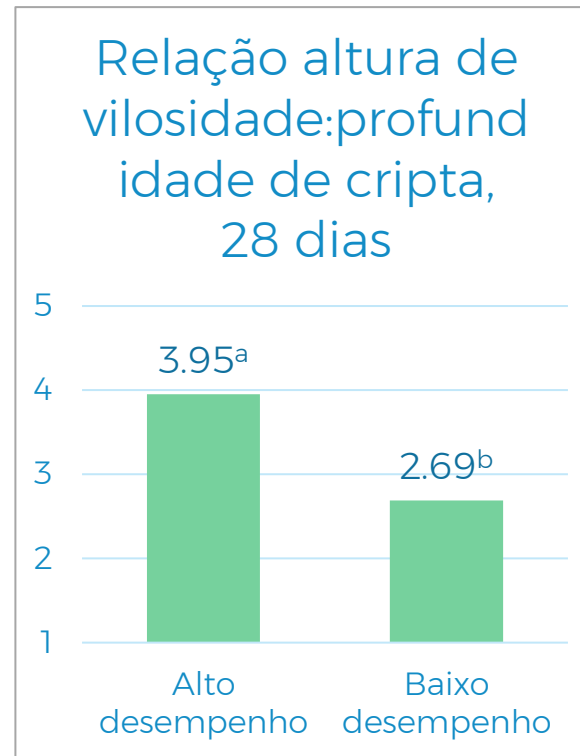
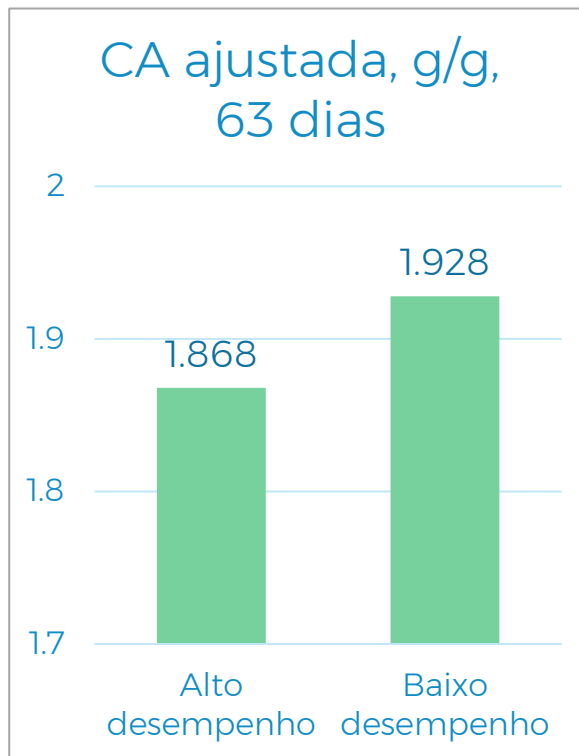
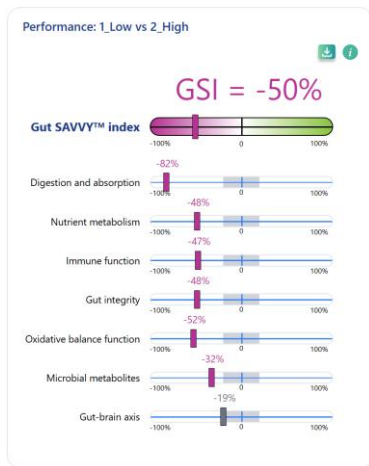
Protease broadly improved jejunum function on top of diet with high TI and super-dose phytase



