



# 15 Forças motrizes para a agropecuária brasileira na próxima década: implicações para a agricultura digital

Geraldo Bueno Martha Júnior

## 1 Introdução

A agropecuária brasileira não se encontra isolada, em um vazio econômico. A agropecuária influencia e é influenciada pelo seu entorno. Dada a condição do Brasil como importante ator no mercado global de alimentos, essas duplas vias de influência expandem-se para incluir as dimensões regional e global.

Na última década, diferentes vertentes da agricultura digital e suas aplicabilidades setoriais foram apresentadas ao setor produtivo. Avanços, incluindo sensores, imagens a partir de dispositivos móveis, drones e satélites, internet das coisas (IoT), *Big Data*, visão computacional, simuladores, algoritmos de otimização e inteligência artificial, e a integração dessas tecnologias com atuadores possuem potencial de transformar a agropecuária. Essa mudança seria traduzida pela melhora em processos de gestão e de tomada de decisão e pela elevação dos ganhos de eficiência nas diferentes etapas produtivas.

A ampliação da relevância da agricultura digital nos processos produtivos na próxima década parece, assim, ser inexorável. Isso reflete os benefícios potenciais que essas tecnologias e serviços digitais, providos a custos paulatinamente mais reduzidos e com eficiência crescente, podem agregar à cadeia produtiva agropecuária. Entretanto, apesar do crescente volume de soluções de tecnologia da informação (TI) apresentado ao mercado, atores do setor produtivo por vezes apontam para a falta de objetividade e de aplicabilidade

das informações apresentadas. Recorrentemente, apontam para a falta de análises econômicas respaldando a solução digital proposta.

Essas constatações sinalizam que enfoques gerais sobre a agricultura digital têm sido priorizados. Embora interessantes para a divulgação das tecnologias, não aportam elementos objetivos para a tomada de decisão do produtor. As soluções digitais, para serem efetivas no mundo real, precisam ser analisadas pela ótica dos grandes desafios e oportunidades que se apresentam à agropecuária brasileira. Essas grandes questões, grosso modo, podem ser agrupadas nas dimensões micro, macro, biológica e de gestão. A dimensão ambiental mostra-se transversal a essas outras dimensões.

Este capítulo se propõe a fazer uma breve reflexão sobre esses tópicos, com ênfase às forças motrizes-chave, pelo lado da demanda e da oferta, que dão contornos e que interagem fortemente com esses grandes desafios e oportunidades que se apresentam à agropecuária nacional. Além desta introdução, em uma segunda seção apresenta-se uma discussão sucinta sobre as principais forças motrizes de relevância à agropecuária, delineando situações de interesse para a potencial inserção das tecnologias digitais nos sistemas agropecuários. Algumas considerações sobre a agricultura digital no contexto da cadeia produtiva são feitas na terceira seção. Em uma quarta e última seção exploram-se algumas perspectivas que começam a se desenhar no ambiente doméstico e internacional e que podem trazer pressões, mas também oportunidades, para a agropecuária brasileira (e para as soluções digitais) já a partir de um futuro próximo.

## 2 Forças motrizes relevantes à agropecuária e à sua transformação digital

O exercício de pensar o futuro, seja de curto prazo (nível operacional), seja de longo prazo (nível estratégico), é um traço intrínseco da humanidade. Trabalhos recentes têm sintetizado oportunidades e desafios futuros com recortes que variam quanto à abrangência setorial, regional e temporal (Embrapa, 2014, 2018; Boumphrey; Brehmer, 2017; FAO, 2017; The Economist Intelligence Unit, 2019; Global..., 2019; Kirova et al., 2020). Termos como forças motrizes (ou drivers), tendências e megatendências entrelaçam-se, por vezes se confundem, e têm sido utilizados para descrever forças e impactos potenciais, positivos ou negativos, que se apresentam aos setores público e privado.

Uma contribuição interessante para o entendimento desses termos (e sua aplicação) foi apresentada por Boumphrey e Brehmer (2017). De acordo com esses autores, as forças motrizes moldam as megatendências, que assim se configuram em fenômenos de segunda ordem. As megatendências são forças bem estabelecidas, de influência de médio a longo prazo (5 a 15 anos), em

um mundo explicado pelas forças motrizes, cuja evolução permeia diferentes setores da economia e toma diferentes formas ao longo do tempo. Para uma força ser considerada uma megatendência ela deve ser de relevância multi-setorial. Caso essa força seja setor-específica, em que pese seu potencial de influência para o setor, ela não é uma megatendência no sentido estrito do conceito. É uma tendência.

Em muitas situações, a descrição de como essas megatendências e tendências são relevantes para o planejamento, em seus diferentes horizontes temporais, é muito vaga, o que não contribui para a tomada de decisão. Alternativamente, as reflexões sobre oportunidades e desafios futuros, pautadas em forças motrizes, são em geral mais simples e objetivas, além de terem à disposição um robusto instrumental quantitativo. Assim, quando desejável, é possível realizar análises críveis e verificáveis em apoio ao planejamento e ao processo decisório em seus diferentes níveis.

As forças motrizes referem-se a mudanças induzidas por fatores de origem natural ou humana que ocorrem nos (agro)ecossistemas. Essas mudanças podem ter uma atuação direta ou indireta. As forças motrizes de ação direta são as mudanças climáticas, as mudanças no uso da terra (como o desmatamento), a eficiência de uso de nutrientes pelas plantas e a incidência de pragas e de doenças. Aquelas de ação indireta operam de maneira mais difusa, alterando pelo menos uma força motriz direta, que acaba por influenciar os processos do (agro)ecossistema. As forças motrizes indiretas mais importantes são aquelas de cunho demográfico, econômico, sociopolítico, científico-tecnológico, cultural e religioso (Nelson, 2005).

As forças motrizes atuam em níveis global, nacional e local e apresentam interações entre essas diferentes escalas (Hazell; Wood, 2008; Embrapa, 2014). A conscientização sobre essas forças motrizes, sua importância, impactos potenciais e interações foi impulsionada, fortemente, a partir dos anos 1990, com as possibilidades de comunicação oferecidas pela internet e pela concomitante queda nos preços de equipamentos e serviços de TI.

Em escala global, fatores como mudanças climáticas, globalização e comércio exterior, preços internacionais de alimentos, insumos para a produção agropecuária (energia, inclusive), políticas (agrícolas, ambientais etc.), entre outros, interagem com fatores em nível nacional. Em nível de país há outros fatores, como aqueles de natureza macroeconômica e política, questões legais, canais de mercado, renda per capita e urbanização. A escala nacional principalmente, mas também a global, interagem com o nível local, no qual fatores como infraestrutura e acesso a mercados, zoneamento agroecológico (e restrições ambientais), emprego, incentivos (políticas públicas) e desincentivos (impostos) mostram-se atuantes (Hazell; Wood, 2008).

Determinar a importância relativa de cada força, direta ou indireta, ou das interações entre elas sobre os impactos observados em uma dada localidade

não é tarefa trivial. Não obstante, as estratégias para responder a eventuais mudanças indesejáveis serão motivadas pela habilidade dos agentes locais de influenciar esses fatores de mudança. Desse modo, à parte as dificuldades, é importante manter o foco nos fatores que mais influenciam oportunidades e desafios em nível local (Hazell; Wood, 2008).

