

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



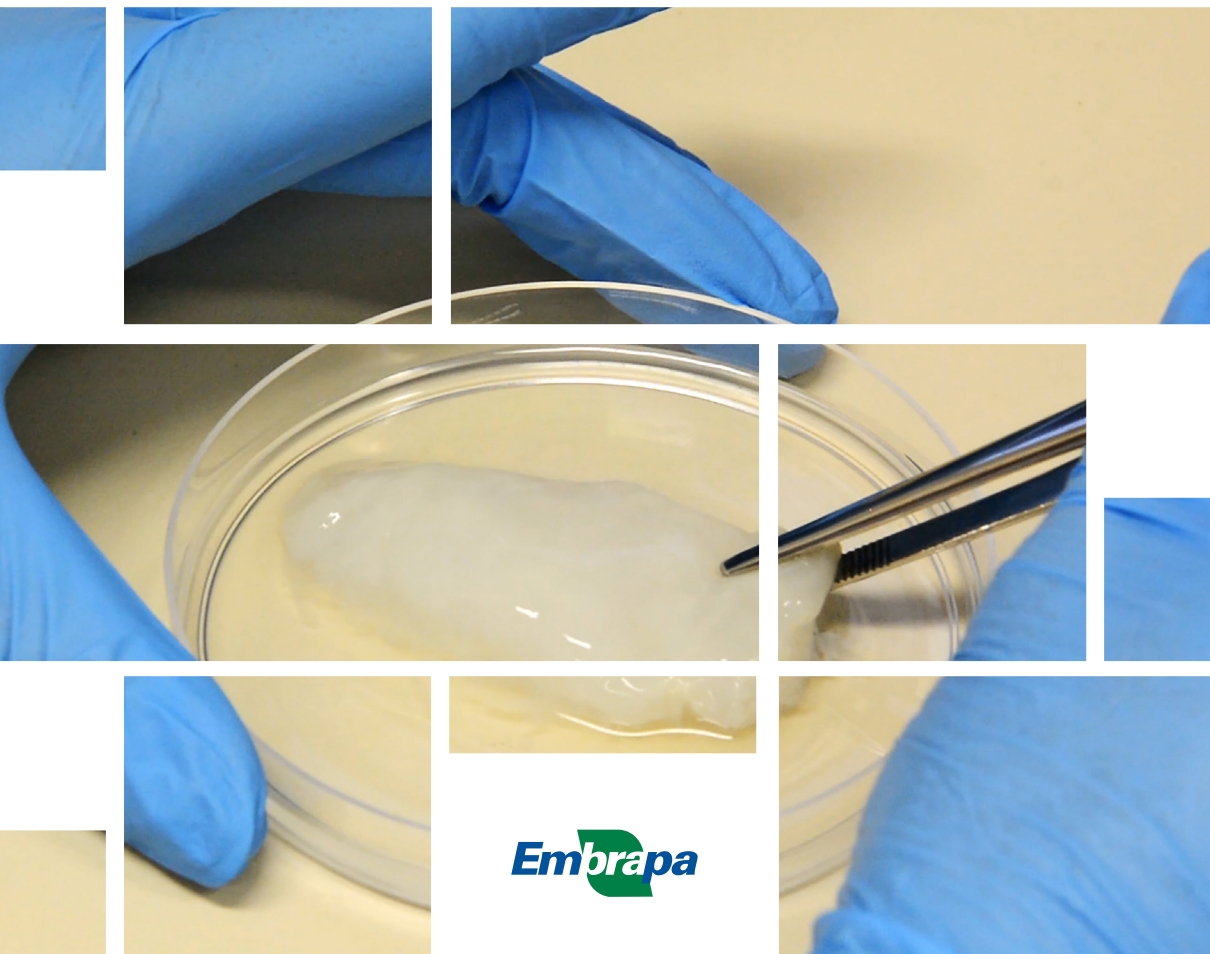
OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



I Jornada de Carne Cultivada

Uma visão sistêmica sobre terminologias, aspectos legais, nutricionais, considerações sobre consumidor e mercado potencial, métodos e meios de cultivo



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 237

I Jornada de Carne Cultivada

Uma visão sistêmica sobre terminologias, aspectos legais, nutricionais, considerações sobre consumidor e mercado potencial, métodos e meios de cultivo

*Vivian Feddern
Nícolas Jotz Bernasconi
Ana Livia de Carvalho Bovolato
Karla Pollyanna Vieira de Oliveira
Fernando de Castro Tavernari
Vanessa Gressler
Ana Paula Bastos*

Autores

**Embrapa Suínos e Aves
Concórdia, SC
2022**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves
Rodovia BR 153 - KM 110
Caixa Postal 321
89.715-899, Concórdia, SC
Fone: (49) 3441 0400
Fax: (49) 3441 0497
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Suínos e Aves

Presidente

Franco Muller Martins

Secretária-Executiva

Tânia Maria Biavatti Celant

Membros

Clarissa Silveira Luiz Vaz

Cláudia Antunes Arrieche

Gerson Neudi Scheuermann

Jane de Oliveira Peixoto

Rodrigo da Silveira Nicoloso

Sara Pimentel

Suplentes

Estela de Oliveira Nunes

Fernando de Castro Tavernari

Supervisão editorial

Tânia Maria Biavatti Celant

Revisão técnica

Airton Kunz

Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza

Revisão de texto

Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza

Normalização bibliográfica

Claudia Antunes Arrieche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Vivian Fracasso

Fotos da capa

Lucas Scherer Cardoso

1ª edição

Versão eletrônica (2022)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Suínos e Aves

I Jornada de Carne Cultivada: uma visão sistêmica sobre terminologias, aspectos legais, nutricionais, considerações sobre consumidor e mercado potencial, métodos e meios de cultivo/ Vivian Feddern. – Concórdia : Embrapa Suínos e Aves, 2022.

32 p.; 21 cm. (Documentos / Embrapa Suínos e Aves, ISSN 01016245; 237).

1. Alimentação humana. 2. Tecnologia dos alimentos. 3. Carne cultivada. 4. Inovação. 5. Sustentabilidade. I. Título. II. Série. III. Feddern, Vivian. IV. Bernasconi, Nicolás Jotz. V. Bovolato, Ana Livia de Carvalho. VI. Oliveira, Karla Pollyanna Vieira de. VII. Tavernari, Fernando de Castro. VIII. Gressler, Vanessa. IX. Bastos, Ana Paula.

CDD. 664

Autor

Vivian Feddern

Engenheira de Alimentos, doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Nícolas Jotz Bernasconi

Graduando em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Santa Maria, estagiário na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Ana Livia de Carvalho Bovolato

Bióloga, doutora em Biotecnologia, pós-doutoranda na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Karla Pollyanna Vieira de Oliveira

Bióloga, doutora em Engenharia Química, pós-doutoranda na Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Fernando de Castro Tavernari

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Vanessa Gressler

Química Industrial, doutora em Ciências, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Ana Paula Bastos

Médica Veterinária, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Apresentação

A Embrapa Suínos e Aves é pioneira ao realizar o primeiro evento presencial (além de online) de Carne Cultivada no Brasil, a I Jornada de Carne Cultivada, que aconteceu em Concórdia/SC em agosto de 2022. Para abordar este tema, o evento trouxe renomados cientistas, estudiosos, e entusiastas do tema, incluindo empresas e apoiadores. Além disso, houve palestras internacionais de modo online.