Caracterizando diferenças de desempenho no campo



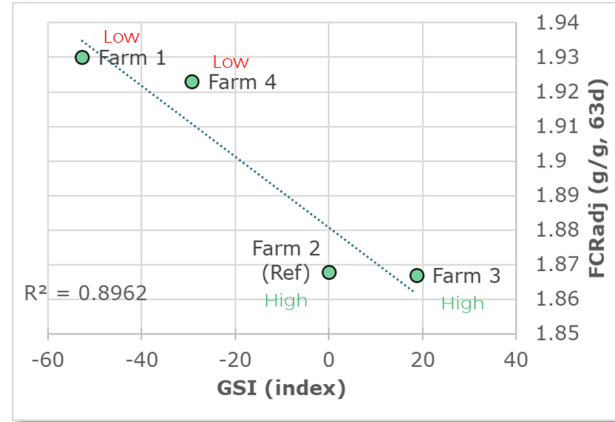
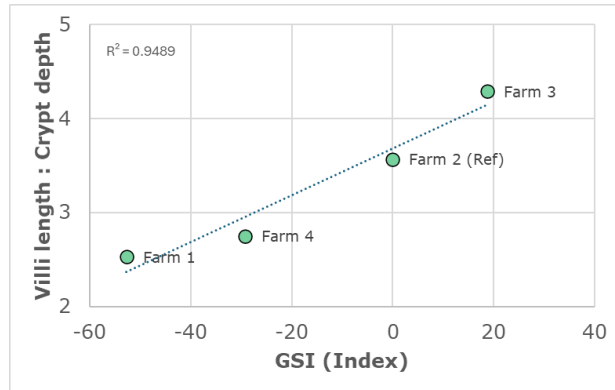
Baixo vs. alto desempenho
Jejuno – frangos de corte Ross 708, 28 dias



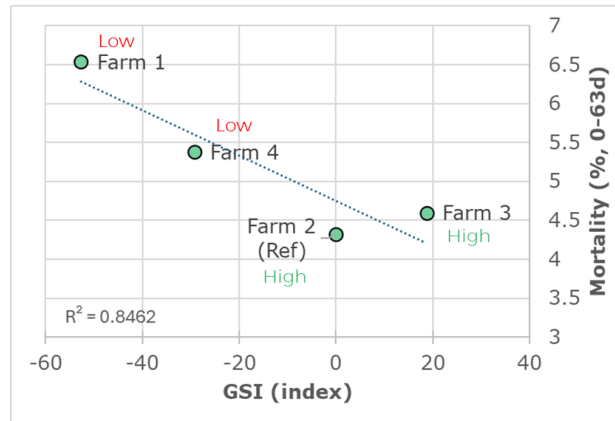
Romero et al., 2022

SEÇÃO 3 – VALIDAÇÃO E CASOS DE USO

GSI aos 28 dias versus
Relação altura de vilosidade :
profundidade de cripta, 28 dias

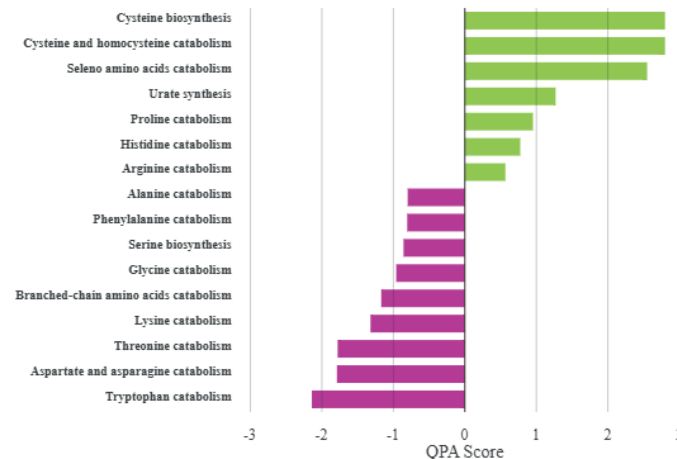
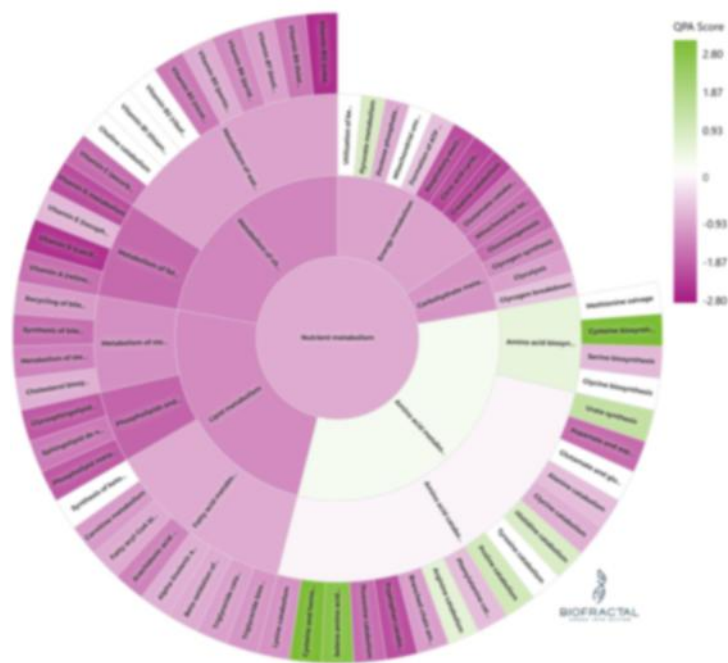