Em nível local, as percepções do produtor sobre a importância relativa dessas forças, em termos de pressão sobre os recursos disponíveis, de restrições e oportunidades que se apresentam ao negócio, sujeitas aos seus valores individuais, norteiam os rumos da tomada de decisão. As perspectivas do produtor quanto aos custos de oportunidade e aos riscos envolvidos na tomada de decisão são únicas a uma dada combinação produtor-propriedade, uma vez que a quantidade e a qualidade de recursos (terra, trabalho, capital físico e humano) e de insumos, bem como os preços relativos envolvidos, variam caso a caso.

Portanto, a análise dessas forças motrizes fornece elementos para apoiar as reflexões e as ações do setor público e privado, orientando a definição de planos, objetivos e metas de ação. Para a pesquisa e para a transferência de tecnologia, sinalizam com rumos para o estabelecimento de prioridades e estratégias de programas e projetos. As crescentes possibilidades oferecidas pelas tecnologias da informação e comunicação (TIC) permitem maior interação entre atores e agentes de relevância à agropecuária. De modo crescente, essa interação passa a incluir outros atores da sociedade, e também da comunidade internacional, nas discussões relacionadas à agropecuária e seu ambiente de produção.

Um modo interessante de se analisarem as forças motrizes e seus impactos passa pelo modelo de oferta e demanda da economia. Essa estrutura de análise incorpora muitos dos sinais providos pelas diferentes forças motrizes. Assim, os principais fatores relacionados ao aumento na demanda por produtos agropecuários são as variações no crescimento populacional e na renda per capita. Fatores como a taxa de urbanização e as preferências dos indivíduos, que se mostram sujeitos à influência cultural, sociopolítica e religiosa, também atuam sobre o deslocamento da demanda.

Os fatores pelo lado da demanda, refletindo as principais preferências da sociedade, influenciam as decisões quanto ao processo de produção agropecuária (oferta). As principais forças motrizes relacionadas às variações na oferta de produtos agropecuários são a oferta tecnológica e os custos de produção. As soluções digitais (oferta tecnológica) podem contribuir favoravelmente para ganhos de eficiência na gestão e no processo produtivo. Isso abre espaço para a redução dos custos de produção, além de criar oportunidades para a expansão da receita dos produtores e, de modo mais amplo, dos atores envolvidos na cadeia produtiva.

## 2.1 Forças motrizes-chave pelo lado da demanda

Os dois principais deslocadores da curva de demanda são o crescimento da população e da renda per capita. Hertel e Baldos (2016) estimaram que entre 1961 e 2006 o crescimento da população, de 1,7% ao ano no período, explicou 83,7% da variação na demanda na agricultura. A variação da renda no período, de 1,4% ao ano, respondeu pelos 16,3% restantes.

As projeções mais recentes das Nações Unidas apontaram que a população mundial, em 2050, estará na faixa de 9,4 bilhões a 10,1 bilhões, representando uma expansão média de 0,8% ao ano frente à população de 2019, de 7,7 bilhões (Nações Unidas, 2019). A renda per capita, nas décadas à frente, crescerá em importância como força explicando a expansão da demanda (Guillemette; Turner, 2018).

Hertel e Baldos (2016) foram capazes de capturar esses desdobramentos, tendo como referencial o período de 2006 a 2051. Nesse intervalo, as taxas simuladas de crescimento da população e da renda per capita foram de 0,8% ao ano e de 2,1% ao ano, respectivamente. Sob essas condições, o aumento na demanda na agricultura para o horizonte 2006 – 2051, devido às variações no crescimento da população e da renda per capita, seriam de, respectivamente, 35,4% e 149% frente ao período 1961 – 2006. A decomposição dessas forças para o horizonte 2006 – 2051 revelou que a força motriz população explicaria 55% do crescimento da demanda na agricultura, enquanto a renda per capita explicaria os 45% restantes. No período que se estende até 2050, parcela majoritária da variação da população global estará concentrada na África (59,2%) e na Ásia (33,5%) (Nações Unidas, 2019). A renda, como fator explicativo do aumento da demanda na agricultura, terá a Ásia como ator principal, seguida da África (64,6% e 21,1% da variação total, respectivamente) (Hertel; Baldos, 2016).

Essas forças, aliadas às mudanças nos hábitos alimentares decorrentes da ampliação da classe média mundial (Kharas, 2017) e da crescente taxa de urbanização (Warr, 2019), mantêm aquecida a demanda por produtos agropecuários na próxima década. As taxas de crescimento da demanda por produtos de maior elasticidade-renda, como a proteína animal, deverão ser maiores nos países emergentes (Godfray et al., 2018), cuja população busca atingir patamares de consumo próximos aos observados nos países ricos. O envelhecimento da população (Nações Unidas, 2019) e possíveis mudanças de preferências motivadas por pleitos de uma alimentação mais saudável e questões ambientais (Godfray et al., 2018) devem arrefecer a taxa de aumento na demanda por proteína animal no futuro. Contudo, eventuais transformações estruturais e em grande escala são processos complexos, que levam décadas para serem efetivados (Elzen et al., 2012).

### 2.1.1 Demanda agrícola e Covid-19

A pandemia tem causado um quadro único na história da humanidade, em termos de suas características e proporções, na medida em que os seus efeitos deletérios sobre as dimensões da saúde e da economia têm afetado, simultaneamente, as diferentes regiões do mundo.

As expectativas de crescimento econômico, no Brasil e no Mundo, têm se deteriorado rapidamente ao longo dos últimos meses. Estimativas da Comissão Europeia apontam para uma queda abrupta na projeção de variação do Produto Interno Bruto (PIB) para 2020, com amplitude de -4,8 p.p. na China a -10,9 p.p. na Espanha, em relação aos cenários pré-crise. A economia global, nessas projeções, deverá encolher 6,5 p.p. ante o cenário pré-crise (variação de +3% para -3,5%) (European Commission, 2020a, 2020b). No caso brasileiro, o último Relatório Focus disponível<sup>1</sup>, de 19 de junho de 2020, projetou um encolhimento da economia brasileira de 6,50% no ano corrente, o que representa uma queda de 8,8% frente às projeções de crescimento pré-Covid-19.

O ritmo de recuperação econômica será lento e bastante desigual entre países, entre regiões de um dado país e entre os diferentes setores da economia. Ainda há muita expectativa sobre a efetividade das medidas econômicas emergenciais anunciadas pelos governos. O quadro pode se agravar, tendo em vista as incertezas quanto à possibilidade de novos ciclos de Covid-19 ao longo dos próximos meses, até que uma vacina viável esteja disponível e amplamente disseminada.

O setor agropecuário tem se mostrado resiliente, um dos únicos capazes de sustentar uma variação positiva do PIB setorial, com crescimento projetado de 2,5% para 2020 (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2020). Entretanto, os impactos da pandemia sobre a demanda do setor “alimentação”, no curto prazo e no imediatamente pós-pandemia, devem ser assimétricos entre seus subsetores. Essa assimetria reflete, entre outros, restrições devido ao distanciamento social, à deterioração da renda per capita nesses próximos meses, à disponibilidade de produtos substitutos e à elasticidade-renda da demanda dos produtos.

O grupo “alimentação no domicílio” tem sido o menos impactado pela crise da Covid-19. Mesmo assim, conforme o estrato de renda, deverá amargar uma desaceleração na demanda que pode chegar a -3,7% ao longo do

---

<sup>1</sup> O Relatório Focus, do Banco Central do Brasil (BCB), “[...] resume as estatísticas calculadas considerando as expectativas de mercado coletadas até a sexta-feira anterior à sua divulgação. Ele é divulgado toda segunda-feira. O relatório traz a evolução gráfica e o comportamento semanal das projeções para índices de preços, atividade econômica, câmbio, taxa Selic, entre outros indicadores. As projeções são do mercado, não do BC[...].” (Banco Central do Brasil, 2020).

próximo ano ante as expectativas pré-crise<sup>2</sup>. Grupos de alimentos de maior elasticidade-renda, como refeições fora de casa e os segmentos de orgânicos e de proteína animal, deverão ser mais fortemente impactados. Conforme o caso, a queda na demanda ao longo do próximo ano pode ultrapassar o patamar de -9,0% na comparação com o cenário pré-crise (Martha Júnior, 2020).