O evento teve como objetivo ampliar conhecimentos sobre o tema, trazer a visão de diferentes setores (indústria de alimentos, sociedade brasileira de vegetarianos, pesquisadores atuantes no tema, institutos de ciência, tecnologia e inovação, indústrias de insumos e equipamentos, entre outros), discutir legislação futura e abordar tendências de consumo.

O presente documento faz um relato das principais ideias, conceitos e dados apresentados pelos profissionais que fizeram parte da I Jornada de Carne Cultivada e visa contribuir para o debate em torno deste tema tão importante para o futuro da indústria da alimentação no mundo.

Vivian Feddern

Pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves

Sumário

Introdução.....	9
Alimentos à base de plantas x Carne cultivada	10
Histórico da carne cultivada	12
Legislação e questões regulatórias	15
Preditores de consumo de carne cultivada	16
Composição nutricional carne tradicional x Carne cultivada.....	17
Engenharia de tecidos aplicada à carne cultivada, <i>scaffolds</i> (suportes), biorreatores e bioimpressão	19
Carne impressa em 3D.....	22
APPCC aplicada à carne cultivada.....	23
Oportunidades de financiamento de pesquisa em proteínas alternativas.....	24
Capacitação de agentes multiplicadores durante a I Jornada de Carne Cultivada.....	25
Biobanco de linhagens celulares de galinhas provenientes do programa de genética da Embrapa	28

Conclusões.....	29
Referências	31
Literatura recomendada	32

Introdução

Com uma estimativa de alcance populacional de 9 bilhões de pessoas no mundo para 2050, é esperado também um aumento significativo do consumo de proteínas, visto que esta é parte essencial da alimentação humana. Considerando os modelos convencionais de produção de carnes (obtidos através de abate animal) e sua respectiva demanda por recursos naturais, para atender as necessidades mundiais futuras por alimentos (estilo americano de consumo), calcula-se que seriam necessários recursos naturais de 3 a 5 planetas Terra (Douglas, 2020). Dessa forma, o horizonte estratégico para ofertar opções à população estará fortemente baseada em conceitos como a sustentabilidade, bioeconomia, inovação aberta e *food techs*.

A indústria alimentícia apresentou uma ampla gama de inovações, mudanças e possibilidades de criar carne por meio de condições *in vitro* como resultado de uma população e demandas alimentares em expansão proporcionais. Esse avanço tem o potencial de transformar completamente o negócio de carnes, com repercussões de longo alcance para o meio ambiente, à saúde humana e ao bem-estar animal. A carne cultivada se apresenta como uma forma alternativa à produção de carne convencional e, portanto, não visa substituir a produção convencional já bem estabelecida no mundo. A sinergia nos próximos anos entre a produção convencional e a produção de carne cultivada será essencial para enfrentar a já citada demanda correlata que representam o crescimento da população mundial e a busca por maior oferta de proteína animal.

A carne cultivada vem sendo desenvolvida como uma alternativa potencialmente mais saudável e eficiente. O Brasil, por ocupar posição importante na produção de carne convencional, estando entre os maiores produtores mundiais de carne, necessita estabelecer posicionamento neste mercado. A potencialidade da agroindústria brasileira é um grande diferencial competitivo, pois há recursos naturais que podem ser utilizados para extração de biomoléculas. Muitos produtos proteicos alternativos do futuro irão usufruir da infinidade de métodos de produção de proteínas que estão sendo desenvolvidos agora, com a opção de alavancar combinações de proteínas derivadas de plantas, cultura de células animais e fermentação microbiana. O desenvolvimento nas áreas prioritárias de proteínas alternativas e produção de carne

cultivada é condição básica para a inserção do Brasil no cenário internacional dessa nova economia proteica animal, não só como um instrumento de política industrial, mas também como estratégia para a formação de recursos humanos de alto nível que possam estabelecer e apoiar a regulação de produtos de carne cultivada.

A temática do evento tem aderência aos ODS 2 e 12, que dizem respeito respectivamente ao combate a fome no mundo, por meio de uma oferta que por ora ainda é onerosa, mas que dentro de décadas se tornará viável economicamente, e uma produção e consumo responsáveis, respeitando o meio ambiente e conservando os recursos naturais (terra, água) por meio do menor uso destes.

Alimentos à base de plantas x Carne cultivada

De acordo com pesquisa Ibope de 2018, 14% dos cidadãos brasileiros declaram-se vegetarianos e 32% escolhem uma opção vegana quando a informação é destacada pelo restaurante. Segundo pesquisa Datafolha de 2017, 63% dos entrevistados gostariam de reduzir o consumo de carne e 46% deixam de consumir carne por vontade própria pelo menos uma vez na semana. Vale ressaltar que vegetarianos não consomem produtos cárneos e veganos não consomem qualquer produto de origem animal.

Segundo Ricardo Laurino, Presidente da Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB), em palestra durante a I Jornada de Carne Cultivada, o posicionamento de veganos e vegetarianos sobre capitalismo e indústria pode variar. Existem veganos que possuem opinião crítica não somente contra a indústria, mas também contra o capitalismo. Da mesma forma, há pessoas não-vegnas, vegetarianas ou flexitarianas que possuem esta mesma posição. Sendo assim, muitos reúnem-se no grupo que é contra a indústria animal, visto que possuem ideais contra a exploração animal.

Ainda segundo Laurino, a maioria dos veganos vê a carne cultivada de forma positiva, pois gostariam que houvesse opção para as pessoas que consomem carne obtida pelo método convencional e aquelas que não consomem, uma vez que a produção da carne cultivada não envolve o abate de animais.

Para esclarecer a terminologia envolvida em alimentos de base vegetal e carne cultivada, o The Good Food Institute (GFI) publicou recentemente um glossário bilíngue que explica várias terminologias com relação a termos que envolvem bioprocessos, fermentações, alimentos baseados em plantas, carne cultivada, entre outros.

A Tabela 1 mostra exemplos de terminologias que muitas vezes confundem o consumidor (Porto; Berti, 2022). Essas terminologias foram baseadas, principalmente, nos estudos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e do Codex (coleção de padrões reconhecidos internacionalmente, códigos de prática, diretrizes e outras recomendações), que é um órgão estabelecido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Tabela 1. Terminologia de alimentos à base de plantas e carne cultivada.