GSI aos 28 dias versus
Lote CA ajustada, 0-63 dias



GSI aos 28 dias versus
Mortalidade do lote, 0-63 dias

Diferenças nutricionais no intestino de granjas de baixo desempenho foram evidentes



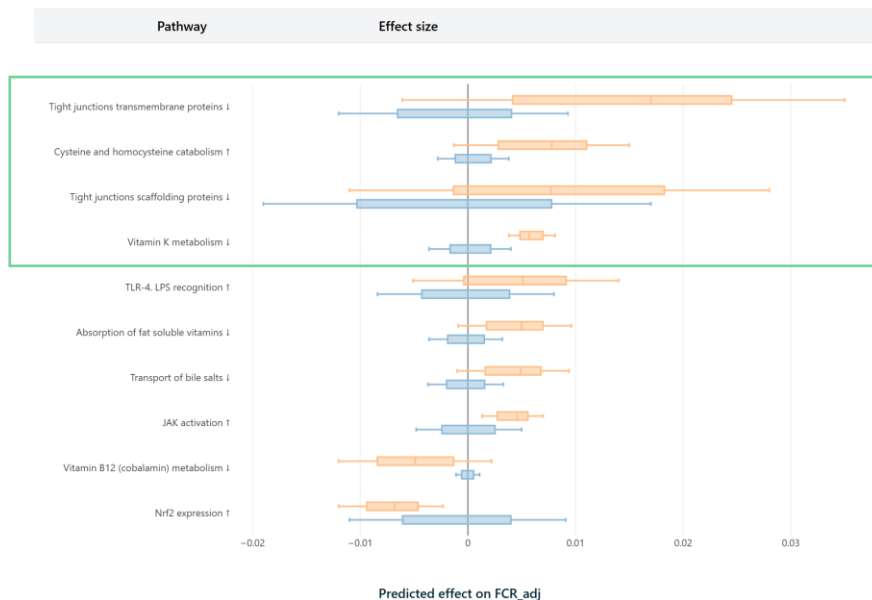
- Efeitos variáveis sobre o metabolismo de aminoácidos estavam presentes em granjas de baixo desempenho
- Trp, Thr, Lys: limitação
- Aumento da utilização de cisteína

A modelagem por IA dos direcionadores de desempenho confirmou restrições de cisteína e vitamina K

FCR_{adj} – Performance: 1_Low versus 2_High

Model $R^2 = 0.962$; RMSE = 0.0706

● 2_High ● 1_Low



- O comprometimento da integridade da barreira intestinal foi um direcionador-chave do desempenho
- Cisteína e vitamina K surgiram como restrições nutricionais importantes

Contexto é a vantagem crítica da IA

Adaptações ao estresse térmico

Quiescência imune em alto desempenho (benéfica) versus imunossupressão durante estresse térmico (negativa)

Adaptações do desenvolvimento

Alta renovação celular em frango de 7 dias (desenvolvimento) versus frango de 28 dias (desafio)