A globalização e o comércio internacional seguem essenciais para o desenvolvimento econômico. Espera-se, porém, crescente fomento à nacionalização da produção de uma maior variedade de insumos para apoiar o processo produtivo dentro das fronteiras dos países. Paralelamente, a tendência de consumidores mais exigentes e buscando informações mais qualificadas sobre produtos e serviços da agropecuária e sobre variáveis ambientais e sociais relacionadas à produção (e eventuais externalidades) ganha envergadura.

Nesse contexto, é plausível ponderar que o espaço para o crescimento das exportações deverá ocorrer em um ambiente mais acirrado em termos de competição, em particular frente à brusca queda na renda per capita, consequência da pandemia da Covid-19. Em que pesem essas incertezas, para o momento, estão mantidas as expectativas positivas para a expansão da participação do Brasil nos mercados agrícolas globais ao longo da próxima década. Contudo, atender a demandas cada vez mais diversas e rigorosas, e capturar as oportunidades por elas oferecidas, não é tarefa trivial e isenta de desafios.

Algumas tecnologias digitais devem crescer em importância nesse contexto. A consolidação das tendências discutidas anteriormente aponta para uma rápida ampliação na demanda por soluções digitais com foco no monitoramento e na rastreabilidade de produtos e no comportamento de variáveis do sistema (sensores, geotecnologias, *Big Data* etc.). Com o uso ampliado dessas soluções digitais, busca-se aumentar o volume de informações sobre origem, segurança e qualidade dos alimentos, bem como sobre modelos de produção agropecuária e seus impactos potenciais na dimensão ambiental e social.

## 2.2 Forças motrizes-chave pelo lado da oferta

O lado da oferta reflete a quantidade de bens e serviços que os produtores optam por colocar no mercado, em um dado período. Contudo, a produção agropecuária não é um processo rápido. As decisões sobre o que produzir, e com qual pacote tecnológico, ocorrem com meses de antecedência à colheita de grãos, como o milho, ou de oleaginosas, como a soja. Na pecuária, na fruticultura e no setor florestal essa antecedência entre a tomada de decisão relativa à produção e a concretização dos resultados é de anos. Desse modo,

---

<sup>2</sup> Assume-se preços constantes, não incorporando, portanto, a dinâmica quando os preços vão se ajustando. Considerou-se queda de 6,50% no PIB per capita, com referência às informações no último Relatório Focus disponível, de 19 de junho de 2020.

as expectativas quanto aos preços (produtos, insumos), ao volume de produção e às variáveis de risco associadas (e.g. preço e produtividade) tornam-se bastante relevantes no processo decisório.

No curtíssimo prazo, o produtor tem capacidade limitada para alterar o nível de produção e o pacote tecnológico. No curto prazo, oscilações nas condições climáticas e volatilidade de preços, decorrentes de incertezas no lado da oferta e da demanda e de movimentos especulativos no mercado, ampliam os riscos de produção e de mercado da atividade agropecuária. Períodos de grandes incertezas, como o que está acontecendo com a pandemia do novo coronavírus, introduzem um maior grau de risco ao negócio agropecuário, determinam desafios adicionais às políticas agrícolas (renda do produtor e abastecimento aos consumidores) e influenciam a tomada de decisão em diferentes níveis.

As decisões quanto à produção e ao pacote tecnológico adotado são ajustadas pelo produtor conforme o tempo vai se ampliando. Quanto maior o tempo considerado, maior a possibilidade de implementação de ajustes. No prazo mais longo, todos os fatores são variáveis. No longo prazo, a geração e a incorporação de inovações tecnológicas aos sistemas de produção agropecuários têm sido a principal e mais exitosa estratégia para garantir maior oferta de alimentos, segurança alimentar para a população brasileira, majoritariamente urbana nos dias atuais, e condições econômicas viáveis aos produtores rurais (Martha Júnior; Alves, 2018).

Os pacotes tecnológicos desenvolvidos para a agropecuária brasileira, entre outros, incluem genética melhorada, fertilizantes, agroquímicos, práticas culturais e sistemas conservacionistas de produção, como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta. Mais recentemente, as possibilidades tecnológicas têm se expandido e incorporado soluções digitais ao universo de tecnologias viáveis. Com a adoção dessas diferentes formas de tecnologia, busca-se ampliar os ganhos de produtividade com maior eficiência no uso dos recursos e dos insumos, aspectos estratégicos para a sustentabilidade e a competitividade da agropecuária nacional.

### 2.2.1 O papel da tecnologia na agropecuária brasileira

O estilo de desenvolvimento do agregado da agricultura brasileira tem sido predominantemente baseado em ganhos de produtividade, refletindo a crescente incorporação de tecnologias ao sistema de produção. Alves et al. (2013) trabalharam com os dados dos Censos Agropecuários de 1995/96 e de 2006 e investigaram os determinantes da renda na agropecuária brasileira. No espaço de uma década, a tecnologia, valendo-se do empreendedorismo dos produtores, das políticas públicas (como crédito rural) e do estoque de conhecimento e tecnologias disponíveis em agricultura tropical, passou a explicar 68% da variação na renda bruta na agropecuária. Uma elevação de 33% ante

a 1995/1996. Na comparação entre os Censos Agropecuários, a contribuição da terra e do trabalho para a variação da renda na agropecuária reduziu-se em cerca de 50% (de cerca de 18% para 9%) e 30% (i.e. de aproximadamente 31% para 22%), respectivamente.

Portanto, os fatores terra e trabalho perderam relevância para explicar o desenvolvimento de uma agropecuária baseada em ciência, como a brasileira. A tecnologia é o grande fator por trás do desenvolvimento sustentado da agropecuária nacional nas últimas décadas e para aquele projetado para o futuro. A resposta positiva ao investimento em pesquisa agropecuária, com retornos acima de 10% (Hurley et al., 2014), ocorre em períodos longos, geralmente superiores a 20 anos, conforme a tecnologia (Alston, 2010; Baldos et al., 2018). Dado esse longo tempo de maturação da pesquisa agropecuária, os resultados listados anteriormente só foram possíveis em razão de um persistente e focado trabalho em pesquisa e desenvolvimento (P&D) agropecuário, com foco em inovação, que vem se desenvolvendo ativamente no Brasil desde os anos 1970.

Entende-se que as soluções digitais ganharão relevância nas próximas décadas, reforçando o papel da tecnologia como fator majoritário explicando a renda na agropecuária brasileira. Isso acontece em razão do amplo conjunto de bases de dados, tecnologias e recursos que perfaz a agricultura digital, transversal às vertentes tecnológicas tradicionais, e que assim passa a desempenhar papel paulatinamente mais importante na gestão e na eficiência do componente tecnológico da agropecuária nacional.

### 2.2.2 Uma breve reflexão sobre os riscos na agropecuária

Os produtores rurais desenvolvem suas atividades em um ambiente dinâmico e incerto. As expectativas (e volatilidade) de preços de produtos e insumos norteiam sua tomada de decisão. Conforme a percepção do risco do negócio, os produtores rurais podem optar por atividades de menor risco, mesmo que isso implique em comprometimento da receita média da fazenda (Barry et al., 2000; Chavas, 2008; Moss, 2010). O nível de aversão ao risco dos indivíduos pode variar com o tempo, entre outros, em razão da riqueza e de experiências anteriores (Barry et al., 2000).