Terminologia em Português	Terminologia em Inglês
<p>Alimentos feitos de plantas Refere-se a alimentos que são produzidos a partir de plantas e visam substituir diretamente produtos convencionais de origem animal, como carnes, frutos do mar, leite, ovos e laticínios. Não são incluídos alimentos tradicionais feitos de plantas, como leguminosas, tofu e tempeh, nesta definição. Também são chamados de alimentos vegetais.</p>	<i>Plant-based</i>
<p>Carne cultivada É a genuína carne animal ou de frutos do mar capaz de replicar o perfil sensorial e nutricional da carne convencional. Ela é composta pelos mesmos tipos de células organizadas na mesma estrutura tridimensional do tecido muscular animal. É o alimento produzido a partir de células animais retiradas de um animal vivo e depois cultivadas em ambiente de laboratório, estimuladas e nutridas com um soro nutriente.</p>	<i>Cultivated meat</i>

Fonte: Glossário GFI (Porto e Berti, 2022) e MAPA.

Os alimentos feitos de plantas precisam apresentar exclusivamente ingredientes de origem vegetal, sendo geralmente constituídos de proteína de soja, ervilha ou grão de bico, entre outros ingredientes em menores proporções. A carne cultivada, por sua vez, é produzida através do cultivo de células animais, onde há uma biópsia do animal. A partir de então, as células proliferam em meio nutritivo propício para depois se multiplicarem e perfazerem um bife (carne celular estruturada) ou hambúrguer (carne celular não estruturada).

As nomenclaturas carne de laboratório, carne limpa e carne *in vitro* que chegaram a ser consideradas sinônimos para carne cultivada (Feddern et al., 2020) foram descartadas no Estudo de Nomenclatura realizado pelo GFI Brasil, em 2020 (Porto; Berti, 2022). Esses termos criaram percepção negativa nos consumidores e, portanto, não devem ser usados.

Histórico da carne cultivada

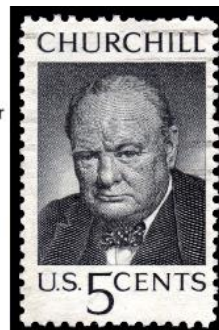
A ideia de carne cultivada é antiga. Há quase 100 anos, Winston Churchill declarou ser um absurdo criar frangos para consumir apenas algumas de suas partes. Ao invés disso, estas partes poderiam ser cultivadas à parte, em um meio adequado (Food Safety News, 2017):

“

We shall escape the absurdity of growing a whole chicken in order to eat the breast or wing, by growing these parts separately under a suitable medium.”

— Winston Churchill

“Fifty Years Hence” *The Strand*, 1931



A Tabela 2 traz um breve histórico da produção de carne cultivada desde o primeiro hambúrguer de carne bovina cultivado (reportado por Mark Post, professor da Universidade de Maastricht, na Holanda, o qual foi pioneiro na produção do primeiro alimento cultivado a partir de biópsia de células animais) até os dias atuais.

Tabela 2. Histórico de produção de carne cultivada e legislação.

Ano	Fato
2013	Primeiro hambúrguer à base de células bovinas é produzido na Holanda
2015	<i>Startups</i> surgem nos EUA (Upside Foods) e Israel (SuperMeat)
2019	Primeira <i>startup</i> brasileira (Núcleo Vitro) a produzir hambúrguer de células bovinas
2020	Legislação é aprovada na Singapura para produzir e comercializar carne cultivada
2020	Registro de mais de 30 <i>startups</i> de carne cultivada no mundo
2021	Primeira fábrica de carne cultivada do mundo em Israel (Future Meat Technologies)
2021	Multinacionais (JBS e BRF) investem em carne cultivada
2022	Parlamento holandês aprova degustação de carnes cultivadas na Holanda ¹
2022	FDA aprova comercialização de carne de frango cultivada da <i>Upside Foods</i>
2022	<i>Meatable</i> da Delft (Holanda) lança linguiça suína cultivada ²

Fonte: ¹ Lorenzo (2022); ² Sawers (2022).

Com o surgimento de várias *startups* no Brasil e no mundo, grandes multinacionais como JBS e BRF têm realizado investimentos no setor de carne cultivada, de respectivamente US\$ 100 milhões e 2,5 milhões, apostando neste mercado promissor (Constancio, 2021; Souza, 2021).

Segundo os diretores de Inovação da JBS, Luismar Porto e Fernanda Berti presentes na I Jornada de Carne Cultivada, a multinacional tem se posicionado no mercado de *plant-based*, adquirindo empresas do ramo. Agora, com a implementação do JBS Biotech Innovation Center, em Florianópolis-SC, busca consolidação no mercado de carne cultivada. A previsão é de que os primeiros produtos sejam hambúrgueres, embutidos e almôndegas, pois são mais fáceis de serem formulados. Os benefícios e diferenciais desses alimentos englobam segurança dos alimentos, saudabilidade, sustentabilidade e produção personalizada. Os principais desafios a serem enfrentados são redução do custo de produção, disponibilidade de nutrientes e produção em larga escala.

Startups brasileiras têm surgido, como a Núcleo Vitro e a Cellva Ingredients, sendo lideradas por Bibiana Matte e Sérgio Pinto, respectivamente, também presentes no evento. Essas *startups* buscam soluções para nutrir o futuro de modo mais sustentável, eficiente e escalável. A Núcleo Vitro foi pioneira na

elaboração do protótipo de hambúrguer à base de células bovinas no Brasil, enquanto que a Cellva Ingredients se dedica ao desenvolvimento de gordura suína cultivada.

O processo de produção do hambúrguer começa com o isolamento de células bovinas, as quais crescem em meio de cultura específico. Posteriormente, são induzidas à diferenciação. Finalmente, por meio de tecnologia exclusiva de engenharia de tecidos, é obtido o protótipo final de hambúrguer bovino de carne cultivada.

O grande desafio é formar, a partir das células isoladas, um produto com características nutricionais e sensoriais desejadas. Para desenvolver esse processo em escala é necessário tecnologia e engajamento nacional para os desafios do segmento da agricultura celular. Dessa forma, existem diversas oportunidades empreendedoras nesta nova área. Com relação ao processo, por exemplo, existem desafios na escolha da melhor origem celular, linhagens celulares reproduzíveis e confiáveis, isolamento, crescimento e diferenciação celular. Além disso, existem gargalos na escolha do meio de cultura e desenvolvimento de formulações de baixo custo e sem insumos de origem animal.

No que se refere ao suporte, há possibilidades de elaboração do mesmo para carne estruturada e não estruturada, além de otimização da técnica de bioimpressão. Também existem oportunidades de negócio e pesquisa para escalonamento, regulamentação e aprovação do consumidor. Para iniciar nesta jornada, é importante o desenvolvimento de pesquisas nas instituições, fomentos em editais, intraempreendedorismo e investimento privado.

Anualmente, 1 bilhão de suínos são abatidos para a produção de gorduras, proteínas e alimentos processados. Nesse sentido, a Cellva Ingredients busca alavancar biomas inexplorados em soluções alimentares, reduzir preços e prazos, desenvolver nova cadeia alimentar e, finalmente, explorar a carne de porco, sendo o Brasil protagonista nesta revolução. O mercado de gorduras continuará crescendo e irá aumentar 1,8 vezes até 2035. Ou seja, é necessário ampliar a performance para fornecer gordura nesta alta demanda. O Brasil possui 20% dos biomas do planeta e, além disso, é o 2º maior produtor e exportador de proteínas, o 4º maior produtor e exportador de gorduras e o 4º país em pesquisa e desenvolvimento de bioimpressão.