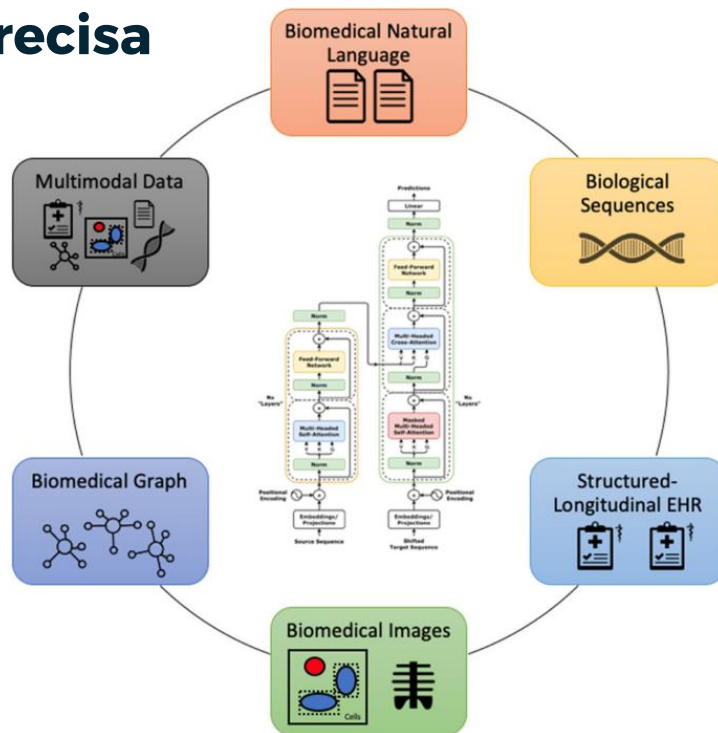
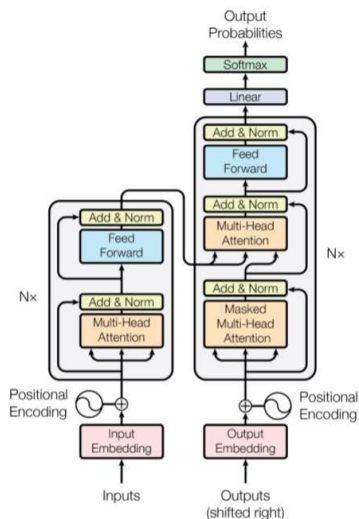
Ativação imune: protetora ou custosa?

Priming vacinal (benéfico) vs. inflamação crônica (custosa): mesma via, contexto diferente

Vias antioxidantes reduzidas: bom ou ruim?

Aves com baixo estresse (baixa demanda) vs. aves sob estresse térmico (defesa exaurida)

A atenção é tudo de que você precisa



Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. In Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NeurIPS 2017).

Madan, S., Lentzen, M., Brandt, J. et al. Transformer models in biomedicine. BMC Med Inform Decis Mak 24, 214 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02600-5>

O que isso significará para nutricionistas e veterinários

Formulação de precisão

Cada ambiente tem um efeito único sobre as exigências nutricionais. Aminoácidos, vitaminas, minerais e ingredientes funcionais podem ser otimizados para um sistema de produção, momento ou objetivo com dados das próprias aves

Aumentar margens de lucro

Saúde preventiva

Nutrição voltada à resiliência e à saúde funcional. Melhor manejo vacinal

Reduzir mortalidade e uso de antibióticos

Uso preciso de aditivos alimentares

Usar aditivos com base no perfil funcional adequado às limitações do sistema. Remover custos desnecessários

Reduzir custos de alimentação

Eficiência da cadeia de valor

Desenvolvimento mais rápido de produtos de nutrição e saúde, e progresso genético mais rápido. Colaboração baseada em dados com fornecedores

Acelerar o progresso tecnológico

De descrever o desempenho a otimizar a biologia

A próxima década na nutrição de aves será definida não por melhores substitutos para desempenho, mas por sistemas inteligentes e sensíveis ao contexto