Oscilações nas condições climáticas, dependendo da intensidade, da duração e do momento em que ocorrem no ciclo produtivo, podem comprometer o resultado esperado de produção. Esse risco de produção devido ao clima é um efeito aleatório, fora do controle do produtor, a não ser em áreas irrigadas, que no Brasil perfazem menos de 10% da área total cultivada. Ademais, a agropecuária brasileira opera em solos de baixa fertilidade química e se vê, ao longo de todo o ciclo de produção, pressionada pela eventual incidência de pragas, doenças e invasoras. Isso a torna dependente do uso continuado

de insumos modernos para se manter produtiva, o que, no entanto, pode acomodar ganhos substanciais de eficiência agrônômica e econômica.

Com preços relativos produto-insumo desfavoráveis, a eficiência no uso desses insumos precisa elevar-se para atenuar a pressão sobre a renda do produtor. As tecnologias digitais podem atuar diretamente na elevação dos ganhos de eficiência e na redução dos custos de produção. O instrumental disponível de agricultura de precisão possibilita ajuste aprimorado nas quantidades utilizadas *vis-à-vis* exigências de uso de uma gama de insumos, como fertilizantes, sementes, agroquímicos, combustíveis. Ademais, modelos avançados que apoiam a tomada de decisão permitem, dentro de certos limites, reduzir os impactos negativos de algumas formas de risco. Assim, sistemas de alerta inteligentes possibilitam readequação do manejo, tornando-o mais efetivo frente às pressões de doenças e pragas ou aos efeitos da estacionalidade da produção forrageira em sistemas pastoris.

Os preços das commodities agropecuárias são mais voláteis, e.g. oscilam mais ao longo do tempo, em relação à volatilidade nos preços de outros bens e serviços não-alimentícios (Tomek; Robinson, 2003). Entre as commodities agropecuárias, os preços na pecuária de corte geralmente apresentam menor volatilidade (e.g. menor risco de preço para os agentes econômicos) frente aos preços de outros produtos, como soja ou milho. Wedekin (2017) ilustrou esse fato analisando a volatilidade de preços de diversas commodities agropecuárias na bolsa de valores, no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2017. A volatilidade, expressa em % ao ano, para boi gordo, bezerro, soja, milho, café e açúcar foi de 11,0%, 17,0%, 23,1%, 24,6%, 32,6%, e 34,1%, respectivamente<sup>3</sup>.

No âmbito dos riscos de preços, ainda é preciso considerar o risco cambial na venda de produtos e na compra de insumos e o comportamento dos preços relativos produto-insumos, importantes na determinação do nível de produção. Em geral, os preços de produtos e insumos são positivamente correlacionados (Tomek; Robinson, 2003), mas os ajustes em variações nos preços relativos produto-insumo podem levar algum tempo.

As expectativas de preços na agropecuária brasileira ganham complexidade à medida que parcela crescente da produção nacional é destinada às exportações e, assim, tem o mercado internacional como forte componente do referencial de preços. Destaque-se, porém, que esse crescimento nas exportações não tem comprometido o abastecimento doméstico e a segurança alimentar do brasileiro (Martha Júnior, 2020).

Duas ponderações adicionais são pertinentes. Primeiramente, as soluções digitais, como insumos à produção agropecuária, têm sua adoção sujeita à

---

<sup>3</sup> A volatilidade é geralmente estimada com base na variação diária dos preços, porém, expressa como taxa percentual ao ano (Wedekin, 2017).

percepção de benefícios e aos preços relativos produto-insumo. A segunda ponderação é que uma das maiores oportunidades para o grupo de soluções digitais cujo valor depende da informação que fornece para a tomada de decisão reside no seu uso para reduzir os riscos de produção e de mercado, o chamado risco do negócio. Isso decorre da capacidade ampliada de se observar e capturar (sensores, satélites, drones), registrar e armazenar dados (*Big Data*, armazenagem em nuvem), que transferidos e utilizados paulatinamente com mais velocidade (IoT), por meio de algoritmos e modelos avançados, permitem prover soluções básicas e aplicadas (inteligência artificial, analytics) para o “mundo-real”, ampliando a eficiência do gerenciamento e das operações e a melhoria no processo decisório.

### 2.2.3 O processo de escolha da tecnologia na propriedade rural

Dois grupos de tecnologias podem ser identificados. Um primeiro grupo, das chamadas tecnologias com conhecimento cristalizado, é representado por tecnologias que incorporam uma grande quantidade de conhecimento e que não exigem habilidades especiais para seu uso – o valor da tecnologia já está incorporado a ela. Exemplos seriam as sementes híbridas, os fertilizantes e a maioria dos agroquímicos. Esse tipo de tecnologia é o mais exitoso na agropecuária do século XX (Miller et al., 2018; Lowenberg-Deboer, 2019). Na agricultura digital, um exemplo seria a orientação de deslocamento por meio dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) (Lowenberg-Deboer, 2019).

Um segundo grupo é o das tecnologias intensivas em informação. Essas tecnologias geram uma quantidade substancial de dados e, possivelmente, de informações, que podem ser utilizadas no processo de tomada de decisão. Entretanto, para explorar o potencial oferecido por essas tecnologias intensivas em informação é necessário analisá-las e interpretá-las, o que exige treinamento e algum grau de especialização (Miller et al., 2018; Lowenberg-Deboer, 2019). Na agricultura digital, um exemplo seria a tecnologia de aplicação de insumos a taxas variáveis (Lowenberg-Deboer, 2019).

Independentemente do tipo, existem algumas etapas que devem ser utilizadas no processo de escolha de tecnologias na propriedade rural. Tomando como base a sugestão de Alves (2001), e adaptando-a para o contexto das tecnologias digitais, as etapas críticas para a avaliação dessas soluções digitais seriam:

- a) descrição da tecnologia digital e da proposta para sua inserção no sistema produtivo.
- b) análise dos pontos positivos e negativos da tecnologia digital *vis-à-vis* a que será substituída na propriedade. Quais os ganhos esperados?

- c) identificação das mudanças necessárias no sistema de produção atual e na gestão da propriedade para viabilizar a adoção da tecnologia digital. Por exemplo, qual a demanda por recursos e por assistência técnica especializada para o funcionamento adequado da solução digital?
- d) identificação das restrições, no contexto da fazenda, que podem limitar o melhor desempenho da solução digital. Por exemplo, quais seriam eventuais limitações em infraestrutura de TI na região?
- e) análise da demanda financeira e das possibilidades de financiamento no caso de custos de aquisição de capital. Como a forma de contratação da solução digital afeta a tomada de decisão do produtor (custo fixo versus variável)? É importante considerar, também, se há uma escala mínima necessária, ou preços mínimos, para viabilizar a tecnologia digital.
- f) avaliação dos riscos relacionados à tecnologia digital e das necessidades de capacitação do produtor/gestor da propriedade.
- g) análise de impactos (positivo ou negativo) percebidos da tecnologia digital sobre o ambiente.

Nos casos em que os benefícios sociais esperados superam os benefícios privados em razão do uso da tecnologia, criam-se oportunidades para eventualmente se desenhar uma política pública para igualar os dois tipos de benefícios (Alves, 2001). Quando de interesse da sociedade, a adoção dessas tecnologias digitais pode, assim, ser induzida por meio de um conjunto de incentivos adequados.