Por esses motivos, existem muitas oportunidades neste mercado, uma vez que 68% das empresas de *plant-based* poderiam usar gorduras animais cultivadas para incrementar seus produtos. Poucas *startups* produzem ou direcionam esforços especificamente para ingredientes ou gordura cultivada e, sabe-se que a gordura animal possui melhores características organolépticas comparada à gordura vegetal. Em síntese, a Cellva Ingredients é uma das pioneiras no desenvolvimento de gordura cultivada no mundo e tem como intuito captar oportunidade de licenciar ingredientes para desenvolvimento da cadeia B2B, pois há potencial disruptivo neste segmento de maior valor agregado.

Legislação e questões regulatórias

O desafio regulatório da carne cultivada é significativo, pois os animais são a matéria-prima, muitos ingredientes não são *food grade*, o produto é desenvolvido em uma planta industrial e o processo entrega um produto cárneo. A partir do que apontam questões regulatórias, a carne cultivada entra na classe de *novel food*. É possível que a Anvisa e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) sejam os órgãos reguladores, mas que a Anvisa seja o principal.

A proposta contida no estudo regulatório é um Guia para Solicitação de Aprovação Pré-Mercado de Carnes e Seus Componentes Produzidos por Cultura Celular, no qual haverá informações gerais, planta baixa das instalações industriais, descrição detalhada do processo de fabricação e sistema de controle de consistência de processo de produção e de garantia de qualidade e de segurança.

Atualmente, o GFI, uma organização sem fins lucrativos, fomenta um marco regulatório brasileiro para proteínas alternativas, por meio da informação, alinhamento e mobilização, segundo Alexandre Cabral, Diretor de Políticas Públicas do GFI, presente na I Jornada de Carne Cultivada.

Da mesma forma, o Mapa está implementando o Plano Nacional de Proteínas Alternativas (PNPA), conforme relatado por Daniel Trento (Coordenador Geral de Articulação para Inovação, do Departamento de Apoio à Inovação para Agropecuária do Mapa, também presente no evento. A inovação aberta

visa proporcionar ambiente livre para diálogo entre indústria, governo, universidades e recursos humanos. Na Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil (2020-2031) consta o posicionamento necessário do país na área de sistemas alimentares contemporâneos. Desse modo, o Radar Agtech mapeou as *startups* do setor do agro brasileiro e, em pesquisa de 2020 e 2021, apontou o crescimento de 40% neste mercado. Os principais temas trabalhados nestas *startups* são alimentos inovadores e novas tendências alimentares.

O grande desafio para implementação da produção de carne cultivada é a necessidade de implementar planta piloto e escalonamento, pois os custos são elevados. Por isso, os principais eixos de ação do Diagro/SDI/Mapa para *Food Tech* são o fomento aos ambientes de inovação, empreendedorismo tecnológico, agregação de valor, apoio à discussão acerca do arcabouço regulatório para desenvolvimento e inovação em *Food Techs* e construção de agenda nacional voltada aos novos ingredientes com base em tecnologia.

Preditores de consumo de carne cultivada

Os estudos sobre preditores de consumo de carne cultivada realizados no Brasil tratam de tendências e perspectivas, visto que os produtos ainda não estão no mercado nacional. Segundo a literatura internacional, o perfil socio-demográfico mostra que homens e pessoas mais jovens com maior grau de conhecimento sobre o produto são propensos a consumir mais carne cultivada. Entretanto, ainda existe falta de consenso quanto à influência do poder aquisitivo do consumidor (Fernandes et al., 2022).

Existe uma lista de preditores de consumo, como preço, características sensoriais, aspectos nutricionais, segurança alimentar, preocupações éticas, entre outros. No Brasil, há número limitado de estudos, os quais concentram-se na região Sul. Estas pesquisas indicam que as pessoas mais propensas a consumir o produto são consumidores de carne convencional, isto é, o público vegetariano e vegano não é esperado como potencial consumidor. No entanto, o que fomenta o consumo de carne cultivada pelos entrevistados

são questões como bem-estar animal, meio ambiente e saúde (Fernandes et al., 2019).

Com relação aos aspectos negativos, o principal fator limitante observado nas pesquisas foi o preço do produto, ao passo que se o valor fosse similar ao da carne convencional, as pessoas tenderiam a consumir carne cultivada. Em outros estudos brasileiros, as pessoas demonstram que há maior disposição em experimentar o produto, porém menor em consumir regularmente, e menor ainda em substituir pelo convencional. Por isso, a experiência do consumidor com o produto é determinante para que resultados representativos sejam estabelecidos (Feddern et al., 2022).

Composição nutricional carne tradicional x Carne cultivada

A alimentação é um direito humano básico que envolve a garantia ao acesso permanente e regular a alimentos de forma socialmente justa. O consumo de carne por humanos data de 2,5 milhões de anos atrás e influenciou no aumento da massa encefálica de humanos e, conseqüentemente, no desenvolvimento da capacidade cognitiva (Bunn, 1981).

A carne é constituída, em média, de 75% de água, 22% de proteína, 2% de gordura e percentuais menores de minerais, vitaminas e carboidratos (USDA, 2022). A proteína da carne é considerada de alto valor biológico, pois possui alta quantidade não só de aminoácidos essenciais, como também alta digestibilidade. A carne também possui grande quantidade de minerais essenciais, principalmente o ferro, o qual está na forma heme, que possui alta absorção. Segundo os principais guias mundiais, a quantidade média de carne indicada por semana é de 300 g e até 30 g de carne processada, conforme reportado pela nutricionista Andreza Campos Ferreira, do Centro Federal de Educação Tecnológica - Cefet/MG (Comunicação Pessoal, disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/carne-cultivada>>).

Pesquisas indicam que a qualidade nutricional da carne cultivada poderá ser controlada ajustando, por exemplo, o conteúdo lipídico do produto, isto é, adicionar ômega 3 ou reduzir colesterol. Desse modo, esta inovação tecnológica alimentar possibilita potencialmente a inclusão de melhorias na nutrição

e saúde dos indivíduos. Entretanto, mais estudos devem ser realizados para analisar comportamentos, hábitos alimentares e aporte nutricional.

Outros pesquisadores, como Marie-Pierre, do INRAE (França) acreditam, que com base no conhecimento disponível e sem a adição de moléculas no final do processo de fabricação pode-se supor que a carne cultivada difere significativamente da carne em sua dimensão nutricional, devido, por exemplo, ao baixo teor de ferro e ausência de mioglobina em tecido cárneo cultivado. Por isso, com base em seu conhecimento atual, acredita que pode haver algumas diferenças na qualidade tecnológica, sensorial e nutricional desta tecnologia em comparação com a carne convencional (Comunicação Pessoal, disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/carne-cultivada>).

A carne cultivada deve conter quantidades nutricionais similares à convencional de vitamina B₁₂, logo esta deve ser suplementada ao produto final. Geralmente, as fibras musculares têm coloração pálida por causa da ausência de mioglobina, que é um pigmento essencial para a cor da carne. Para alterar isso, é necessário modificar as condições de cultivo para promover a expressão da cadeia da mioglobina ou adicionar a mioglobina produzida diretamente no meio. Ademais, a diversidade dos tipos de carnes é explicada pela variabilidade nos teores e características das proteínas de colágeno, gordura intramuscular e pela diversidade de fibras musculares. Ainda, o maior desafio técnico nos dias de hoje é produzir tecido muscular em toda sua complexidade para que o produto pareça um filé de costela, coxas de frango e costela suína.

Entretanto, teoricamente, isso tudo é possível, uma vez que as células-tronco podem ser diferenciadas em mioblastos, adipócitos, fibroblastos, entre outros. Um ponto crucial é que a carne resulta da transformação *post mortem* do tecido muscular. De fato, após o abate, o músculo deve contrair e tornar-se mais rígido, a ausência do colágeno leva à transformação do glicogênio residual em lactato, reduzindo o pH. Durante esse processo, são ativadas diferentes enzimas que degradam proteínas musculares, levando à uniformização da carne. Este processo é chamado de maturação, e é caracterizado pelo desenvolvimento de aromas que realçam o sabor da carne, principalmente pela reação entre aminoácidos e açúcar redutor, que ocorre durante o cozimento.

Engenharia de tecidos aplicada à carne cultivada, *scaffolds* (suportes), biorreatores e bioimpressão

A engenharia de alimentos a partir de células animais consiste no desenvolvimento de tecnologia de ponta para a indústria de alimentos. A produção é baseada em uso de nutrientes naturais e *animal-free* para multiplicação de células, além de crescimento em escala com a utilização de biorreatores, a fim de formar base proteica para produção de diversos tipos de alimentos.

O processo de desenvolvimento da carne cultivada é baseado em isolamento, expansão e maturação das células da espécie desejada. Os campos de estudo estão relacionados à pesquisa para isolamento de células, substitutos celulares, moléculas e substâncias indutoras de tecidos e estruturas tridimensionais capazes de mimetizar a matriz extracelular, denominadas suportes. No entanto, alguns dos gargalos tecnológicos estão exatamente relacionados com os elementos que compõem a carne cultivada: o estabelecimento de linhagens celulares, meios de cultivo, biorreatores e suportes, tudo de maneira sustentável. Na literatura, não existem dados disponíveis sobre qual é a melhor raça animal para uso em bioprocessos, visto que isto permanece como segredo industrial das empresas que têm trabalhado na área. As fontes de células animais podem ser células-tronco embrionárias, adultas e pluripotentes induzidas. Além disso, podem ser utilizadas células adultas, como as células satélites e as de gordura animal.

O uso de células-tronco permite o direcionamento para diversos tipos celulares, uma vez que este é um dos grandes diferenciais deste tipo celular. As células satélites encontram-se junto às fibras musculares, permanecendo em estado de quiescência até ativação em processos de regeneração muscular. A célula muscular é multinucleada, formada a partir da fusão de miotubos, que formarão as fibras musculares. Para que o meio de cultura seja viável neste processo, é necessário que este seja feito com componentes economicamente viáveis, livre de soro fetal bovino, sem componentes de origem animal e livre de antibióticos no produto final.

Os *scaffolds* são estruturas 3Ds desenvolvidas à base de biomateriais que visam fornecer um suporte e as melhores condições para o crescimento celular. As características importantes dos suportes são topografia, tamanho de poro, porosidade e interconectividade, propriedades mecânicas, degradabilidade e permeabilidade para a distribuição de nutrientes. Dessa maneira, a busca por materiais e estruturação adequadas para cada tipo celular é importante para que ocorra a difusão de nutrientes.

É importante que o suporte utilizado seja comestível ou removível após a colheita da carne, o que acaba por limitar o número de materiais sintéticos possíveis. O suporte fornece uma matriz temporária para interação, proliferação e diferenciação celular. Desse modo, o suporte ideal deve ter grande área superficial para expansão celular, flexibilidade para contração celular, elevada porosidade para migração celular e estrutura 3D para maximizar a difusão, entre outros.

Para o desenvolvimento de suportes, são utilizados biomateriais, os quais podem ser compostos poliméricos, nanocompósitos, hidrogeis, materiais puros e biocompatíveis. Existem diversos polímeros comestíveis, como celulose, quitosana, alginato, colágeno e gelatina, entre outros, que podem entrar na composição de um suporte. Para uso na produção de produtos cárneos cultivados, é necessário que as moléculas utilizadas tenham alta capacidade hidrofílica e de fornecimento de espessura. Essas características se conectam com os grandes diferenciais da celulose, que são a capacidade de ligação à água e fornecimento de espessura ao tecido.

Em síntese, a celulose é o polímero mais abundante na terra, pois plantas e bactérias produzem celulose. Porém, as bactérias não produzem lignina nem hemicelulose, sendo uma composição mais pura. Os *cocoons* são as estruturas produzidas pelo cultivo bacteriano em agitação que pode atingir as dimensões de um filé de *sassami*. Algumas características da celulose bacteriana são suas propriedades mecânicas, biocompatibilidade, versatilidade e não imunogenicidade. Adicionalmente, é de suma importância que a celulose tenha versatilidade de porosidade para possibilitar o crescimento de diferentes tipos celulares e, em alguns casos, permita ir a migração celular para o interior da estrutura.

Para estruturar a carne cultivada, além dos suportes para as mesmas crescerem, é necessário um número considerável de células. Após a obtenção e isolamento de células, adultas ou tronco, seu cultivo é realizado em um sistema de pequena escala para proliferação adequada. Então, essas são transferidas para biorreatores, para o escalonamento na produção celular, e, nesse momento, ocorre a expansão, quando pode ser realizada a diferenciação (transformação) dos tipos celulares, no caso das células-tronco. Pelo fato desses tipos celulares necessitarem de um suporte para o crescimento (cultura aderente), dentro dos biorreatores, são utilizados microcarreadores que servem de apoio de crescimento e, assim, expansão em escala. Para a melhor resposta celular e qualidade da cultura, é de vital importância usar o melhor padrão de manutenção celular que varia entre os tipos celulares. Ao atingir um número adequado de células, as mesmas são inoculadas no suporte. Quando se utilizam células adultas, o produto passa para a fase de maturação, na qual as células irão se adaptar ao novo ambiente. No caso das células-tronco, essas serão diferenciadas dentro do suporte e paralelamente passarão pelo processo de maturação. Para tal, são utilizados fatores de diferenciação e crescimento para que estas se tornem o tipo celular desejado. Independentemente do tipo celular utilizado ou se o suporte foi sintetizado ou impresso, a etapa de maturação deve ocorrer em biorreator, que passa a ter a função de incubadora. No entanto, não se deve permitir que a maturação ocorra sob agitação, uma vez que isso destruiria ou danificaria o suporte.