#### 2.2.4 Um exemplo ilustrativo

As perspectivas do produtor quanto aos custos de oportunidade e aos riscos envolvidos na tomada de decisão são únicas em relação a uma dada combinação produtor-propriedade. Isso acontece porque a quantidade e a qualidade dos recursos (terra, trabalho, capital físico e humano) e de insumos disponíveis, sujeitos aos preços relativos pertinentes, variam caso a caso. A agropecuária brasileira é sobremaneira exposta aos sinais de mercado<sup>4</sup>. Portanto, avaliar o desempenho econômico da atividade é etapa essencial no processo decisório.

O fundamento do cálculo do custo é o custo de oportunidade. Este representa o valor da melhor alternativa sacrificada, dadas as restrições à produção, para que outra alternativa econômica seja realizada. Despesas (explícitas) e

---

<sup>4</sup> Calcula-se, com estatísticas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, que na média de 1995–2018 o nível de incentivos à agropecuária brasileira (“producer support estimate”) foi de apenas 1,6% da receita bruta em nível de fazenda. Considerando o mesmo período, os níveis de incentivos médios recebidos pelos produtores rurais nos Estados Unidos, na China e na União Europeia foram de 13,0%, 8,7% e 26,9%, respectivamente (Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2019).

remunerações (implícitas) do capital (próprio ou de terceiros) precisam ser computadas. As despesas envolvem desembolsos em dinheiro, enquanto os alugueis e os juros pagos pelo uso do capital representam o quanto a firma está sacrificando, em termos monetários, para realizar essa atividade frente a outra alternativa.

A Tabela 1 apresenta um exercício referente à soja, safra 2019/2020. Descritores dos indicadores constam da nota de rodapé da Tabela. A renda líquida (RL), no cenário de base, foi de R\$ 265,01. Isso significa que, na situação representada na Tabela 1, foi possível remunerar, integralmente, todos os fatores de produção, tendo restado ainda um saldo positivo. As principais tecnologias digitais em uso têm buscado a elevação dos ganhos de eficiência nas operações mecanizadas e no uso de insumos, marcadamente fertilizantes e agroquímicos. Esses três itens de despesa – operações com máquinas, fertilizantes e agroquímicos – representaram, no exercício ilustrado na Tabela 1, 47,2% do custo total (CT).

**Tabela 1.**  
Exercício ilustrativo do potencial das tecnologias digitais na redução de despesas e na ampliação da renda líquida na produção de soja.<sup>5</sup>

Redução de despesas pela adoção de soluções digitais (%)	Renda líquida, RL (cenário de base)	Choque- produtividade	Choque- produtividade + choque-preço
	Renda líquida (R\$/ha)		
0	265,01	3,09	-158,42
2,5	303,10	41,19	-120,33
5,0	341,20	79,28	-82,23
15,0	493,58	231,66	70,15
RL, EPM	183,48 a 346,54	-78,44 a 84,62	-239,95 a -76,89

Alguns dos benefícios potenciais das soluções digitais passíveis de adoção no sistema de produção, de certa forma, já têm seu custo representado nessas despesas, pois se referem às tecnologias do tipo cristalizadas, que não demandam

<sup>5</sup> Obs.: Considera 18 painéis da Conab para a safra 2019/2020. A receita líquida (RL) é dada por  $RL = RB - CT$ . A redução nas despesas refere-se a operações com máquinas, fertilizantes, agroquímicos. EPM refere-se ao erro padrão da média, é uma medida de dispersão. Para o cenário de base, teve-se produtividade média de 53,4 sacas (60 kg) por hectare. O preço médio, à época da tomada de decisão (2019), foi de R\$ 65,34/saca. No cenário de base tem-se receita bruta (RB) de R\$ 3.492,21; custos variáveis (CV) de R\$ 2.330,73; custo operacional total, COT (CV + depreciações e outros custos fixos) de R\$ 2.791,04; custos totais (CT;  $CT=COT$  somado às despesas com remuneração do capital e alugueis) de R\$ 3.227,20. O choque de produtividade considerou quebra de 7,5% na produtividade de soja e o choque de preço, uma queda de 5% no preço da soja.

remuneração adicional. Considere, alternativamente, que se estuda a viabilidade de ampliar tais benefícios por meio de tecnologias intensivas em informação. Estas permitiriam fazer um melhor uso, por exemplo, de mapas de produtividade, fertilidade do solo e identificação de desvios no desenvolvimento da cultura para apoiar a tomada de decisão. Não há uma regra para remuneração desses serviços, mas estima-se que, em função das particularidades de cada propriedade, esse valor pode variar, atualmente, entre R\$ 5,00 e R\$ 40,00 por hectare.

Um olhar descuidado às informações da Tabela 1 pode revelar que uma solução digital com custo, por exemplo, de R\$ 40,00/ha, seria facilmente paga pela RL de R\$ 265,01. Entretanto, o produtor já tem essa RL sem o uso da tecnologia em avaliação. Portanto, o importante é olhar para a diferença entre o ganho econômico esperado com o uso da solução digital em avaliação e aquele já auferido, traduzido pela RL no cenário de base. As diferenças seriam, assim, de R\$ 38,09, R\$ 76,19, R\$ 228,57 para os ganhos de eficiência pela adoção da solução digital de 2,5%, 5,0%, e 15,0%, respectivamente (Tabela 1).

Nesse contexto, duas qualificações possivelmente são relevantes. Primeiramente, na presença de choques negativos de produtividade e de preços, que reduzem a renda frente ao cenário de base, o desempenho econômico do sistema deteriora-se. Todavia, as respostas diferenciais esperadas pelos ganhos de eficiência no uso e aplicação de insumos, na Tabela 1, mantiveram-se. Colocado de outra maneira, se o pagamento por uma solução digital for como um “custo fixo”, que independe do nível de produtividade, a tomada de decisão, na margem, não se altera<sup>6</sup>. A decisão ótima se manteria, exceção feita quando a despesa adicional “fixa” for de uma magnitude tal que comprometa o resultado positivo do negócio já a partir do curto prazo.

Exemplificando, com quebra de 7,5% na produtividade (“choque-produtividade”), a RL ficou ligeiramente positiva, em R\$ 3,09. A dispersão da RL, dada pelo erro padrão da média, foi de -R\$ 78,44 a R\$ 84,62 (Tabela 1). Essa condição possivelmente sinalizaria que uma parcela dos produtores, com percepção de incerteza quanto ao desempenho efetivo da tecnologia digital, poderia optar por não a usar. Se a tecnologia entregar o que promete – no caso ilustrado na Tabela 1, uma redução nas despesas com operações mecanizadas, fertilizantes e agroquímicos de 2,5% a 15% –, sua adoção melhorará o desempenho econômico, quer seja pela ampliação do resultado positivo, quer seja pela redução do negativo, como ilustrado na última coluna (choque conjunto de produtividade e de preços).

---

<sup>6</sup> Se o pagamento por uma solução digital for variável, dependente do nível de produtividade, a tomada de decisão, na margem, se altera. Nessas situações, cada nível diferente de produção, coincidente com um pagamento distinto pela tecnologia, seria otimizado em um nível diferente.