Ainda, a escolha de linhagem celular é um gargalo importante. Espera-se que a linhagem celular primária seja a mais adequada, entretanto o tempo de vida após subcultivos é baixo. Já a linhagem celular imortalizada é caracterizada por ser alterada geneticamente, seja por uso de substâncias químicas, vírus, plasmídeos ou agentes físicos, como luz ultravioleta. O desafio da utilização dessa linhagem celular diz respeito a questões regulatórias. As iPSCs são células-tronco pluripotentes induzidas, isto é, são derivadas de células adultas que, por meio de indução de genes, retornam ao estado de indiferenciação.

Por fim, é possível manipular as características físico-químicas dos suportes para que ocorra maior adesão celular. Além disso, é interessante que o microcarreador seja comestível, pois isso irá reduzir etapas do processo e poderá incorporar textura, coloração e sabor para a carne. Nesse sentido, há possibilidade de uso de nanofibras poliméricas que podem fornecer estrutura para

aderência celular, sendo que estudos indicam a eliminação do uso de fatores de diferenciação, o que reduziria etapas e custos do processo.

A Gelatex é uma empresa com base na Estônia que trabalha com suportes e microcarreadores. O diferencial da empresa é ofertar ao mercado microcarreadores comestíveis, porosos e que podem ser customizados (Gelatex, 2022). As alternativas atuais são sintéticas, até porque a maior parte foi desenvolvida para atender engenharia tecidual. Portanto, as células requerem uma etapa de tripsinização para remoção dos microcarreadores. Assim, podem ser reutilizadas até certo ponto, mas não indefinidamente. A Gelatex desenvolveu nanofibras que fornecem uma boa superfície para as células aderirem, e como são feitos de nanofibras, há migração de células para os microcarreadores, o que não era possível antes. Alguns dos diferenciais desta nanofibra são a porosidade, rigidez, capacidade de controle do tamanho dos poros, área de superfície, alinhamento e facilidade de esterilização. Desse modo, este material fornece estrutura verdadeiramente 3D para multiplicação celular, além de funcionar com diferentes linhagens celulares (Gelatex, 2022).

A tecnologia exclusiva de *halo-spinning* produz muito mais fibras por unidade de tempo. Dessa maneira, as fibras não tem tempo para se organizar em uma estrutura plana, o que é muito mais parecido com a estrutura e morfologia 3D da matriz extracelular. Assim, as células realizam a migração para as camadas mais profundas do material, não aderindo somente na superfície. O material utilizado pela Gelatex é de origem vegetal, que sabidamente promove menor adesão do que as proteínas de origem animal. No entanto, a tecnologia desenvolvida fornece uma morfologia adequada para as células, pois a deficiência da química de superfície é compensada pela estrutura apropriada (Gelatex, 2022).

Carne impressa em 3D

A impressão de alimentos em 3D possibilita o mimetismo de propriedades sensoriais, sabores, texturas, aromas e controle dos processos de fabricação, entre outros. Este processo é feito por meio de engenharia reversa de estruturas biológicas, na qual os processos biológicos são decodificados para projetar soluções, como o desenvolvimento de suportes.

As etapas do processo de biofabricação e impressão 3D são divididas, basicamente, em três estágios. O Pré-processamento é a primeira etapa, na qual a partir de uma técnica de imagem (CAD) de um produto cárneo convencional é produzido um desenho que contém informações estruturais que darão origem ao modelo que a impressora receberá. A segunda etapa é o processamento, que começa com o modelo gerado anteriormente e consiste no uso das células, matriz alimentar e técnica de fabricação para construção do alimento. A terceira etapa é quando o constructo fabricado é incorporado a maturógenos, que são fatores de crescimento e meios de cultivo. Então, é introduzido ao biorreator para que, finalmente, origine o análogo de carne (Silva, 2017).

Segundo Luciano P. da Silva (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), a bioimpressão 3D tem sido considerada o novo padrão ouro para produção de alimentos. Dessa forma, há três técnicas principais para esta abordagem. A técnica assistida à laser é boa para construir pequenas camadas e estruturas, mas para alimentos não é a mais adequada. A técnica chamada jato de tinta é excepcional para produzir sensores e chips celulares, mas é limitada para produzir estruturas de maior tamanho. Por fim, a técnica de microextrusão tem se mostrado como a ferramenta ideal para produção de alimentos em 3D. (Comunicação Pessoal, disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/carne-cultivada>>)

No entanto, apesar das diferenças entre as técnicas, é importante salientar que é possível combinar diferentes técnicas de bioimpressão para oferecer propriedades novas. Além disso, faz-se necessário mencionar que existem desafios em termos de escalabilidade, visto que o tempo estimado para modelos complexos, como um corte de picanha, é de dezenas de minutos a horas.

APPCC aplicada à carne cultivada

O plano Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) surgiu para garantir a segurança dos alimentos utilizados para viagens espaciais da Nasa. O principal fundamento do plano é a análise e controle dos riscos biológicos, químicos e físicos em todas as etapas, desde a produção da matéria-prima até o produto final. Dessa forma, o APPCC visa controlar os

perigos e indicar medidas preventivas, determinar os pontos críticos, especificar o que deve ser monitorado, ditar as ações corretivas a serem aplicadas e registrar o que acontece na linha de produção para comprovar que o perigo foi controlado.

Segundo Carolina Scheibe Anderson, Instituto Senai de Inovação, existem metodologias, como o programa de alimento seguro, para organizar o plano APPCC de uma indústria. No caso da carne cultivada, é importante classificar o nome do produto para requisitos internos e também para rotulagem. Toda legislação nacional solicita um plano APPCC para a indústria. Dentro do plano, faz-se necessário a avaliação de pré-requisitos, treinamentos externos, integrantes da equipe, descrição do produto e uso esperado, fluxograma de processo e sua descrição. É necessário estabelecer limites críticos para os parâmetros a serem monitorados, como, por exemplo, tempo/temperatura de impressão, sensorial e informação toxicocinética, entre outros.

Dentro do plano, é importante o registro do estabelecimento das ações corretivas, ou seja, as ações que são tomadas quando ocorre desvio do limite crítico. Outra ação necessária é a verificação dos processos, isto é, averiguar se os perigos estão sob controle por meio da checagem das planilhas, para garantir que ações corretivas sejam realizadas somente em momentos críticos, e não rotineiramente. Por fim, os formulários preenchidos geram um resumo do plano. Desse modo, qualquer pessoa é capaz de visualizar os problemas e resolvê-los.

Oportunidades de financiamento de pesquisa em proteínas alternativas

O *The Good Food Institute* (GFI) financia pesquisas em proteínas alternativas para resolver problemas técnicos, fomentar pesquisa e desenvolvimento de acesso aberto e contribuir para o avanço do mercado. Segundo Amanda Leitolis, Especialista de Ciência e Tecnologia, o GFI possui um programa de financiamento desde 2018, com o intuito de criar entusiasmo e aumentar a visibilidade da rede científica global no que diz respeito a proteínas alternativas. Estas pesquisas são de acesso aberto, disponíveis na

literatura (Comunicação Pessoal, disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/carne-cultivada>>).

Dentro desse programa de financiamento internacional, há o *Field Catalyst Grant*, que possui linhas prioritárias de pesquisa definidas pelo GFI. Isto é, no ano anterior ao lançamento do edital é realizada pesquisa para identificar quais serão os gargalos tecnológicos do ano futuro. O segundo programa é o *Discovery Grant*, que possui caráter exploratório, em que podem ser submetidas propostas que não sejam prioridades de pesquisa. No Brasil, existem 23 projetos de pesquisa financiados pelo GFI, totalizando mais de R\$ 8 milhões fornecidos ao país. Em 2021, o GFI já havia financiado US\$ 13 milhões em 82 projetos no mundo, sendo 43 em carne cultivada. Qualquer setor da academia, governo, indústria ou organização sem fins lucrativos do mundo pode ser contemplado com financiamento do GFI. Cabe ressaltar que o instituto não financia estudos com insetos, seres humanos, pesquisas de mercado, preferência do consumidor e análise do ciclo de vida.

Atualmente, o instituto tem feito um estudo colaborativo com pesquisadores de diferentes instituições para pesquisar a segurança dos alimentos em carne cultivada. Por fim, o GFI também atua por meio da difusão de conhecimento técnico de acesso aberto mediante manuais, glossários e cursos online divulgados em suas redes digitais.

Capacitação de agentes multiplicadores durante a I Jornada de Carne Cultivada

Uma página do evento foi criada para facilitar a comunicação com o público e divulgar a temática da carne cultivada no primeiro evento híbrido sobre o tema (<<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/carne-cultivada>>).

A capacitação de multiplicadores aconteceu (Figura 1) para 148 participantes, divididos no formato presencial (58) e online (90). Em sua maioria, para universidades (profissionais graduados e pós-graduados), colaboradores da própria Embrapa e setor privado (empresas de equipamentos e insumos, indústrias/*startups*) da região Oeste do Estado de Santa Catarina. Além disso, como houve transmissão simultânea online, foi possível capacitar profissionais de outros Estados brasileiros.

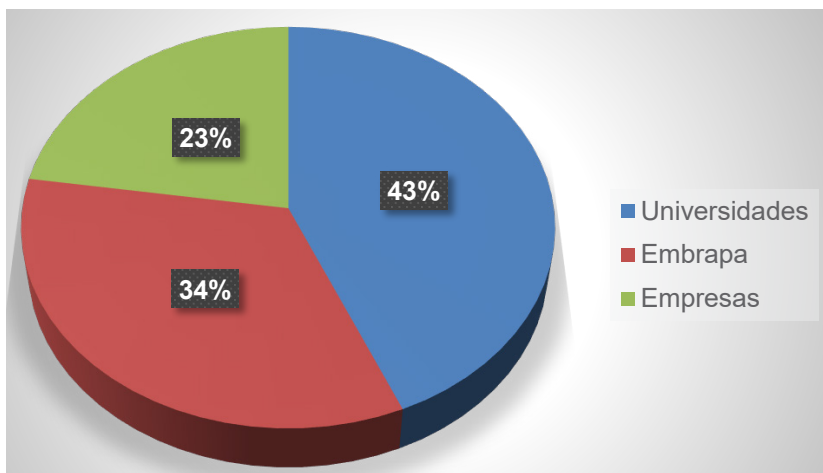


Figura 1. Público presente na I Jornada de Carne Cultivada.

Os palestrantes online ministraram suas palestras da França e da Estônia, enquanto os palestrantes brasileiros vieram do Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Detalhes dos palestrantes, das mesas-redondas, debates e patrocinadores são mostrados na Tabela 3. Algumas imagens dos dias do evento (24 - 25 de agosto de 2022) estão nas Figuras 2, 3 e 4.

Tabela 3. Dados do evento

Participantes do evento	Nº Previsto	Nº Alcançado
Estudantes	10	65
Profissionais não acadêmicos	80	83
Entidades promotoras	3	3
Entidades patrocinadoras	3	4
Mesas-redonda	3	3
Debates	3	3
Palestrantes do evento	Nº Previsto	Nº Alcançado
Palestrantes do Estado de Santa Catarina	7	5
Palestrantes de outros Estados	12	11
Palestrantes estrangeiros online	3	2
Palestrantes brasileiros online	0	4



Foto: Vivian Feddern

Figura 2. Discussão técnica sobre métodos de cultivo, suportes e biorreatores.



Foto: Monalisa Leal Pereira

Figura 3. Debate sobre os pontos de vista do consumidor vegetariano x carnívoro.



Foto: Monalisa Leal Pereira

Figura 4. Debate entre indústria, Mapa e GFI.

Biobanco de linhagens celulares de galinhas provenientes do programa de genética da Embrapa

Em 2021, duas salas foram adaptadas para o cultivo celular de carne cultivada para desenvolver um análogo de filé de peito de frango, com auxílio de fomento externo (The Good Food Institute-GFI). O projeto “*Whole-cut Chicken Analogs from Massive Dynamic Cocoon-like Bacterial Cellulose Tissue-engineering Constructs*”, traduzido para “Análogos de cortes de frango a partir de construções de engenharia tecidual com celulose bacteriana” é liderado pela Embrapa Suínos e Aves (Embrapa SEG: 20.21.00.085.00.00). Nesse projeto, se trabalha com células-tronco adultas ou embrionárias, miócito e adipócito de galinha. Ao longo do desenvolvimento, foi verificada a necessidade da criação de um biobanco de linhagens celulares de galinha para atender ao mercado de carne cultivada. Segundo Ana Paula Almeida Bastos (pesquisadora da Embrapa Suínos e Aves), o biobanco pode reduzir drasticamente a necessidade de geração repetida de culturas de células primá-

rias e permitirá que a indústria baseada em células trabalhe com linhagens celulares estáveis, reproduzíveis e consistentes durante o desenvolvimento de produtos cárneos cultivados. Ressaltando que não haverá obstáculos de licenciamento e autorização da utilização das linhagens celulares porque a fonte de células são os animais do programa de melhoramento genético da Embrapa. Esse biobanco reduzirá significativamente a barreira de entrada de pesquisadores, *startups* e indústria interessados na carne cultivada.

O biobanco visa disponibilizar linhagens celulares não diferenciadas e diferenciadas (adipócitos e miócitos) como fonte de proteína para a produção de carne cultivada. As linhagens serão estabelecidas, células primárias e também imortalizadas, cultivadas em meio específico, para proliferação e diferenciação celular, caracterizadas pelo sequenciamento do genoma e perfil de expressão gênica. Ao fim, essas células serão o principal ingrediente para os produtos cárneos cultivados e serão disponibilizadas para o mercado de carne cultivada.

Como sendo o único centro nacional de pesquisa em suínos e aves do Brasil e por apresentar material genético próprio de aves, a Embrapa Suínos e Aves se coloca como líder na criação do biobanco de células para carne cultivada de galinha, oferecendo rastreabilidade celular, infraestrutura e equipe (veterinário, agrônomo, zootecnista, engenheiro de alimentos, biólogo, biotecnologista e bioinformata) capacitada para produção de linhagens celulares, bem como para produção de carne estruturada e não estruturada em projetos em andamento.