Uma segunda qualificação diz respeito às relações entre receita e custo, em seus diferentes níveis. Se o custo de produção unitário for superior ao preço do produto, o negócio, da maneira como está, não é sustentável. No curto prazo, se as despesas representadas pelos custos variáveis fossem remuneradas, o produtor deveria permanecer na atividade se tivesse expectativas de que, no futuro, teria condição de remunerar os fatores de produção integralmente (RL nula ou até mesmo positiva no caso de “lucros anormais”)<sup>7</sup>. Tais expectativas poderiam refletir uma perspectiva de melhoria no preço do produto, o que, no entanto, foge ao controle do produtor. No mercado próximo à concorrência perfeita, em que a agropecuária opera, o produtor é um tomador de preços. Poderia, alternativamente, refletir uma análise crítica e bem-feita do sistema, pelo tomador de decisão, na qual identificar-se-iam oportunidades sob seu controle para melhorar, de modo sustentado, a eficiência de uso de recursos e insumos e a produtividade. O diagnóstico correto, associado com a capacidade de gestão e de implementação de ações adequadas, possibilitaria a redução dos custos de produção e/ou aumento da renda e, potencialmente, a obtenção de RL mais favorável.

As possibilidades oferecidas pela nova geração de soluções digitais permitem que instrumentos de gestão bem estabelecidos, mas ainda pouco utilizados pelos produtores em seu cotidiano, passem a fazer parte da esfera decisória de rotina, muitas vezes de maneira automática. Com a expansão de uma gama de dados para a gestão da fazenda e das operações de campo, torna-se possível estimar com mais acuracidade e precisão a situação em que o uso de determinado recurso e / ou insumo será maximizado. E com expectativas de mudanças nos preços relativos ou nos níveis de produção, é possível reestimar novos ótimos que maximizem os retornos ao produtor.

### 3 A agricultura digital no contexto da cadeia produtiva

As soluções digitais atuam transversalmente na cadeia produtiva agropecuária. Um exemplo interessante dessas aplicações foi apresentado por USAID (2019). As soluções digitais têm aplicabilidade desde o processo de planejamento, avançando para a indústria de insumos (pré-porteira), para a produção agropecuária, como amplamente abordado nos capítulos deste livro, chegando até a indústria de transformação e os consumidores. De modo transversal a esses elos tem-se o setor de transportes e o setor financeiro, que

---

<sup>7</sup> O custo econômico “zero”, por considerar despesas explícitas e implícitas, não é o mesmo que o “zero” do entendimento contábil.

de modo crescente se beneficiam das soluções digitais. As atividades, nesses diferentes elos, não ocorrem em um vazio econômico. Desse modo, observa-se uma série de efeitos para frente e para trás na cadeia produtiva, que em última análise tem potencial para multiplicar os ganhos setoriais.

Dados do Cepea - Esalq/USP (2020) (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2020) mostraram que o PIB do agronegócio brasileiro em 2019, equivalente a 21,4% do PIB do Brasil, somou R\$ 1,55 trilhões. Desse total, a contribuição dos setores insumos, agropecuária, agroindústria e serviços foi de R\$ 79,13 bilhões, R\$ 351,04 bilhões, R\$ 466,61 bilhões e R\$ 656,22 bilhões, respectivamente. O ponto-chave a ser ilustrado com esses números é que uma agropecuária forte, competitiva e sustentável tem condições de fornecer à indústria nacional um fluxo de matérias-primas de qualidade, a preços reais declinantes, aumentando, potencialmente, sua competitividade de maneira sustentada. Não obstante, a consolidação da competitividade e da sustentabilidade de uma agropecuária forte, baseada em ciência, demanda insumos modernos e de alto conteúdo tecnológico. Estes são providos pelas atividades urbanas. Tem-se, portanto, um amplo mercado a ser explorado pelo setor industrial e de serviços do país, se estes forem capazes de entregar à agropecuária produtos de qualidade e a preços competitivos (Martha Júnior; Alves, 2018).

Ganhos sustentados de eficiência, por exemplo, providos por soluções digitais, podem contribuir favoravelmente para a ampliação da demanda agropecuária. Em trabalho recente, Takasago et al. (2017) estimaram os multiplicadores do tipo II de produção, de emprego e de renda para a agropecuária brasileira. Os valores encontrados foram de 3,42, 1,84 e 5,55, respectivamente. Desse modo, para cada R\$ 1 milhão de aumento na demanda final do setor, espera-se um total de efeitos diretos, indiretos e induzidos de R\$ 10,81 milhões. Adicionalmente, para cada R\$ 1 milhão de choque na demanda final da agropecuária, há estímulo à criação de 60 empregos totais, sendo 33 diretos, sete indiretos e 20 induzidos. Esses números ilustram o expressivo potencial para a aplicação de conhecimentos e tecnologias que possibilitem melhorias nos processos de gestão e de tomada de decisão na propriedade rural, com consequente elevação dos ganhos de eficiência e redução dos custos de produção nas diferentes etapas produtivas<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Heath (2018) estimou os efeitos potenciais da agricultura digital para a economia australiana. Suas simulações basearam-se em ganhos de produtividade atribuídos à maior eficiência e valor da produção e comercialização. Encontrou que os ganhos seriam da ordem de A\$ 20,3 bilhões (cerca de R\$ 71.90 bilhões). Cerca de dois terços dos ganhos foram atribuídos a automação (poupa-trabalho), melhor entendimento da genética e manejo para o atingimento de ganhos em produtividade (vegetal e animal), uso mais eficiente de insumos e melhoria no acesso a mercados.

## 4 Considerações finais

As tecnologias digitais têm potencial efetivo para melhorar a competitividade e a sustentabilidade das cadeias produtivas agropecuárias brasileiras, de modo sustentado no tempo. Observar esse potencial, no entanto, não é tarefa trivial.

Um primeiro aspecto diz respeito ao fenômeno da concentração e consolidação setorial. Tal fenômeno, presente nos segmentos de insumos como sementes, agroquímicos, fertilizantes e máquinas agrícolas, avança de modo acelerado na dimensão da agricultura digital. Tais movimentos sinalizam para a maior concentração e consolidação na cadeia produtiva agropecuária, no “dentro da porteira” e nos segmentos de indústria e de serviços (Miles, 2019; Mooney, 2019; Klerkx; Rose, 2020).

Esse contexto introduz um segundo aspecto, relacionado às barreiras para a adoção das tecnologias digitais e à dimensão das políticas e sua capacidade para promover um ambiente mais competitivo à produção agropecuária nessa era digital que se avizinha. Uma das principais barreiras à adoção mais ampla de tecnologias modernas diz respeito às imperfeições de mercado. Estas alteram os preços relativos e o retorno ao investimento em tecnologias, e podem levar à ampliação da desigualdade produtiva. Desse modo, a redução de imperfeições de mercado é condição necessária para a expansão da produção de modo mais inclusivo e para aumentar a efetividade de políticas com foco na adoção de tecnologias na agricultura (Martha Júnior; Alves, 2018).

A adoção de uma nova tecnologia, em particular quando o setor opera com baixos níveis de incentivos, como no caso brasileiro, implica na avaliação pelos produtores de que a tecnologia proposta é superior (competitiva) àquela alternativa, em uso na propriedade. O processo de escolha da tecnologia na propriedade rural envolve a análise de diversos fatores e está condicionado à capacidade de o produtor rural assimilar e efetivamente adotar esses conhecimentos e tecnologias de acordo com as recomendações. Em alguns casos, há dificuldade da pesquisa e da extensão rural em traduzir e transferir o conhecimento existente e as respectivas recomendações em linguagem que possa ser absorvida facilmente pelos produtores.

Desse modo, um amplo e competente trabalho de geração de análises técnico-econômicas pertinentes, e posterior difusão dos resultados, faz-se necessário para estimular a sua mais rápida adoção. As soluções digitais, ao permitirem (1) difusão mais rápida de conhecimentos e recomendações (e.g. contribui para reduzir a percepção de risco); (2) melhor monitoramento de variáveis-chave (e.g. abre espaço para termos de troca mais favoráveis e para ganhos de eficiência no manejo dos componentes do sistema e das interações entre eles); e, potencialmente, (3) maior atratividade econômica do negócio agropecuário (e.g. impulsionados pela rastreabilidade e pela transparência

relacionadas a produtos e processos), podem auxiliar na redução de algumas das formas de imperfeição de mercados.

Um terceiro aspecto diz respeito ao comportamento das soluções digitais *vis-à-vis* outras inovações disponíveis para aplicação no sistema. Os resultados observados com a avaliação de uma determinada tecnologia, isoladamente, podem não ser transferíveis para situações em que outras tecnologias, digitais ou não, são implementadas simultaneamente. Os resultados da interação entre diferentes conhecimentos e tecnologias, introduzidos simultaneamente no sistema de produção, podem ser diferentes.

Além disso, mais soluções digitais estão ficando disponíveis à tomada de decisão dos produtores, como diferentes possibilidades de robôs/automação, inteligência artificial e sensores. Entretanto, ainda se sabe muito pouco sobre como os produtores farão suas escolhas, priorizando uma ou outra tecnologia digital ou um conjunto delas (Klerkx; Rose, 2020). As escolhas dos insumos e das tecnologias utilizados nos sistemas de produção dependem dos seus preços relativos e, obviamente, das expectativas de retorno com a sua utilização. No curto prazo, variações substanciais nos preços relativos dos fatores podem inviabilizar a adoção de tecnologias, principalmente daquelas mais intensivas em capital.

Um quarto aspecto, potencializado pela crise do novo coronavírus, sinaliza que as tecnologias digitais estão sendo adotadas de forma mais ávida no cotidiano das pessoas e de algumas atividades produtivas e financeiras (trabalho remoto, comércio eletrônico etc.). Essas alterações na forma de funcionamento da economia podem acelerar mudanças estruturais, com impactos na dimensão socioeconômica. Se por um lado alguns setores ganham impulso com a antecipação de uma era digital mais intensa, por outro pode-se observar a persistente manutenção de taxas elevadas de desemprego nos estratos de pessoas com menor qualificação. Essa porção da população, já bastante prejudicada pela crise e pela retomada lenta da economia, pode ver suas expectativas de emprego e renda adicionalmente deterioradas frente à sua falta de domínio de instrumentais mínimos para transitar nessa era digital.

Com visão de futuro, o fortalecimento da competitividade e da sustentabilidade da agropecuária brasileira passa por uma base sólida de investimentos em pesquisa agropecuária, sem falhas de continuidade. Por uma perspectiva estratégica, a intensidade de investimentos em pesquisa agropecuária pública requer isonomia de condições frente aos principais competidores internacionais. Os países desenvolvidos investem cerca de 3,12% do PIB agropecuário em pesquisa pública (Heisey; Fuglie 2018). O Brasil investia aproximadamente 1,8% do PIB agropecuário em pesquisa, majoritariamente pública, até 2013 (Martha Júnior; Alves, 2018). Com o quadro recessivo que se estabeleceu no país entre 2015-2017, somado à fraca recuperação econômica nos anos seguintes, houve uma redução nesse patamar de investimento. Dois

desdobramentos relevantes surgem dessa reflexão: a) a necessidade de se elevarem os investimentos em pesquisa agropecuária pública no país, para garantir a continuidade do ciclo virtuoso de inovação no setor agropecuário; b) a necessidade de incentivar o engajamento do setor privado, pois o aporte governamental, isoladamente, ainda que ampliado, não será suficiente para sustentar os níveis de investimentos em pesquisa necessários para uma agropecuária competitiva nas próximas décadas.

Por fim, mas não menos importante, a implementação de estratégias exitosas pelo setor produtivo e pelo setor público e o desenho de políticas públicas de maior impacto sobre a competitividade e a sustentabilidade da produção agropecuária brasileira, buscando a consolidação de novos mercados, requerem instrumental adequado para prover análises críveis e verificáveis das dimensões técnico-econômica-ambiental-social. Sem entendimento robusto dessas dimensões, as estratégias, as políticas, os programas e, em última análise, a tomada de decisão a eles associada podem se mostrar inapropriados e impraticáveis, com consequências (resultados) indesejadas. Nesse contexto, vertentes da agricultura digital, que se valem de amplas bases de dados (*Big Data*) e de modelos e técnicas de modelagem avançadas (inteligência artificial, analytics), em diferentes áreas do conhecimento, são de grande relevância para apoiar o processo decisório em seus diferentes níveis.

## 5 Referências

ALSTON, J. M. **The benefits from agricultural research and development, innovation, and productivity growth**. Paris: OECD Publishing, 2010. (OECD food agriculture and fisheries papers, n. 31). DOI: [10.1787/5km91nfsnkwg-en](https://doi.org/10.1787/5km91nfsnkwg-en).

ALVES, E. Que fazer antes de difundir a tecnologia? Tema para discussão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 18, n. 2, p.135-138, maio/ago. 2001. DOI: [10.35977/0104-1096.cct2001.v18.8846](https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2001.v18.8846).

ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P.; MARRA, R. Fatos marcantes da agricultura brasileira. In: ALVES, E. R. A.; SOUZA, G. S.; GOMES, E. G. (ed.). **Contribuições da Embrapa para o desenvolvimento da agricultura no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p.13-45.

BALDOS, U. L. C.; VINES, F. G.; HERTEL, T. H.; FUGLIE, K. O. R&D spending, knowledge capital, and agricultural productivity growth: a Bayesian approach. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 101, n. 1, p. 291-310, Jan. 2019. DOI: [10.1093/ajae/aay039](https://doi.org/10.1093/ajae/aay039).

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Focus – relatório de mercado**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>. Acesso em: 23 jun. 2020.

BARRY, P. J.; ELLINGER, P. N.; HOPKIN, J. A.; BAKER, C. B. **Financial management in agriculture**. 6th ed. Danville: Interstate, 2000. 678 p.

BOUMPHREY, S.; BREHMER, Z. **Megatrend analysis: putting the consumer at the heart of business**. London: Euromonitor International, 2017. 25 p.

CHAVAS, J.-P. On the economics of agricultural production. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 52, n. 4, p. 365-380, Dec. 2008. DOI: [10.1111/j.1467-8489.2008.00442.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2008.00442.x).

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Agropecuária é destaque no PIB e cresce mesmo com Coronavírus**. Maio 2020. (PIB Brasil – 1º trimestre/2020. Comunicado técnico, 15/2020). Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/CNA-Comunicado-Tecnico-n15-29maio2020-1.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2020.

ELZEN, B.; BARBIER, M.; CERF, M.; GRIN, J. Stimulating transitions towards sustainable farming systems. In: DARNHOFFER, I.; GIBBON, D.; DEDIEU, B. (ed.). **Farming systems research into the 21st century: the new dynamic**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 431-455. DOI: [10.1007/978-94-007-4503-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_19).

EMBRAPA. **Visão 2014-2034: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2014. 194 p.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. 212 p.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Centro de Estudos Avançados em Economia Agrícola. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 15 maio 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **European economic forecast**: Autumn 2019. Nov. 2019. (European economy: institutional paper, 115). Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip115\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip115_en_0.pdf). Acesso em: 7 maio 2020a.

EUROPEAN COMMISSION. **European economic forecast**: Spring 2020. May 2020. (European economy: institutional paper, 125). Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip125\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip125_en.pdf). Acesso em: 7 maio 2020b.

FAO. **The future of food and agriculture: trends and challenges**. Rome, 2017. 163 p.

GLOBAL megatrends and impacts on the food value chain. Apr. 2019. Disponível em: <https://www.pwc.co.nz/pdfs/2019pdfs/global-megatrends-and-impacts-on-the-food-value-chain.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

GODFRAY, C. J.; AVEYARD, P.; GARNETT, T.; HALL, J. H.; KEY, T. J.; LORIMER, J. Meat consumption, health, and the environment. **Science**, v. 361, n. 6399, eaam5324, 2018. DOI: [10.1126/science.aam5324](https://doi.org/10.1126/science.aam5324).

GUILLEMETTE, Y.; TURNER, D. The long view: scenarios for the world economy to 2060. **OECD Economic Policy Paper**, n. 22, July, 2018. DOI: [10.1787/2226583X](https://doi.org/10.1787/2226583X).

HARARI, Y. N. **Sapiens: a brief history of humankind**. New York: HarperCollins Publishers, 2015. 443 p.

HAZELL, P.; WOOD, S. Drivers of change in global agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, n. 1491, p. 495-515, July 2008. DOI: [10.1098/rstb.2007.2166](https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2166).

HEATH, R. An analysis of the potential of digital agriculture for the Australian economy. **Farm Policy Journal**, v. 5, p. 9-23, 2018. <http://103.37.8.116/~farminst/product/an-analysis-of-the-potential-of-digital-agriculture-for-the-australian-economy-by-richard-heath/>

HERTEL, T. W.; BALDOS, U. L. C. **Global change and the challenges of sustainably feeding a growing planet**. Cham: Springer International Publishing, 2016. 184 p. DOI: [10.1007/978-3-319-22662-0](https://doi.org/10.1007/978-3-319-22662-0).

HURLEY, T. M.; RAO, X.; PARDEY, P. G. Re-examining the reported rates of return to food and agricultural research and development. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 96, n. 5, p. 1492-1504, Oct. 2014. DOI: [10.1093/ajae/aau047](https://doi.org/10.1093/ajae/aau047).

Forças motrizes para a agropecuária brasileira na próxima década: implicações para a agricultura digital

KHARAS, H. The unprecedented expansion of the global middle class: an update. **Global Economy Development Working Paper**, n. 100, Feb. 2017. 27 p. (Brookings Institution). Disponível em: [https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/7251/global\\_20170228\\_global-middle-class.pdf?sequence=1](https://think-asia.org/bitstream/handle/11540/7251/global_20170228_global-middle-class.pdf?sequence=1). Acesso em: 1 jun. 2020.

KIROVA, M.; MONTANARI, F.; FERREIRA, I.; PESCE, M.; ALBUQUERQUE, J. D.; MONTFORT, C.; NEIRYNCK, R.; MORONI, J.; TRAON, D.; PERRIN, M.; ECHARRI, J.; ARCOS PUJADES, A.; LOPEZ MONTESINOS, E.; PELAYO, E. **Megatrends in the agri-food sector: global overview and possible policy response from an EU perspective**. Disponível em: [https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/megatrends-agri-food-sector-global-overview-possible-policy-response-eu-perspective\\_en](https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/megatrends-agri-food-sector-global-overview-possible-policy-response-eu-perspective_en). Acesso em: 1 jun. 2020.

KLERKX, L.; ROSE, D. Dealing with the game-changing technologies of agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? **Global Food Security**, v. 24, article 100347, Mar 2020. DOI: [10.1016/j.gfs.2019.100347](https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347).

LOWENBERG-DEBOER, JDEBOER, J. L. The economics of precision agriculture. In: STAFFORD, J. (ed.). **Precision agriculture for sustainability**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing Limited, 2019. Disponível em: <https://shop.bdspublishing.com/store/bds/detail/workgroup/3-190-56391>. Acesso em: 28 nov. 2019.

MARTHA JÚNIOR, G. B. Uma agropecuária forte amortece os impactos negativos da Covid-19. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 2, abr./maio/jun. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215297/1/Uma-agropecuaria-forte.pdf>. Acesso em: 13 out. 2020.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E. R. de A. Brazil's agriculture modernization and Embrapa. In: AMANN, E.; AZZONI, C.; BAER, W. (ed.). **The Oxford handbook of the Brazilian economy**. New York: Oxford University Press, 2018. p. 309-337. DOI: [10.1093/oxfordhnb/9780190499983.013.15](https://doi.org/10.1093/oxfordhnb/9780190499983.013.15).

MILES, C. The combine will tell the truth: on precision agriculture and algorithmic rationality. **Big Data & Society**, p. 1-12, Jan./June 2019. DOI: [10.1177/2F2053951719849444](https://doi.org/10.1177/2F2053951719849444).

MILLER, N. J.; GRIFFIN, T. W.; CIAMPITTI, I. A.; SHARDA, A. Farm adoption of embodied knowledge and information intensive precision agriculture technology bundles. **Precision Agriculture**, v. 20, p. 348-361, 2018. DOI: [10.1007/s11119-018-9611-4](https://doi.org/10.1007/s11119-018-9611-4).

MOONEY, P. **Blocking the chain: industrial food chain concentration, Big Data platforms and food sovereignty solutions**. Disponível em: [https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/blockingthechain\\_english\\_web.pdf](https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/blockingthechain_english_web.pdf). Acesso em: 23 mar. 2019.

MOSS, C. B. **Risk, uncertainty and the agricultural firm**. New Jersey: World Scientific, 2010. 292 p. DOI: [10.1142/7469](https://doi.org/10.1142/7469).

NAÇÕES UNIDAS. **World population prospects 2019 – data booklet**. Disponível em: [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_DataBooklet.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_DataBooklet.pdf). Acesso em: 30 jul. 2019.

NELSON, G. Drivers of change in ecosystem condition and services. In: CARPENTER, S. R. (ed.). **Ecosystems and human well-being: scenarios - findings of the scenarios working group**. [Washington, D.C.]: Island Press, 2005. p.173-222.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Producer and consumer support estimates database**. Disponível em: <https://www.oecd.org/unitedstates/producerandconsumersupportestimatesdatabase.htm>. Acesso em: 19 set. 2019.

TAKASAGO, M.; CUNHA, C. A.; OLIVIER, A. K. G. Relevância da agropecuária brasileira: uma análise insumo-produto. **Revista Espacios**, v. 38, n. 36, p. 31, 2017. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n36/a17v38n36p31.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.

THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. **Global food trends to 2030**: with a closer look at the GCC. Disponível em: <https://eiuperspectives.economist.com/strategy-leadership/global-food-trends-2030-closer-look-gcc>. Acesso em: 18 ago. 2019.

TOMEK, W. G.; ROBINSON, K. L. **Agricultural product prices**. 4th ed. Ithaca: Cornell University Press, 2003. 428 p.

USAID. **Digital tools in USAID agricultural programming toolkit**. [S.l.]: Usaid, 2018. 26 p. Disponível em: <https://www.usaid.gov/digitalag/documents/how-program-digital-tools-agriculture-programs>. Acesso em: 28 nov. 2019.

WARR, P. **Urbanisation and the demand for food**. Australian National University, Dec. 2019. (Working Papers in Trade and Development, n. 2019/09). Disponível em: [https://acde.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/acde\\_crawford\\_anu\\_edu\\_au/2019-12/adec\\_td\\_wp\\_2019\\_10\\_warr.pdf](https://acde.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/acde_crawford_anu_edu_au/2019-12/adec_td_wp_2019_10_warr.pdf). Acesso em: 28 nov. 2019.

WEDEKIN, I. **Economia da pecuária de corte**: fundamentos e o ciclo de preços. São Paulo: Wedekin Consultores, 2017. 180 p.