Conclusões

O tema carne cultivada ainda envolve uma série de dúvidas e preocupações, uma vez que inexistem produtos no mercado para acessibilidade à população na atualidade. Apenas restaurantes em alguns países (Israel, Estados Unidos, Singapura) servem carne cultivada mediante assinatura do termo de consentimento do consumidor. O evento híbrido I Jornada de Carne Cultivada realizado na Embrapa Suínos e Aves pode ser considerado pioneiro no Brasil, uma vez que na Pandemia do Covid-19 não foram organizados eventos presenciais neste tema, época em que muitas empresas se consolidaram pelo mundo. É necessário investimento na área para escalonamento da produ-

ção e consolidação do país como referência também na produção de carne cultivada a partir de células de diferentes espécies. Além disso, é desejável e prudente encontrar meios de cultivo alternativos, para evitar o soro fetal bovino para reduzir problemas regulatórios e éticos, satisfazendo o anseio do consumidor e órgãos não governamentais que buscam bem-estar animal.

O uso da carne cultivada surge como uma alternativa importante para auxiliar na oferta de carne em um mundo em crescimento populacional. Durante o evento foi possível uniformizar conhecimento e tanto a indústria quanto Universidade entendeu que se trata de um nicho, ou seja, toda forma de oferta de proteína pode coexistir, uma não anula a outra. A Embrapa para contribuir nesta temática deve ter estudos no tema, ofertando tecnologia às empresas e sociedade. A expectativa é que até 2024 se chegue nos primeiros produtos ofertados no mercado, porém ainda existe a barreira do escalonamento, e legislação. Para isso, os estudos da Embrapa e parceiros será fundamental para dar subsídio à Anvisa e ao Mapa autorizarem a comercialização no Brasil.

Agradecimentos

A equipe organizadora do evento agradece aos:

- **Patrocinadores:** BASF, Eppendorf, Instituto Senai de Inovação, ThermoFisher Scientific;
- **Apoiadores:** FAPESC, MAPA, GFI;
- **Palestrantes:** Alice M. Fernandes, Aline B. da Silva, Alexandre Cabral, Amanda Leitolis, Ana Lívia de C. Bovolato, Andreza C. Ferreira, Bibiana Matte, Carolina S. Anderson, Daniel Trento, Fernanda V. Berti, Karla P. V. Oliveira, Luismar Porto, Luciano P. da Silva; Märt-Erik Martens, Marie-Pierre Ellies-Oury, Ricardo Laurino e Sérgio Pinto;
- **Equipe do Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) da Embrapa Suínos e Aves:** Lucas S. Cardoso, Monalisa L. Pereira, Marisa N. S. Cadorin, Vivian Fracasso, Jacir Albino, Paulo C. Baldi, Jean C. P. Vilas-Boas Souza, Sônia Holdefer.



Referências

BUNN, H. T. Archaeological evidence for meat-eating by Plio-Pleistocene hominids from Koobi Fora and Olduvai Gorge. **Nature**, v. 291, p. 574-577, 1981.

CONSTANCIO, F. A BRF investe em produção de carne cultivada a partir de células: empresa investe em startup visando inovação e tecnologia para atender aos novos hábitos dos consumidores. *Consumidor Moderno*, 8 jul. 2021. Disponível em: <https://www.consumidormoderno.com.br/2021/07/08/brf-investe-em-producao-de-carne-cultivada-partir-de-celulas/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

DOUGLAS, E. Mundo precisaria de 7 planetas se todos comessem como no G20. *Deutsche Welle Brasil*, 16 Jul. 2020. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/mundo-precisaria-de-sete-planetas-se-todos-comessem-como-no-g20/a-54207944>. Acesso em: 27 nov. 2022.

FEDDERN, V.; FERNANDES, A. M.; GRESSLER, V. Carne Cultivada de frango: tendências e mercado. *Avicultura Industrial*, Itu, ed. 1320, ano 113, n. 6, p. 14-21, 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1146654/1/final9993.pdf>. Acesso em 12 dez. 2022.

FERNANDES, A. M.; FANTINEL, A. L.; SOUZA, A. R L de; RÉVILLION, J. P. P. Trends in cultured meat: bibliometric and sociometric analysis of publication. **Brazilian Journal of Information Science: Research Trends**, v. 13, n. 3, p. 56–67, 2019. Doi: <http://doi.org/10.36311/1981-1640.2019.v13n3.06.p56>.

FERNANDES, A. M.; TEIXEIRA, O. de S.; REVILLION J. P.; SOUZA, A. R. L. de. Panorama and ambiguities of cultured meat: an integrative approach. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 20, p. 5413–5423, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1885006>.

FOOD SAFETY NEWS. Disponível em: <https://www.foodsafetynews.com/files/2017/09/Churchill-quote-lab-meat.jpg>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GELATEX. Tallinn, 2022. Disponível em: <https://www.gelatex.com/>. Acesso em: 25 nov. 2022

LORENZO, D. de. Dutch parliament approves cultured meat tasting in the Netherlands. **Forbes**, 17 mar. 2022. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/danieladelorenzo/2022/03/17/dutch-parliament-approves-cultured-meat-tasting-within-the-netherlands/?sh=5fddc94560bf>. Acesso em: 25 out.2022.

PORTO, L. M.; BERTI, F. V. Carne cultivada: perspectivas e oportunidades para o Brasil. São Paulo: Good Food Institute BR, 2022. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/06/WP-Carne-Cultivada-no-Brasil-GFI-Brasil-05_2022_.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

SAWERS, P. Cultivated meat company Meatable showcases its first product: synthetic sausages. TechCrunch, 20 Jul. 2022. Disponível em: <https://techcrunch.com/2022/07/20/cultivated-meat-company-meatable-showcases-its-first-product-synthetic-sausages/>. Acesso em: 5 dez. 2022.

SILVA, L. P. da. Panorama da Nanobiotecnologia no Brasil e a nova fronteira da bioimpressão 3D. [Entrevista cedida a] Laura Loenert. 3D printing, 24 out. 2017. Disponível em: <https://3dprinting.com.br/panorama-da-nanobiotecnologia-no-brasil-e-a-nova-fronteira-da-bioimpressao-3d/>. Acesso em: 25 out. 2022.

SOUZA, K. JBS anuncia aquisição e investimento de US\$ 100 mi em carne cultivada. **Exame, e.negócios**, 18 nov. 2021 Disponível em: <https://exame.com/negocios/jbs-investe-us-100-mi-para-entrar-no-mercado-de-carne-de-laboratorio>. Acesso em 11 dez. 2021.

USDA. United States Department of Agriculture. Food Data Central Search Results. Disponível em: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

Literatura recomendada

UPSIDE FOODS. Berkeley, CA, 2022. Disponível em: <http://www.memphismeats.com/> Acesso em: 12 dez. 2022

SUPER MEAT. Bringing cultivated meat to your dinner table. Rehovot, 2022. Disponível em: <https://www.supermeat.com/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

NÚCLEO VITRO. Porto Alegre: Grupo IPclin, 2022. Disponível em: <https://www.nucleovitro.com/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

Embrapa

Suínos e Aves

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL